

Universidad Nacional Autónoma de México

00164

Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura

Recomendaciones Bioclimáticas para el Diseño Urbano
y Arquitectónico de la Ciudad de Santo Domingo, República
Dominicana

Tesis que para obtener el grado de:
Maestría en Arquitectura - Tecnología

Presenta:

Claudia Roxana Mercedés Suárez

Director de Tesis

Dr. David Morillon Gilvez

México D.F. 2000

283587



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



RECOMENDACIONES BIOCLIMÁTICAS PARA EL DISEÑO URBANO Y ARQUITECTÓNICO DE LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO, REPÚBLICA DOMINICANA

Tesis que para obtener el grado de:

MAESTRA EN ARQUITECTURA-TECNOLOGÍA

presenta:

CLAUDIA ROXANNA MERCEDES SUÁREZ



PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

México, D.F.

1999

2001



Sinodales



Director de Tesis:

Dr. David Morillón Gálvez

Sinodales:

M. en Arq. Francisco Reyna Gómez

Dr. José Diego Morales Ramírez

M. en Arq. Jorge Rangel Dávalos

Ing. Mario Reynoso Sánchez



A tí SEÑOR, que eres mi soporte y confianza.

A toda mi familia, la mejor y más grandiosa del mundo. Por estar siempre.

Al Ing. Kelvin Capellán Melo, mi todo. Gracias por existir.

Al Arq. José Martín Gómez Tagle Morales. Por todo el apoyo recibido durante este tiempo. Eres un gran amigo.

A la Arq. Priscilla Aguirre Campos (†). Fuiste mucho más que mi amiga, mi hermana. Siempre estarás en mi corazón.

A dos grandes amigas: Lic. Georgla Aguirre Campos y Arq. Ximena Jiménez del Río. Por todas las alegrías y penas compartidas.

A mis familias mexicanas: Aguirre Campos, Nieto Campos, Campos Tinoco, Gómez Tagle Morales y Jiménez del Río. Por todo su cariño.

A mi isla querida, **República Dominicana**.



A DIOS, creador de la vida y de las oportunidades.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, por su apoyo económico como becaria.

A la **Secretaría de Educación Pública**, por su apoyo económico como becaria.

A la **Oficina Nacional de Meteorología de Santo Domingo**, en la persona de la Lic. Elba Villegas, por los datos aportados.

A mi director de tesis, a mis sinodales y a todos mis maestros por su tiempo y por sus valiosas aportaciones y conocimientos.

Al Arq. Raúl de Moya y Arq. Rogelio Batista por su colaboración.

A mis compañeros de Maestría, con especial distinción al Arq. Sergio García Santizo, Arq. Juan Pablo Antuna Madrigal y Arq. David Mejía Domínguez.

Al Dr. Martín Alarcón Mares, por todo el apoyo recibido.

A todos los que han estado conmigo, de cerca y de lejos, y que por fallas de mi memoria no he nombrado aquí. Muchas gracias por todo.

A México.

RECOMENDACIONES BIOCLIMÁTICAS PARA EL DISEÑO URBANO Y ARQUITECTÓNICO DE LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO
REPUBLICA DOMINICANA



CONTENIDO

	PAGINAS
Resumen	I
Introducción	1
I. Marco Teórico y Antecedentes	5
1.1. Conceptos generales	
1.2. Arquitectura Vernácula y Bioclimática	
1.3. Aportes y trabajos en el área	
II. Estudio del Bioclima	17
2.1. República Dominicana	
2.2. Condiciones de confort	
2.3. Análisis del bioclima	
2.4. Requerimientos de Climatización	
III. Recomendaciones Bioclimáticas para el Diseño Urbano y Arquitectónico de la Ciudad de Santo Domingo	50
3.1.1. Diseño urbano:	
3.1.1.1. Forma, orientación y densidad de las manzanas	
3.1.1.2. Ventilación urbana	
3.1.1.3. Vegetación	
3.1.1.4. Áreas exteriores	
3.1.1.5. Prevención contra las inundaciones urbanas	
3.1.1.6. Emplazamiento del proyecto en el predio: orientación sol-viento	
3.1.2. Diseño del Proyecto Arquitectónico:	
3.1.2.1. Orientaciones más favorables	

- 3.1.2.2. Forma óptima de la vivienda
- 3.1.2.3. Cubiertas, paredes y pisos
- 3.1.2.4. Materiales
- 3.1.2.5. Espacios Interiores y Ventanas
- 3.1.2.6. Protecciones solares
- 3.1.2.7. Reducción de la humedad
- 3.1.2.8. Consideraciones estructurales frente a huracanes

3.2. Sistemas Pasivos de Climatización

IV. Validación de las Recomendaciones. Una vivienda para Santo Domingo.

69

- 4.1. Estudio Solar Interior del Lugar
- 4.2. Descripción del proyecto arquitectónico:
- 4.3. Patrón de Uso de la Vivienda
- 4.4. Evaluación térmica
- 4.5. Evaluación energética y económica
- 4.6. Resultados.

Conclusiones

89

Bibliografía

92

Glosario

94

Índice de Ilustraciones

Índice de Gráficas

Índice de Tablas

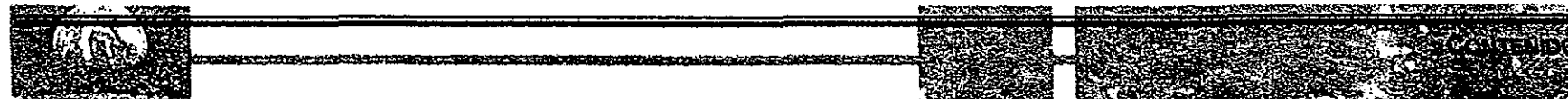
Anexos:

ANEXO A. Evaluación Térmica: Modelo de cálculo ASHRAE, Sámano, Vázquez y Morales. Ecuaciones Simplificadas.

A-I

ANEXO B. Perfil de Sombra para Aleros y Partesoles Por Fachadas.

B-I





RESUMEN

La variabilidad del clima ha definido las condiciones de vida del hombre a lo largo de su historia. Desde su origen y en las etapas primitivas de su desarrollo las prioridades para el hombre eran la lucha por la alimentación y el cobijo. Cuando comienza a hacer vida sedentaria sus primeros refugios fueron las grutas y cavernas. Con el paso del tiempo y en respuesta a sus necesidades, van apareciendo las primeras manifestaciones de "vivienda" que con los años han ido incorporando, en muchos casos, una alta expresión tecnológica en su arquitectura. El problema surge cuando comienza a producirse un notable aumento en los consumos energéticos ocasionado por la disfuncionalidad bioclimática de muchos diseños urbanos y arquitectónicos.

En las últimas décadas y como consecuencia de los consumos desmedidos y crecientes de recursos no renovables, se han abierto las puertas a investigaciones de nuevas tecnologías que puedan sustituir las primeras. La difusión ha sido lenta pero afortunadamente cada día cobra más espacio.

Actualmente se cuenta con trabajos de gran valía y apoyo para las investigaciones que se desarrollan en el área. Ejemplo de ello son las aportaciones hechas por Olgay, Givoni, Szokolay, entre otros, las cuales aparecen descritas en este documento siendo base fundamental de este estudio.

En el presente trabajo se presentan una serie de recomendaciones que tienen por objeto lograr un máximo confort térmico y eficiencia energética en el Diseño Urbano y Arquitectónico en la Ciudad de Santo Domingo. Para ello se ha seguido el siguiente procedimiento:

- Evaluación y análisis del clima en la Ciudad de Santo Domingo. Los datos que han sido empleados fueron suministrados por el Observatorio de la Oficina

Nacional de Meteorología con sede en esta ciudad. Los mismos corresponden a estadísticas promedio de la década 1989-1999.

- Definición de las condiciones de confort para Santo Domingo y evaluación climática con respecto a las mismas. Las herramientas empleadas para tales fines fueron:
 - Ecuación de Szokolay
 - Carta Bioclimática de Olgay
 - Ábaco Psicrométrico de Givoni
 - Diagrama de Isorequerimientos Horarios
 - Gráficas Solares Equidistantes para la latitud de Santo Domingo.
- Definición de los requerimientos a solucionar por medio del diseño urbano y arquitectónico de los proyectos. Estas necesidades se concentran en torno a los siguientes puntos:
 - Reducción de las ganancias térmicas desde el exterior
 - Reducción de la humedad (deshumidificar)
 - Optimización de la ventilación
 - Protección solar
 - Protecciones frente a las lluvias y seguridad que minimicen los riesgos por tormentas tropicales y huracanes.
- Partiendo de estos requerimientos se emiten recomendaciones de diseño que consideramos pueden ser de aplicación general tanto en urbanismo como en arquitectura según el criterio particular de cada proyectista en Santo Domingo. Para estas recomendaciones se han considerado aspectos que tienen que ver con la orientación de los predios y edificios, su forma y densidad, elementos y materiales que lo conforman, elementos externos que pueden influirlos, etc.



- Posteriormente y como propuesta de validación, se presenta un proyecto de vivienda unifamiliar en el cual, por un lado, se toma en cuenta la aplicación de las recomendaciones bioclimáticas (D.B.); y por otro, se trabaja con un proyecto similar pero aplicando un diseño convencional no bioclimático (D.N.B.). Se hace una evaluación térmica, energética y económica comparativa para una fecha en que se tienen registros de calor extremo (14 de julio de 1995).
- Finalmente quedan demostrados los beneficios que representa la inclusión de las recomendaciones bioclimáticas en aspectos como confort, consumo de energía, costo de esta energía, ambientales, etc. Los resultados obtenidos muestran que para el caso del D.N.B. las ganancias de calor son hasta 100% mayores que el D.B. durante todo el día (para el D.N.B. las ganancias son más del doble que las del D.B.) y las temperaturas interiores mantienen una mayor uniformidad en este último caso. Esto implica una necesidad de

enfriamiento para el D.N.B. y en consecuencia, un mayor consumo de energía. En el aspecto energético para un D.B. los consumos son sólo el 6% de los que se tienen para un D.N.B. y en cuanto a los costos por pago de esta energía, en el primer caso los costos representan el 4% del total para un D.N.B. alcanzando reducciones de hasta el 96% en un D.B. (considerando el uso de aire acondicionado en un D.N.B. y de ventiladores en un D.B.).

Este documento se presenta como un primer intento de nuestra parte con relación al acondicionamiento bioclimático de los edificios en la Ciudad de Santo Domingo y sus resultados nos animan a continuar investigaciones posteriores a fin de llegar algún día a su completa implementación tanto a nivel académico, de instituciones gubernamentales como profesionalmente en los diseños de proyectos.



INTRODUCCIÓN

"...Los objetivos de todo diseñador deberán ser predecir los efectos del nuevo diseño y especificar las acciones necesarias para que éstos ocurran, evitando efectos secundarios no deseados..."

Christopher Jones

A lo largo de la historia y desarrollo humano, muchas veces la adaptación de la edificación a su entorno ha representado una lucha entre la arquitectura y el medio ambiente. Vitruvio dijo *"...El estilo de los edificios debe ser manifiestamente diferente en Egipto que en España, en Pontus que en Roma, y en países y regiones de características diferentes. Una parte de la tierra se encuentra abrumada por el sol en su recorrido; otra se encuentra muy alejada de él; y por último existe una afectada por su radiación pero a una distancia moderada..."*¹.

Según estadísticas, de seguir al paso que vamos, a finales de esta década los países en vías de desarrollo representarán siete de las diez ciudades más grandes del mundo². Este crecimiento demográfico de las ciudades ha ocasionado serios problemas a nivel ambiental por el aumento en el consumo de recursos no renovables, por la emisión de más contaminantes y por la producción de desechos en cantidades mucho mayores. Como profesionales, los arquitectos y urbanistas son una pieza clave y decisiva para resolver los problemas de crecimiento urbano y arquitectónico desordenados que ya existen –con las consecuencias energéticas, ambientales, económicas, sociales, etc.

¹Victor Olgyay. *Arquitectura y Clima: Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*. Josefina Frontado y Luis Clavet, Traducción. Editorial Gustavo Gili, S.A. 1era. Edición en castellano. Barcelona, España. 1998. Pp. 3-4. Nota 10. Vitruvio *"De Architectura"* Libro VI, capítulo 1. Traducido por Frank Granger, 1934.

²Cfr. Arturo Alcócer Lujambio. *"Arquitectura y Ecología"*. Revista Enlace No.6. Año 3. 1993. Pp. 38-39.

que éstos implican- pero sobre todo para hacer propuestas que consideren el futuro.

Por otro lado, el surgimiento y expansión de una *Arquitectura Internacional*, con el objetivo de construir el mismo tipo de edificación sin importar las condiciones climáticas, ha ocasionado que muchas zonas urbanas presenten una disfuncionalidad bioclimática que aparece en un alto porcentaje de las construcciones que las forman. Edificios creados en ciudades europeas, asiáticas, nórdicas, o en cualquier parte del mundo, son exportados sin el menor cuidado, a regiones que nada tienen que ver con el clima, la cultura o la población de origen. Esta es una de las razones por las que hoy se han incrementado los consumos energéticos a nivel mundial llevando casi a la ruina los recursos no renovables que han podido subsistir (por ejemplo una vivienda de interés social con "diseño tradicional" puede llegar a tener consumos 25% mayores que una con "diseño bioclimático" considerando gastos de construcción, funcionamiento y mantenimiento)³.

En la República Dominicana, destaca la situación de la ciudad de Santo Domingo donde una vivienda promedio puede alcanzar un consumo medio de hasta 750 kWh/mes, gasto que puede deberse a varios factores: crecimiento poblacional incrementado por la migración campo-ciudad, la cultura "consumista" que se forja en la población, el uso de equipos de alto consumo energético y baja eficiencia y el más importante, las condiciones climáticas de la ciudad.

El clima de la ciudad de Santo Domingo presenta temperaturas medias anuales alrededor de los 26°C con unos altos índices de humedad (entre 70% y 90%) mismos que incrementan las demandas de los equipamientos mecánicos de

³Cfr. José Manuel López Pérez. *Costos y beneficios del Diseño Bioclimático*. Diplomado en Diseño Bioclimático, Cd. Juárez, Chih. Sept/Nov. 1999. Pp.137-170.



refrigeración para mejorar la calidad térmica de los ambientes y muchos diseños basan sus propuestas en el uso de estos equipos.

Paralelamente se están produciendo serias deficiencias académicas en la carrera de Arquitectura. El tema del clima se aborda de una forma superficial; en cambio, se exige un hábil manejo de éste en las propuestas arquitectónicas sin proporcionar las suficientes guías y herramientas que son necesarias para aportar soluciones fundamentadas y climáticamente eficientes. Como consecuencia de estas deficiencias formativas, aparecen en la práctica profesional las repercusiones subsecuentes: se construyen edificaciones al margen del clima con gastos energéticos incosteables y que a la larga resultan ser parte importante de las fuertes crisis energéticas en el país.

Por ello se entiende que se pueden mejorar, ampliar y completar las actuales estructuras de planes educativos a nivel de licenciatura, proponiendo una mayor profundización, en términos generales, en el área bioclimática.

Todos estos factores han influido en la necesidad inmediata de conseguir un nuevo enfoque en el Diseño Urbano y Arquitectónico, mismo que se persigue con el presente trabajo.

Con estas premisas, la **Hipótesis** que se plantea es: **Basados en el análisis del clima de un lugar, es posible establecer recomendaciones generales de diseño, que lleven a proyectar espacios cuyo funcionamiento sea pasivo, dentro de los rangos de confort higrotérmico y con un bajo impacto ambiental. Los edificios ofrecerán una máxima eficiencia energética y un alto ahorro de energía.**

El **Objetivo General** de esta investigación es: **Emitir recomendaciones de diseño que contribuyan a un óptimo funcionamiento bioclimático de los proyectos de urbanismo y arquitectura en Santo Domingo, República**

Dominicana, todo esto partiendo del conocimiento del clima del lugar y de las teorías y métodos prácticos formulados por investigadores en el área.

Para alcanzar este objetivo, se formulan los siguientes **Objetivos Particulares**:

- A partir de definir y conocer qué es clima, sus factores y elementos, establecer la importancia e incidencia que tienen en la arquitectura.
- Luego de exponer y estudiar los distintos trabajos de análisis bioclimático, elegir las herramientas que más se adecúan a la evaluación bioclimática de la localidad.
- Con el estudio del bioclima del caso evaluado, llegar a un diagnóstico de las condiciones a las que habrá de darse solución.
- Basados en el diagnóstico y su análisis, aportar recomendaciones genéricas que sean adaptables a los distintos criterios de diseño, evitando caer en *recetas*, pues queda claro que cada edificación debe responder a las condiciones microclimáticas específicas de su localización.
- Validar las recomendaciones propuestas por medio de un análisis numérico comparativo de evaluación térmica, energética y económica.
- Crear un documento que retome la información elaborada a lo largo de muchos años por investigadores dominicanos cuya falta de difusión ha provocado que la misma quede algo olvidada.
- Alcanzar los conocimientos necesarios relacionados con el tema que nos permitan aportar soluciones espaciales con confort ambiental y eficiencia energética.
- Como objetivo a largo plazo se pretende proponer este documento a los organismos y entidades directamente vinculados con la regulación, el control y la supervisión de proyectos de urbanismo, arquitectura y construcción, así como aquellas instituciones pertenecientes al campo de la administración energética (Ayuntamientos, Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones, Instituto Nacional de la Vivienda, Corporación de Electricidad, entre otras), como posibles bases iniciales para posteriores

reglamentaciones, a fin de que se pueda ir controlando paulatinamente el consumo de energía eléctrica que hay actualmente en el país. Además y por la ausencia de asignaturas enfocadas al renglón ecotecnológico, se propone la inclusión de este campo de conocimiento dentro de la currícula básica en la carrera de Arquitectura y que pueda ofrecer sus aportes desde la formación misma.

La implementación de las recomendaciones aquí propuestas está dirigida a la República Dominicana, específicamente para la Ciudad de Santo Domingo tomando en consideración su clima, materiales y técnicas constructivas. El presente documento está dirigido a estudiantes de licenciatura básicamente en Arquitectura, Ecología, Ingeniería Ambiental y Civil. También está enfocado a aquellos profesionales y personas interesadas que compartan inquietudes similares, a constructores en República Dominicana y lugares afines. Igualmente a las personas en general que se interesen por el tema pero que desconozcan la información existente al respecto.

La aplicación de estas recomendaciones podrá contribuir a proponer y desarrollar edificios energéticamente más eficientes, térmicamente más confortables y con un alto ahorro de energía. En consecuencia, se producirán ahorros de energía y se reducirán los requerimientos de generación eléctrica con los consecuentes beneficios energéticos, económicos, ambientales y sociales en la ciudad y en todo el país.

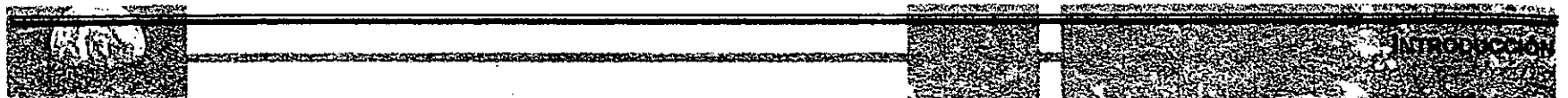
En cuanto a la estructuración del documento, el mismo aparece desarrollado en cuatro capítulos y dos anexos. En el Primer Capítulo se define el Marco Teórico de la investigación y Antecedentes relacionados con Arquitectura Vernácula y Bioclimática. Se desarrolla un recuento de los trabajos en este campo realizados en la República Dominicana lo cual permite conocer qué se ha desarrollado hasta el momento resaltando la importancia y utilidad que representan estos estudios y trabajos para la presente investigación.

En el Segundo Capítulo se maneja la temática del Estudio del Bioclima. Se analiza el clima para la Ciudad de Santo Domingo considerando factores como temperatura, humedad relativa, viento, radicación y precipitación. Se definen las condiciones de confort y se aplican las herramientas actualmente más útiles en la evaluación del bioclima con el fin de llegar a una sinopsis de requerimientos en la cual se establecen las necesidades por las cuales es importante diseñar las edificaciones con criterios de diseño bioclimático para obtener condiciones de comodidad higrotérmica en las mismas reduciendo con ello las necesidades de acondicionamiento natural.

En el Tercer Capítulo se desarrollan las Recomendaciones. Aparecen las soluciones que pueden servir como guía general para un diseño urbano y arquitectónico bioclimático en Santo Domingo. En cuanto al Diseño Urbano se han manejado criterios de orientación, forma y densidad de las manzanas, ventilación y vegetación urbanas, áreas exteriores en general, etc. En el Diseño Arquitectónico se tratan a detalle las orientaciones y formas más favorables para la vivienda, los principales elementos que conforman la edificación (cubiertas, paredes, ventanas y pisos), materiales constructivos, protecciones solares y contra huracanes, entre otros.

En el Cuarto Capítulo se presenta la validación de las recomendaciones por medio de un proyecto arquitectónico de vivienda al cual se aplica una evaluación térmica, energética y económica. El proyecto que se plantea aparece evaluado por un lado, considerando un diseño bioclimático (D.B.); y por otro lado un diseño no bioclimático (D.N.B.). Los resultados obtenidos se presentan de un modo comparativo donde quedan expresos los beneficios de un proyecto bioclimático (D.B.) frente a uno no bioclimático (D.N.B.).

Finalmente aparecen las secciones de Conclusiones, Bibliografía, Glosario de terminología empleada y Anexos. Los Anexos A y B contienen información que



complementa la presentada en el desarrollo del documento. El Anexo A presenta a detalle la estructura del modelo de cálculo y ecuaciones simplificadas empleados para la evaluación térmica. El Anexo B contiene las gráficas de los perfiles de sombra producidos por los elementos de protección solar (aleros y partesoles) en los que se indican los ángulos más favorables que se obtuvieron y presentaron en las recomendaciones.

La metodología general que se ha seguido para la elaboración de este documento se desarrolla de forma deductiva, partiendo de la recopilación de

datos generales y la presentación sintética de éstos de forma descriptiva. Posteriormente se procede de una forma analítica con la evaluación de los datos obtenidos a fin de determinar las condiciones óptimas de comodidad para la localidad lo que permite crear el marco de referencia necesario para hacer recomendaciones. Por último, se validan las estrategias propuestas por medio de una comprobación teórico-numérica lo que permite la comprobación de la hipótesis formulada



1. Marco Teórico y Antecedentes

MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

1.1. CONCEPTOS GENERALES

1.1.1. CLIMA Y CLIMATOLOGÍA

Etimológicamente la palabra *Clima* procede del vocablo griego *Klima* y se refiere a la inclinación de los rayos solares respecto a la superficie de la Tierra⁴. Otra definición dice que *clima* es el estado medio de la atmósfera sobre un lugar determinado⁵.

Podemos definir *clima*, bajo un concepto propio y genérico, como la inclinación que tiene la Tierra sobre su propio eje con respecto al horizonte, influenciados por factores como la latitud, altitud, relieve, distribución de las tierras, aguas y corrientes marinas, y por elementos que lo definen y clasifican como la radiación, temperatura, presión atmosférica, vientos, humedad y precipitaciones, estableciendo el estado más frecuente de la atmósfera en cada lugar y que le dan individualidad a los mismos.⁶ Este concepto está fundamentado en una serie de acepciones encontradas en varios textos sobre la temática.⁷

El clima es una de las condiciones que afectan más directamente al confort del hombre, a sus condiciones de trabajo, físico y mental, a su capacidad para disfrutar, descansar, dormir y a toda su salud en general.

La *climatología* es la parte de la meteorología que estudia los fenómenos físicos que se verifican en la zona de contacto y entre los elementos

⁴Fernando Tudela. *Ecodiseño*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. 1982. Pg.19.

⁵Felipe Fernández García. *Op.cit.* Pg.15.

⁶Según el autor.

⁷*Cfr. Ref. 5, 6 y Enriqueta García. Apuntes de climatología*. Sexta Edición. México, D.F. 1989. Pg. 2.

constitutivos del globo terrestre (atmósfera, hidrósfera y litósfera) y la *bioclimatología* estudia los procesos que relacionan y vinculan a los seres humanos con el clima, estableciendo unos índices de confort basados en los intercambios energéticos de éstos con el medio ambiente.

Atendiendo a la escala de los fenómenos que se estudian, puede hacerse referencia a un macroclima, un mesoclima y un microclima⁸. Se habla de *macroclima* cuando se hace referencia a las condiciones climáticas de amplias extensiones; *mesoclima* o *climas regionales* cuando se trata de un entorno aislable y con una extensión más limitada de kilómetros cuadrados. Cuando se presentan variaciones muy específicas en áreas más reducidas dentro de los climas regionales, se denominan *climas locales*. Si el caso es un *microclima* se trata de espacios aún más reducidos, que son posiblemente detectables a escasos metros de altura de las superficies.

1.1.2. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

A lo largo de la historia se han propuesto diferentes clasificaciones del clima⁹. El sistema que más se ha empleado internacionalmente es el sistema de clasificación climática de Köppen, el cual se basa en las especies vegetales de las regiones. Este sistema clasifica los climas del mundo en cinco grupos básicos:

- *Grupo de climas A*. Corresponde a los climas calientes húmedos, donde se incluyen las áreas que se extienden desde el Ecuador hacia los Trópicos con altitudes inferiores a los 800-100mts.

⁸Fernando Tudela. *Op. Cit.* Pp.116-120.

⁹Algunas aportaciones reconocidas en el área de la climatología son los sistemas de clasificación de Flohn (1950), de Budyko (1956), de Thornthwaite, entre otros.

- *Grupo de climas B.* Corresponde a climas calientes secos donde la evaporación excede a la precipitación.
- *Grupo de climas C.* Corresponde a climas templados húmedos con inviernos benignos.
- *Grupo de climas D.* Corresponde a los climas sub-árticos húmedos con inviernos rigurosos. En este clima aparece nieve en uno o más meses.
- *Grupo de climas E.* Corresponden a los climas fríos o polares.

1.1.3. FACTORES Y ELEMENTOS DEL CLIMA

Los **factores** del clima son el conjunto de agentes que de alguna forma ejercen cierta influencia en los elementos del clima, modificándolos de acuerdo con determinadas leyes. Estos agentes pueden ser cósmicos, geográficos y tecnológicos¹⁰.

- Cósmico:
 - Forma de la Tierra
 - Situación de la Tierra en el sistema solar
 - Movimientos e inclinación del eje del planeta
- Geográfico:
 - Latitud
 - Longitud
 - Altitud
 - Naturaleza del suelo
 - Composición atmosférica
 - Elementos físicos y biológicos
- Tecnológicos:
 - Industrias

- Edificaciones
- Vías de comunicación disponibles

Los **elementos** del clima son los agentes que, combinados de una forma particular, dan individualidad a una región determinada. Son las variables a través de las cuales se manifiesta la influencia del clima sobre los demás elementos del medio natural¹¹. Estos son:

- Radiación
- Temperatura
- Humedad
- Vientos
- Precipitación
- Presión atmosférica
- Nubosidad
- Fenómenos especiales

Los diferentes factores y elementos climatológicos actúan en conjunto y, aunque se estudian individualmente y de forma aislada para una mejor comprensión, éstos se influyen y complementan unos a otros de maneras muy diversas.

1.1.4. CLIMA TROPICAL

Según la clasificación de Köppen, el clima tropical pertenece al grupo de climas "A" y "B". En términos geográficos, los trópicos son una franja ancha alrededor del planeta, con una extensión de 23.5° de latitud a ambos lados del Ecuador (Foto 1). Es la zona limitada por los Trópicos de Cáncer y de Capricornio y representa aproximadamente el 40% del total de la extensión del mundo. A esta franja pertenece la región del Caribe objeto esencial de estudio en la presente investigación.

¹⁰Felipe Fernández García. *Op.cit.* Pg.18.

¹¹*Idem.* Pg. 17.

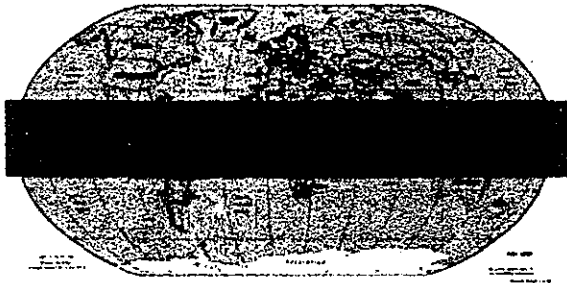


Foto 1. Franja tropical en el mapamundi. Geográficamente está limitada por los Trópicos, de Cáncer al norte, y de Capricornio al sur.

Fuente: http://www.lib.utexas.edu/Lib/PCL/Map_collection/world_maps/World_p0108.jpg, Nov, 1998

Dentro de la categoría de los climas tropicales, se presentan a su vez dos subcategorías principales: los trópicos cálidos-húmedos y los trópicos cálidos-secos con una clasificación intermedia de climas tropicales compuestos. La República Dominicana se encuentra dentro de esta franja tropical perteneciendo a la región subtropical de huracanes. La ciudad de Santo Domingo se localiza al sur de la república y se incluye dentro de la subcategoría de trópicos cálidos-húmedos.

1.2. ARQUITECTURA VERNÁCULA Y BIOCLIMÁTICA

Al hablar de edificaciones climáticamente confortables y energéticamente eficientes, los conceptos de arquitectura vernácula y bioclimática adquieren especial importancia. La arquitectura vernácula surge como la manifestación de la realidad de un pueblo bien definido que representa su devenir histórico, sus circunstancias culturales y la síntesis de sus orígenes e influencias. Aparece congruente a la situación geográfica y las particularidades del paisaje. Esta arquitectura mantiene cierta unidad con el entorno ya que los materiales usados en la construcción son productos que en su base los ofrece el medio físico y

cuya manufactura es posible a través de modos preindustriales y repetitivos. Las técnicas constructivas son tradicionales, de repetición empírica y basadas en la *autoconstrucción*.¹²

La arquitectura vernácula puede considerarse entonces como el origen y antesala de lo que hoy se conoce como arquitectura bioclimática. En ésta, de forma instintiva, aparecen aplicaciones formales que llevan a una arquitectura confortable, adaptada al medio y que hace un uso eficiente y racional de los recursos naturales. Éstos son parte de los principales postulados y objetivos planteados por la arquitectura bioclimática.

La arquitectura *bioclimática*, por su parte, formula la posibilidad de proponer y realizar proyectos arquitectónicos que se desenvuelvan en armonía y respeto con su entorno, como una unidad total y como una acertada solución frente al inminente y excesivo consumo de recursos energéticos no renovables.

1.2.1. ARQUITECTURA VERNÁCULA

1.2.1.1. CONCEPTO GENERAL

Según R.W. Brunskill en *A Handbook of Vernacular Architecture* (Londres, 1973), *estilo vernáculo* es la creación de una tradición constructiva local, que utiliza formas, materiales y técnicas que durante largo tiempo han sido familiares en una región. Una vivienda vernácula es el producto de un artesano local y los cambios del usuario.¹³

¹²Pássim, Rosa María Sánchez Lara. "El significado de la Arquitectura Vernácula". *Arquitectura Vernácula. Cuadernos de arquitectura y conservación del patrimonio artístico. Serie Ensayos*. No. 10. Secretaría de Educación Pública e Instituto Nacional de Bellas Artes (I.N.B.A.), México, D.F. 1980. Pp. 9-17.

¹³Roberto Segre. "La Arquitectura Antillana del Siglo XX". Capítulo 2. Fuente: <http://www.periferia.org/publications.html>. Sept. 1999. Referencia No.25. J.B. Jackson, "Vernacular", en G. De ong, Helen Searing y Robert A.M. Stern (Edit.), *American Architecture, Innovation and Tradition*. Rizzoli, Nueva York, 1986. Pg. 143.

Según Rudofsky es una *arquitectura sin arquitectos* y dice "...esta arquitectura sin arquitectos, sin genealogía es tan poco conocida que ni siquiera posee una denominación específica. En busca de un nombre genérico, la llamaremos vernácula, anónima, espontánea, indígena, rural, según los casos..."⁴

Esta arquitectura es, por lo tanto, aquella que responde a una unidad familiar, a su forma de vida y uso y a las demás edificaciones de actividades complementarias de la comunidad, que mantienen un sistema constructivo específico y cuyo resultado volumétrico y sus relaciones espaciales internas y externas, el color y los detalles sirven para identificarla. Es una arquitectura propia, enfocada de acuerdo a la idiosincrasia de los pueblos y varía de forma dinámica evolucionando en función de los cambios culturales, sociales, económicos y materiales de los mismos.

1.2.1.2. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA ARQUITECTURA VERNÁCULA

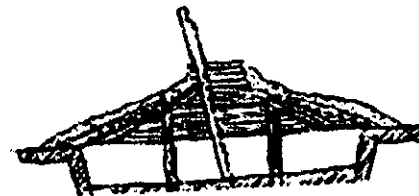
En las etapas primitivas del desarrollo humano, la lucha por conseguir una protección contra las manifestaciones climáticas era una de las problemáticas que iba en paralelo con la lucha por la alimentación y supervivencia humanas. Al iniciar una vida sedentaria, las grutas, cavernas y cuevas son los primeros refugios del hombre de los cuales sale cuando logra el conocimiento del fuego y el dominio de éste. A partir de entonces comienzan las primeras manifestaciones de construcción como refugio, levantadas por el mismo hombre de acuerdo a las necesidades que tenía; los esquemas iniciales que plantea son de tipo central y lineal construidos de forma muy rudimentaria.

Más adelante y con los cambios sociales y laborales que se producen, la expresión arquitectónica va adquiriendo otro matiz. Surgen los pueblos, las ciudades, los estados y en ellos los grandes palacios y templos. También

aparecen ejemplos de arquitectura vernácula de la clase popular, sobre todo en aquellas civilizaciones asentadas en zonas con climas altamente extremos. Es el caso de Mesopotamia, Egipto, Grecia y Roma, de las cuales han llegado a nuestros días edificios representativos de arquitectura popular gestada entonces.

Las soluciones inicialmente planteadas de manera tal vez muy elemental van tomando forma dando origen a estructuras y sistemas más útiles y efectivos. Por ejemplo, el esquema prehistórico circular evoluciona y se convierte en una vivienda con chimenea (Fotos 2 y 3).

En el siglo XIV comienza a darse una amplia difusión acerca del uso del vidrio en las construcciones iniciando con ello una nueva etapa en la construcción bioclimática. A raíz de la crisis energética de 1973 se da relevancia a la problemática del ahorro de energía y el desarrollo de tecnologías alternativas (hidráulica, eólica, solar, maremotriz, entre otras). En Arquitectura aparecen los edificios de sistemas pasivos donde se busca que el edificio, con su propia forma y materiales constructivos, logren satisfacer las demandas de confort térmico. La creciente difusión de los temas de conservación ambiental, lucha contra la contaminación, entre otros, ha contribuido de manera significativa en el alcance que hoy ostentan los principios de Arquitectura Bioclimática.



Fotos 2 y 3. Partiendo del esquema rudimentario formulado en la antigüedad, comienza a considerarse la posibilidad de conducir el humo hacia el exterior. Es el inicio de lo que hoy conocemos como *chimenea*.

Fuente: *Arquitectura y Energía Natural*. Rafael Serra Florensa. et. al. Pp. 125 y 141.

⁴Pássim. Bernard Rudofsky. Raúl Grego, Traducción. *Arquitectura sin arquitectos*. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Impreso en Buenos Aires, Argentina. 1973. Pg. 1.

1.2.1.3. CARACTERÍSTICAS DE LA ARQUITECTURA VERNÁCULA

- Mano de obra local, uso de materiales locales y técnicas artesanales (apenas se llega a un nivel semi-industrial).
- Aplicación de conocimientos basados en la experiencia con métodos que se han transmitido de generación en generación. Como es resultado de una sabiduría empírica, se cuida el no cometer los errores de los antepasados lo que enriquece el aporte de nuevos elementos que van acorde con las nuevas necesidades.
- Adaptación al paisaje, incluso puede llegar a fundirse y confundirse con el entorno natural, va de acuerdo al mismo, nunca en contra de éste.
- Utiliza elementos naturales de la región en la forma en que el medio los ofrece y no emplea elementos importados de otros lados por lo que no degrada el medio con los desechos orgánicos e inorgánicos provenientes de esta arquitectura.
- La arquitectura vernácula no sigue una única tipología sino que es la expresión propia de *cada* comunidad. Es como un espejo que refleja la manera de ser de un pueblo y sus relaciones ente sí.

A pesar de ser una solución de necesidades semejantes, aprovechando materiales con igual procedencia y tener su principal fundamento en el conocimiento empírico, es evidente que la arquitectura vernácula de las diferentes regiones, así sean próximas, posee una individualidad muy particular, debido, precisamente, a la espontaneidad de sus creadores lo que ocasiona un desarrollo plástico de gran interés.

La arquitectura vernácula ha planteado de una forma menos sofisticada y más empírica, conceptos ambientales como los de Olgay y que han pasado de padres a hijos a lo largo de muchas generaciones. Actualmente el campo de estudio de la arquitectura vernácula se está ampliando cada vez más y ya

incluso se habla de un "patrimonio vernáculo" o "arquitectura vernácula como parte del patrimonio de una comunidad"¹⁵.

Lo importante es siempre recordar palabras como la que expresa Bernard Rudofsky en su libro *Arquitectura sin arquitectos* "...la arquitectura vernácula no sigue los ciclos de la moda. Es casi inmutable, inmejorable, dado que sirve a su propósito a la perfección..."¹⁶. La arquitectura vernácula, en consecuencia, no es una moda, es parte importante del origen y desarrollo de la historia de los pueblos.

1.2.1.4. ARQUITECTURA VERNÁCULA EN REPÚBLICA DOMINICANA

En la arquitectura dominicana se encuentra el mismo proceso que a nivel internacional está aconteciendo en la arquitectura. Se evidencia, tanto en los pequeños pueblos como en las grandes ciudades, que al intervenir con amplias producciones arquitectónicas, se ha ido perdiendo esa llamada "expresión tipológica espontánea" generando una arquitectura impersonal cuyos rasgos distan mucho de responder a un ambiente y una cultura dominicanos. En este renglón se describen algunas influencias culturales que dieron origen y que han acompañado la arquitectura vernácula dominicana a lo largo de su historia.

La arquitectura vernácula dominicana es de fibra vegetal inspirada básicamente en la vivienda de los indios taínos¹⁷ (llamada bohío) a la que se le agregaron las corrientes que fueron llegando. El bohío indígena era hecho con pisos de tierra,

¹⁵Anotaciones referidas durante el ciclo de conferencias dentro de la XII Asamblea General del ICOMOS, "El buen uso del patrimonio". Morelia, Michoacán. México. Octubre, 1999.

¹⁶Bernard Rudofsky. Raúl Grego, Traducción. *Arquitectura sin arquitectos*. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Impreso en Buenos Aires, Argentina. 1973. Pg. 1.

¹⁷Indios Taínos: voz indígena que designaba a los pobladores de tronco arahuaco que habitaban en las Antillas Mayores procedentes de la zona orinoco-amazónica de América del Sur. *Diccionario Enciclopédico Dominicano* Vol.2. Pg. 503.

de forma más o menos rectangular y con techos en fibras vegetales. Cuando llegó la influencia antillana y del continente, se levantaron las casas del piso y se construyeron sobre tablas para evitar que la malaria y otras enfermedades contagiaran a la población. Más adelante con la época de la conquista del Nuevo Mundo comienzan a llegar los estilos extranjeros.

La primera villa en La Española y en el Nuevo Mundo fue fundada con tal carácter en el año de 1502 a la llegada de la colonia y bajo la dirección de Nicolás de Ovando. La ciudad fue fundada en las márgenes del Río Ozama en la parte oriental (actual zona colonial de Santo Domingo). Por esta razón -estar a orilla del puerto marítimo de acceso-, debió ser amurallada por razones de seguridad. La orientación general de estos edificios coloniales se debió a una clara razón de protección contra invasiones y para facilitar la visión de acceso al puerto; posteriormente se hacen modificaciones que iban de acuerdo a los estilos históricamente dominantes como fue el caso del francés.

Debido al carácter portuario de diversas ciudades en la Isla y por la posición estratégica de la misma, se da un fuerte proceso de importación de "estilos y modas" internacionales (como el Victoriano por ejemplo). Estas nuevas construcciones por lo general comienzan a presentar características que van de acuerdo con las condiciones locales: galerías perimetrales, techos inclinados de construcción ligera, los pisos están sobre el nivel de la calle, etc. Esta imagen fue imitada por aquellos que levantaron una *arquitectura sin arquitectos* en los barrios populares donde se asentó la mano de obra no especializada.

En general cada región o zona de vida¹⁸ presenta características propias en su arquitectura vernácula; no obstante, pueden destacarse algunas que son comunes:

¹⁸Según la Holdridge y siguiendo los registros de precipitación anual media y biotemperatura, República Dominicana tiene 9 zonas de vida. Sin embargo, para los fines de este trabajo resulta más efectiva la clasificación propuesta según la evaluación desarrollada por el Instituto Nacional de la Vivienda de la República Dominicana (I.N.V.I.), en la persona del Arq. Raúl de Moya, en la

- Esquemas basados en figuras puras
- Techos quebrados
- Huecos en el perímetro de la construcción
- Disposición rítmica de los vanos
- Materiales autóctonos como la tabla de palma, yagua, cana, madera, zinc, tejamaní, entre otros.
- Colores vivos y variados (como el azul y rojo, el amarillo de las hojas y el rosado de las trinitarias).
- Uso de espacios abiertos que propician la relación permanente entre vecinos y visitantes.

Estos elementos son una clara expresión del carácter social y cultural del habitante dominicano: la diferenciación de "su" propiedad con la variedad de colores, la adaptación al clima en que vive por medio de los materiales y el intercambio de sus experiencias cotidianas con quienes le rodean y visitan.

El conflicto surge cuando se extiende el concepto de que la casa, su construcción y estética, son necesariamente una manifestación del estatus socio-económico de los propietarios. Se difunde entonces un pensamiento erróneo al respecto: la arquitectura vernácula -de palos y cana- es "*para pobres*". Es parte de lo que ha llevado a la arquitectura local a la simple copia de diseños importados que estén "de moda" o que son "publicados en una revista".

Para la elaboración de este renglón se buscaron referencias variadas en el documento del I.N.V.I.¹⁹ ya que interesa ver lo que ha acontecido con el

cual se definen cuatro (4) zonas de vida: Montañosa, Cibao Central y Costa Norte, Este y Suroeste - Noroeste. Fuente: Cfr. Gary Hartshorn y Gustavo Antonini. *República Dominicana: perfil ambiental de un país, un estudio de campo*. Editorial JRB Associate. Virginia, U.S.A. 1981. Pg. 15. Cfr. Instituto Nacional de la Vivienda. Op.Cit. Pg.17.

¹⁹Cfr. Instituto Nacional de la Vivienda (I.N.V.I.). Op.cit.

desarrollo cultural-popular en la arquitectura dominicana de las diferentes regiones, por lo que se presentan ilustraciones al respecto (Fotos 4 a 11). No se llega a una profundidad evaluativa mayor, puesto que abarcar estos niveles implicaría un tema de estudio particular que no son el objetivo primario de este trabajo; más bien es una recopilación sintética de éstas, pero que se considera importante incluir para los fines generales de este proyecto de investigación. Es un conocer cómo ha reaccionado y respondido a lo largo de la historia esta sociedad frente a unas circunstancias ambientales y de necesidad de protección claramente definidas, dando relevancia a ciertos factores que son precisamente los que interesa enfocar.



Foto 4. Valle de Constanza, zona de vida Montañosa. Las condiciones climáticas de esta región son muy distintas a las zonas Sur y Noroeste, sin embargo la respuesta vernácula es similar ya que las viviendas aparecen más cerradas al exterior.

Fuente: *La República Dominicana: Tesoro del Caribe*. Domingo Batista y Julio González. Pg.124

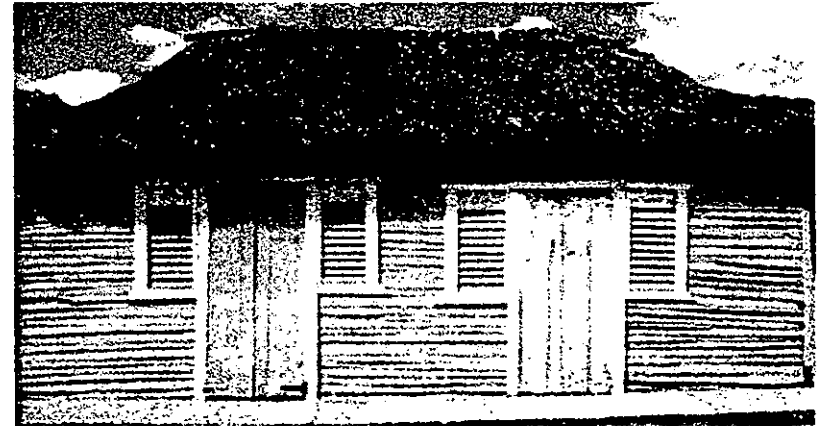


Foto 5. El colorido siempre presente en la arquitectura vernácula dominicana. En unos casos, por agrado y preferencia de los usuarios; en otros, para enfatizar algunos elementos como los marcos de puertas y ventanas.

Fuente: *La República Dominicana: Tesoro del Caribe*. Domingo Batista y Julio González. Pg.181.



Fotos 6 y 7. Viviendas típicas de las Zonas Nor y Suroeste. Los huecos son escasos para evitar que penetre el calor del exterior. Cuando hay ventanas, éstas por lo general se mantienen cerradas durante el día con los mismos fines.

Fuente: *La República Dominicana: Tesoro del Caribe*. Domingo Batista y Julio González. Pg.144.





Fotos 8 y 9. Vivienda Victoriana en Puerto Plata en la costa norte de la República. Las ciudades costeras recibieron una influencia amplia de los estilos importados, ésta es una muestra de ello.
Fuente: *La República Dominicana: Tesoro del Caribe*. Domingo Batista y Julio González. Pp.63-66.



Fotos 10 y 11. Zona de vida Cibao Central. La presencia de galerías es un elemento importante y repetitivo en la arquitectura vernácula dominicana cuyo concepto ha sido trasladado hasta nuestros días. Ciudad de Puerto Plata.

Fuente: *La República Dominicana: Tesoro del Caribe*. Domingo Batista y Julio González.

1.2.2. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

1.2.2.1. CONCEPTO GENERAL

Arquitectura Bioclimática es entendida como una filosofía arquitectónica que quiere integrar al máximo los edificios a su entorno natural, logrando confort para las personas que los ocupan con bajo costo energético y ecológico. En esa misma medida hay que entender que cualquier acción del hombre en pro de su desarrollo, tiene un inevitable efecto en la naturaleza y que a mayor población, las necesidades de recursos energéticos y de alimentos se incrementan. Al referirse a la *Arquitectura*, hay que aludir a *Construcción* y ésta de alguna manera agrade al medio natural. Como dice el arquitecto Georg W. Reinberg, "en lo que debemos esforzarnos es en que, una vez construido el edificio, éste pueda convivir lo más integradamente posible con su entorno, contribuyendo, con su funcionamiento, a los ahorros energéticos y la disminución de la contaminación que producen"²⁰.

Se plantea entonces una arquitectura que sea "ecológicamente consciente" en la que se propondrán construcciones bien diseñadas que consigan ahorros de energía, un uso eficiente de los recursos y con espacios confortables que permitan al individuo un buen desarrollo de sus actividades.

1.2.2.2. ORIGEN Y EVOLUCIÓN

Desde su origen el hombre se ha planteado el poder alcanzar un control del entorno en que habita y crear las condiciones idóneas que respondan adecuadamente al desarrollo de sus actividades como satisfacción de una necesidad básica: refugio y protección. A lo largo de la historia aparecen ejemplos que reflejan las distintas soluciones que el hombre ha adoptado en el diseño de su morada dentro de un medio natural que lo contiene, aportando, en cada caso y con acierto, respuestas a su problemática particular (Foto 12).

²⁰Anotaciones referidas en la presentación de su obra arquitectónica. Arq. Georg Reinberg. IDAU. México, D.F. Mayo, 1999.

Estos conceptos de arquitectura ambientalista, ecológica, bioclimática, solar, green architecture, etc. han estado integrados, por así decir, históricamente a la profesión como tal. Hacia la década de los años 50's a partir de los conceptos de progreso que se gestaron con la revolución industrial, la máquina de vapor y los combustibles fósiles, la sociedad comenzó a evolucionar hacia un consumismo desmedido.

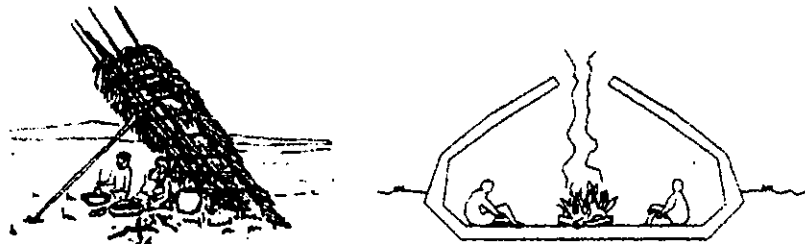
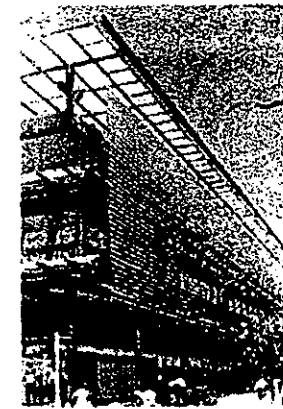


Foto 12. Distintas soluciones que el hombre a adoptado en el diseño de su morada o "refugio"
Fuente: *Arquitectura y Energía Natural. Rafael Serra Florensa. et. al. Pp.121.*

Veinte años más tarde, y a raíz de la fuerte crisis del petróleo producida en este decenio (en el año 1973), la sociedad en general comenzó a aceptar que las energías artificiales que hasta el momento le habían dado soporte, no tenían un carácter ilimitado y por lo tanto no podían seguir siendo explotadas sin medidas ni prevención. Empezó una época de recesión que llevó a que los países industrializados redujeran el alto consumo energético y que comenzara el interés por el desarrollo de nuevos sistemas que permitieran un considerable ahorro energético (Fotos 13 y 14) así como por un mayor estudio y conocimiento sobre las energías renovables. En ese momento se presentaron las dos nuevas opciones: energía nuclear y energía solar. Actualmente la humanidad se encuentra en el parteaguas de dos épocas históricas: la de los hidrocarburos y la de las nuevas alternativas energéticas.



Fotos 13 y 14. Izquierda: Protección solar fabricada con dispositivos transparentes. Se combinan elementos horizontales y declinaciones verticales. Edificio Administrativo Expo Portugal'98. Derecha: Cubierta de techo y persianas horizontales diseñadas para atenuar la incidencia solar.

Fuente: <http://www.tendencia.com/No32/bioclima.html>. Marzo, 1999.

Cuando se comenzaron a realizar las investigaciones acerca de la relación arquitectura-energía, se encontró que hacía más de veinte años que un grupo de autores se habían dedicado a profundizar en estos temas. Entre estos trabajos destacan los presentados por los hermanos Víctor y Aladar Ogyay quienes ya hacia los años 50's, y con una visión futurista, se atrevieron a plantear una arquitectura distinta a la que se había hecho convencionalmente hasta entonces.

Víctor Ogyay, quien fue el único de los hermanos que continuó en esta rama de estudios, planteaba que no se debía "adjetivizar" la arquitectura, esto es, ponerle un nombre a la misma, ya que ésta debe ser, en todos los casos, entendida como un fenómeno totalizador y global. Se habla de una "interpretación bioclimática" de la arquitectura o "bioclimatic approach" donde se

especifican y definen los efectos que tiene el *clima* sobre el *ser humano*, pero siempre manteniendo esta visión global de la expresión arquitectónica²¹.

A partir de numerosos trabajos de investigación y diversas publicaciones, Olgay se convirtió en el autor de referencia fundamental para aquellos que posteriormente decidieron seguir el camino de la llamada indistintamente "arquitectura bioclimática", "arquitectura solar", "arquitectura pasiva", "arquitectura ecológica"²². Con el fin de unificar criterios, en la presente investigación se habrá de emplear de manera exclusiva el término *Arquitectura Bioclimática* como término abarcador de las diferentes denominaciones empleadas al respecto.

En los años 70's destacaron varios arquitectos que desarrollan sus trabajos en el campo de la arquitectura bioclimática. Ejemplo de ellos son David Wright de Nuevo México, Kelbaugh en Nueva Jersey, Haggard en California, Trombe en Francia, Sergio Los en Italia, etc. y en fechas más recientes se desarrolló el proyecto Biósfera II²³, con un fracaso casi inmediato.

1.2.2.3. OBJETIVOS DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

- Conseguir un diseño racional de las viviendas que permita un uso apropiado del suelo y una aplicación eficiente de los recursos naturales limitados.
- Diseñar proyectos que se adapten al lugar, que sean una respuesta a su medio por lo que las propuestas deberán respetar y cuidar el entorno natural.
- Los proyectos deben responder satisfactoriamente a las necesidades de los habitantes para producir en ellos efectos físicos y mentales positivos. No se trata sólo de diseñar y construir una arquitectura que se adapte al medio

²¹ Pássim. Víctor Olgay. *Op.cit.* Pp. VII-VIII.

²² La obra más importante de Olgay es "Design with the Climate" traducida al castellano más de dos décadas posteriores a la primera edición de éste. (G.Gili, 1998).

²³ Cfr. Víctor Fuentes y Anibal Figueroa. "Arquitectura y Medio Ambiente". Revista Enlace. *Op.cit.* Pp.40-45.

ambiente natural, sino también al medio psicológico y social para el cual ha sido creada.

Los proyectos deben soluciones que minimicen el consumo de combustibles en calefacción, refrigeración, iluminación, etc. a fin de tener significativos ahorros energéticos.

1.3. APORTES Y TRABAJOS EN EL ÁREA

1.3.1. APORTES GENERALES

Los primeros trabajos y aportes en el renglón bioclimático tuvieron su origen en la experimentación de los pueblos en busca de espacios cada vez más confortables para sus actividades cotidianas. Con el paso de los años y el avance de la ciencia, numerosas investigaciones se han puesto en marcha y han sido desarrolladas y publicadas; otras tantas no pasaron de ser postulados, tal vez demostrados, pero no hechos del dominio público. Afortunadamente existe un acervo cada vez más amplio, en libros, revistas, artículos y publicaciones en la red de internet, que contribuye a ampliar el "panorama bioclimático". Adicionalmente cada vez son más los talleres, cursos y seminarios que se organizan y desarrollan con el fin de dar a conocer y promover estos conceptos haciéndolos parte del desarrollo integral de la arquitectura.

Dada la gran cantidad de documentación escrita y experimental resultaría sumamente extenso mencionar cada uno de estos trabajos. Sin embargo consideramos que vale la pena acotar algunos de ellos que han llegado hasta nuestros días con gran vigencia y utilidad²⁴. Es el caso de los trabajos desarrollados por Víctor Olgay, quien desarrolla toda una metodología de diseño acompañada de su *Carta Bioclimática* con parámetros de confort y las

²⁴ Las anotaciones del presente punto son presentadas en estricto orden alfabético. La disposición de los autores no tiene que ver, de forma alguna, con el hecho de que se considere de mayor o menor importancia las aportaciones ofrecidas por cada uno de los mismos.

correcciones necesarias en los diferentes casos. Esta metodología aparece aplicada a varias localidades en su libro *Design With Climate ó Arquitectura y Clima, Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*, edición del primero publicada en castellano.

Baruch Givoni, por su parte, desarrolló un método analítico de confort basado en el metabolismo, la energía que se transforma en trabajo, los intercambios de calor, etc. Uno de los aportes de éste que más utilidad nos representa actualmente es su *Abaco Psicrométrico* igualmente con parámetros de confort y los posibles sistemas de corrección.

Steven Szokolay, Fanger, Humpreys y Aulciems, igualmente desarrollaron metodologías y sistemas de utilización práctica que orientan con bastante precisión los trabajos que se desarrollan actualmente en el campo de la bioclimática. Este Termopreferéndum²⁵ propone variaciones de acuerdo al lugar y a la época del año en función de la temperatura media mensual. Se propuso una ecuación para obtener los rangos de temperatura y comodidad humana:

$$T_n = (17.6 + 0.31T_e) \quad (1)$$

Donde:

T_e : temperatura ambiente media promedio mensual (en °C)

T_n : temperatura de comodidad humana (en °C)

Si al valor T_n obtenido se adicionan 2.5°C ($T_n + 2.5$) se obtiene la temperatura máxima de confort; si se le restan 2.5°C ($T_n - 2.5$) se tendrá la temperatura mínima de confort.

²⁵Pássim J. Diego Morales. *Elementos del Diseño Bioclimático*. Diplomado en Diseño Bioclimático. Op.cit. Pg. 38.

Por otro lado, algunas propuestas también han alcanzado cierta difusión pero ya no representan la vigencia y precisión como en su momento. Ejemplo de ello son las Tablas de Carl Mahoney que pasan hoy a ocupar un plano referencial en la lista.

Actualmente en muchos países alrededor del mundo se está logrando una amplia difusión temática de la Arquitectura Bioclimática; en otros, apenas resurge el tema con un notable afán de hacerse presente de manera permanente y como un real "cambio de actitud". Es el caso de la República Dominicana.

1.3.2. APORTES EN REPÚBLICA DOMINICANA²⁶

Hace poco más de dos décadas que comenzaron a desarrollarse en República Dominicana amplias investigaciones con relación a la Arquitectura Bioclimática. El Maestro en Arquitectura Rafael Arvelo, realizó sus estudios de especialización en el área, en la Unité Pedagogique D'Architecture de Marseille en Francia y a su regreso buscó integrar y expandir los conocimientos adquiridos en las Escuelas de Arquitectura de República Dominicana.

Hace algunos años un grupo de Arquitectos-Profesores formaron, junto al Arq. Rafael Arvelo, el GRUPO ARQUITECTURA Y MEDIO AMBIENTE (GAMA). Este grupo se dedicó al trabajo profesional y docente con énfasis en el bioclima. En ese sentido, se asesoraron varios trabajos de grado que tenían como objetivo definir las características climáticas de diferentes zonas del país y ofrecer respuestas arquitectónicas que, en términos de esquema, materiales, envolvente, colores, etc., se consideraran representativas de las diversas regiones del país. Así fue como se hicieron trabajos para Azua, Puerto Plata, la región Este, etc. Dada la naturaleza de los trabajos y con el ánimo de ganar en

²⁶Parte de esta información fue suministrada por el Arq. Rogelio Batista, miembro integrante del grupo GAMA y que ha desarrollado trabajos y asesorías en el área de la Arquitectura Bioclimática en el país.



profundidad, algunos aspectos muy importantes del emplazamiento no fueron plenamente estudiados en estos trabajos. Esto fue interpretado por algunos como una visión determinista climática. En ese momento se crearon divisiones puesto que en algunas escuelas no se abordaba en ningún aspecto la terminología y los conceptos de Arquitectura Bioclimática; en otras, por el contrario, se dice, se creó un punto de enfoque básico en torno a este tópico. En consecuencia, se produjeron reacciones que se materializaron en varios estudios. Estos nuevos trabajos, en contraposición, enfatizaban los aspectos culturales del entorno y minimizaban o soslayaban los referentes al bioclima.

Está claro que en el país se han hecho varios estudios de la relación arquitectura-emplazamiento, pero todas tienden, por razones diversas, a abordar una parte de los factores aportados por el entorno. Otros documentos fueron publicados con el fin de crear conciencia acerca del ahorro energético cada vez más urgente en todo el país.

Se localizaron algunos de estos trabajos²⁷ en los cuales se evidencia el predominio de una metodología: la iniciada por el Maestro Arvelo; otros ya no se encuentran a disposición de los lectores. Se pudo constatar una gran inquietud por la temática bioclimática para finales de la década de los 70's e inicios de los 80's. Una pausa notoria se pone de manifiesto y es hasta hace

poco más de 6 años cuando se retoman los estudios, al menos los que alcanzaron a ser publicados. Es el resurgimiento de estas investigaciones otro punto que motiva a contribuir con el nuevo impulso de los temas bioclimáticos en el país. En este sentido, es importante subrayar que no se persigue innovación alguna; se busca retomar, ampliar y hacer de conocimiento público los trabajos que se han llevado a cabo en este renglón con apoyo en metodologías analíticas y de comprobación más recientes y precisas.

En la actualidad y desde enero del año 1998, se desarrolla la Maestría en Arquitectura Tropical Caribeña, en la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (U.N.P.H.U.), donde varios de los trabajos de grado pretenden tocar algunos de estos aspectos. Esta Maestría es patrocinada por la Comunidad Europea desarrollándose bajo la supervisión de la misma e incluye a los países de la región caribeña pertenecientes al CARICOM. A juicio de algunos arquitectos involucrados en el proyecto, uno de los mayores logros de esta Maestría es haber logrado una amplia integración entre muchas islas caribeñas, con cercanía geográfica pero con una gran separación de conocimientos culturales y arquitectónicos. En este momento los mayores enfoques tienden a desarrollar líneas de investigación con carácter más teórico que experimental; no obstante, como punto de partida, lo consideramos como un paso significativo que llevará a un conocimiento más profundo de las arquitecturas caribeñas y, entre otras cosas, la relevante relación de éstas con su entorno y clima.

²⁷Algunos ejemplos son las siguientes tesis para obtener el grado de Arquitecto:

1. "Recomendaciones para el ahorro de energía en edificaciones" por Enriquillo Ureña y Juan B. Canto. Comisión Nacional de Política Energética (CEOENER). 1986.
2. "Estudio bioclimático de la vivienda en Azua". por Carmen Aida Rodríguez y Fátima Karma Assy. 1979. U.A.S.D.
3. "El bioclimatismo para la arquitectura de Santo Domingo". por Rhina A. Amaro. 1992. U.N.P.H.U.
4. "Arquitectura y entorno natural: Hotel Montaña en San Rafael, Barahona". por Natasha Campillo Vilorio. 1995. U.A.S.D.
5. "Arquitectura Caribeña para una primera impresión". por Sayhira Castillo Espinal y Jhanny López. 1998. U.N.P.H.U.



11. Estudio del Bioclima

ESTUDIO DEL BIOCLIMA

2.1. REPÚBLICA DOMINICANA

"...Hay un país en el mundo colocado en el mismo trayecto del sol..."²⁸

Pedro Mir, Poeta Nacional Dominicano.

2.1.1. LOCALIZACIÓN

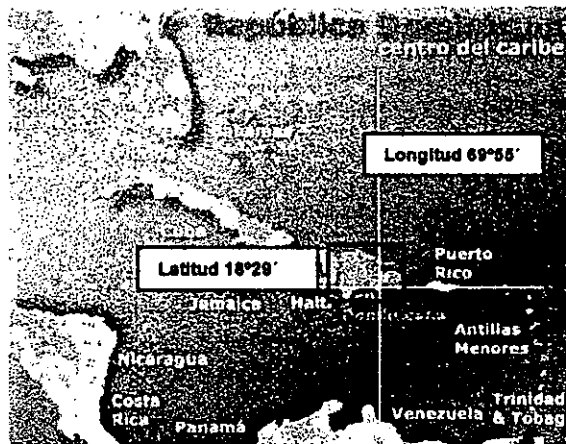


Foto 15. Límites geográficos de la República Dominicana, segunda Isla de las Antillas Mayores y centro del Caribe. Las coordenadas indicadas corresponden a la ciudad de Santo Domingo.
Fuente: <http://www.redominicana.com>. Sept. 1999.

La Isla de La Española está localizada en el área del Caribe siendo, por su extensión, la segunda isla de las Antillas Mayores. Tiene un área total

aproximada de 77,914 kms² en los cuales alberga dos países: La República de Haití, al occidente, con una extensión de 27,750 kms² y la República Dominicana, al oriente, con una extensión de 48,442 kms², de los cuales 1,575 kms son de costa. Esta área es equivalente a las 3/4 partes de la Isla, aproximadamente. Con coordenadas geográficas entre 17°36' y 19°58' de latitud Norte y entre 68°19' y 72°01' de longitud Oeste, la Isla pertenece a la región subtropical de huracanes.

Los límites geográficos de la República Dominicana son: al Norte, Océano Atlántico; al Sur, Mar Caribe; al Este Canal de la Mona y Puerto Rico y al Oeste República de Haití (Foto 9). Su capital es Santo Domingo y se localiza en la costa sur de la Isla. La restante división política está organizada en 30 provincias.

2.1.2. SITUACIÓN ENERGÉTICA EN REPÚBLICA DOMINICANA.

Según datos de la Corporación Dominicana de Electricidad, actualmente la generación de energía eléctrica en el país está basada en las plantas de Turbogas, Termoeléctricas e Hidroeléctricas. Estas últimas han reducido su aporte en materia de energía eléctrica por condiciones diversas: reducción del caudal de los ríos, mantenimiento ineficiente de los equipos y por la falta de pago por parte del Estado a las empresas administradoras.

Esta situación ha provocado que hoy las plantas generadoras de electricidad sean en su mayoría de tipo Turbogas, seguidas por las Termoeléctricas. Los porcentajes para cada renglón son los siguientes:²⁹

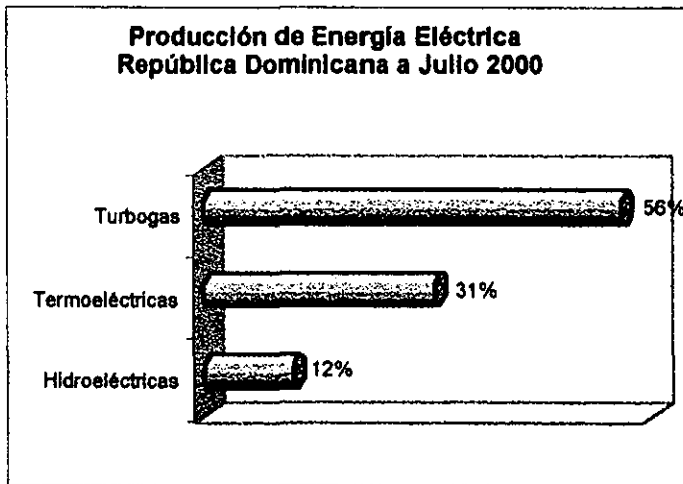
²⁸Pedro Mir. "Hay un país en el mundo". *Enciclopedia Dominicana, Antología Poética*. Pp. 22-24.

²⁹Corporación Dominicana de Electricidad.

TABLA 1
PORCENTAJES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN
REPÚBLICA DOMINICANA A JULIO 2000

Tipo de Equipo	% Producción
Turbogas	56%
Termoeléctricas	31%
Hidroeléctricas	12%

Fuente: Corporación Dominicana de Electricidad, Julio, 2000.



Fuente: Corporación Dominicana de Electricidad, Julio, 2000.

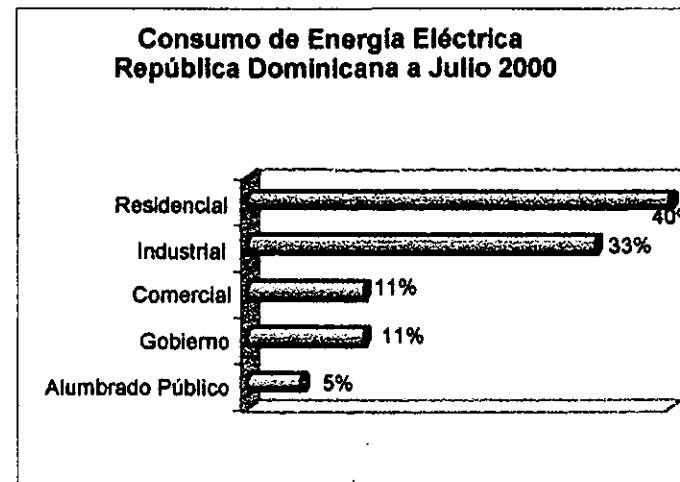
Este incremento en el uso de las plantas de turbogas ha ocasionado que los precios por consumo de electricidad vayan en aumento alcanzando hoy niveles muy elevados. A esto debe añadirse el crecimiento proporcional de los contaminantes descargados en el ambiente ocasionados por esta generación

eléctrica. Los porcentajes de ocupación de la energía eléctrica son como siguen:

TABLA 2
PORCENTAJES DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
A JULIO 2000

Sector	% Consumo
Residencial	40%
Industrial	33%
Comercial	11%
Gobierno	11%
Alumbrado Público	5%

Fuente: Corporación Dominicana de Electricidad, Julio, 2000.



Fuente: Corporación Dominicana de Electricidad, Julio, 2000.

Por otro lado, con el crecimiento de la población la demanda habitacional también se incrementa. En 1995 la población urbana en el país representaba un 64.6% del total demográfico nacional³⁰. Según el Arq. Rafael Calventi, durante los últimos 10 años el número de viviendas construidas por el Estado Dominicano ronda las 35 mil unidades, desde apartamentos de lujo hasta viviendas rurales. Este valor, dice, representa apenas el equivalente al incremento anual del déficit habitacional, el cual, de seguir a este ritmo, será de 1 millón 60 mil unidades para el año 2,010³¹.

Según informes presidenciales, el déficit actual es de 1.2 millones de viviendas más un 11% de unidades existentes que se consideran "desechables" por constituir un peligro para las personas que las habitan³². En 1998 se concluyó la construcción de 21,538 soluciones habitacionales y se continuaron otras 34,793. Adicionalmente fueron construidas otras 10,000 viviendas prefabricadas y de bajo costo para las familias afectadas por el huracán Georges³³.

Aún con este alto índice de déficit habitacional, la crisis de la situación energética se agudiza cada vez más. Los reportes con que se cuentan a Mayo y Junio del año 2000 presentan los siguientes datos³⁴:

TABLA 3
DISPONIBILIDAD, DEMANDA Y DÉFICIT EN GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN REPÚBLICA DOMINICANA MAYO 2000

	Mínima	Media	Máxima
Disponibilidad Total (en MW)	947,30	1.228,20	1.418,90
Demanda Actual (en MW)	970,00	1.388,00	1.540,00
Déficit de Generación (en MW)	- 22,70	-159,80	- 121,10

Fuente: Corporación Dominicana de Electricidad, Julio, 2000.

TABLA 4
DISPONIBILIDAD, DEMANDA Y DÉFICIT EN GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN REPÚBLICA DOMINICANA A JUNIO 2000

	JUNIO		
	Mínima	Media	Máxima
Disponibilidad Total (en MW)	1.058,30	1.247,20	1.470,70
Demanda Actual (en MW)	1.100,00	1.400,00	1.600,00
Déficit de Generación (en MW)	- 43,70	- 152,80	-129,30

Fuente: Corporación Dominicana de Electricidad, Julio, 2000.

En el supuesto de que el Estado pretendiera resolver este problema de vivienda en los próximos 10 años, sería necesario construir 100 mil viviendas anuales³⁵ lo que evidentemente se reflejaría de inmediato en la situación energética con preponderancia e incremento en los déficits de la producción y suministro eléctricos.

La situación energética frente a la cual se encuentra el país lleva a definir la necesidad de implementar planes emergentes para el ahorro y uso racional de

³⁰<http://165.158.1.110/spanish/vhs/dorrap.html>, Julio, 2000.

³¹Pássim Rafael Calventi. Hacia una Nueva Política para el Sector Vivienda y Aentamientos Humanos. <http://www.periferia.org/publications/torocalventi.html> Julio, 2000.

³²Informe Presidencial Dr. Leonel Fernández.

Fuente: <http://www.codetel.net.do/leonel/vivienda.html> Julio, 2000.

³³Informe de Presentación de las Memorias del Gobierno Dominicano correspondientes al año de 1998, pronunciado por el Presidente Dominicano Dr. Leonel Fernández el 27 de febrero de 1999. Fuente: <http://www.presidencia.gov.do/dia27feb99.html> Julio, 2000.

³⁴Corporación Dominicana de Electricidad.

³⁵Pássim Rafael Calventi. Op.Cit.



la energía, desde la planificación urbana, diseño y construcción hasta la administración particular por parte de los usuarios.

En 1998, en República Dominicana, mediante Decreto Presidencial se asignó a la Secretaría de Estado de Industria y Comercio las funciones de carácter normativo, promotor, regulador y facilitador del sector eléctrico y se crea la Superintendencia de Energía Eléctrica. Estas transformaciones institucionales podrían ser el marco adecuado para la implementación de nuevas normas y reglamentos para el ahorro energético.

2.1.3. FACTORES Y ELEMENTOS DEL CLIMA EN SANTO DOMINGO

2.1.3.1. GENERALES

La ciudad de Santo Domingo está situada en las coordenadas geográficas 18°29' de latitud Norte y 69°55' de longitud Oeste con una altitud promedio sobre el nivel del mar de 14.00 metros (altitud exacta en que se encuentra el observatorio de esta localidad).

La ciudad de Santo Domingo se encuentra en la costa sur de la República, en dirección Este de la misma. En consecuencia, unos de sus límites es el Mar Caribe (al Sur) el cual tiene una influencia determinante en las condiciones climáticas del lugar. Colinda al Norte con la Provincia Monte Plata; al Oeste con San Cristóbal y al Este con San Pedro de Macorís (Foto 16).

La ciudad de Santo Domingo ha extendido considerablemente sus límites físicos originales y actualmente se encuentra conformada por la parte oriental y occidental, ambas separadas por el Río Ozama, así como por numerosas poblaciones que en sus inicios eran ciudades satélites y que debido a la expansión que se ha producido, éstas han terminado integrándose a la ciudad misma.



Foto 16. Límites de la ciudad de Santo Domingo, D.N.

2.1.3.2. CLIMA DE LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO. DISTRITO NACIONAL

El análisis de las condiciones climáticas de un lugar determinado es el punto de inicio para la formulación de estrategias o recomendaciones en el diseño urbano y de edificios para maximizar el confort y minimizar el uso de energía para calentar y/o enfriar.

A continuación se presentan los datos climatológicos que definen el comportamiento climático de la ciudad de Santo Domingo. Los mismos fueron obtenidos en los registros de la Oficina Nacional de Meteorología, sede central de los Observatorios existentes en toda la República y situado en la zona sureste de Santo Domingo. Los parámetros que se presentan son: Temperatura, Humedad, Radiación Solar, Soleamiento, Vientos predominantes, Precipitaciones, Fenómenos Especiales.

Salvo en aquellos casos en que se indique lo contrario, el período de medición y datos tomados corresponden al decenio 1989-1999. En general el clima de Santo Domingo se considera cálido-húmedo, con temperaturas y humedad altas y con lluvias frecuentes, últimas que se incrementan en la época de huracanes.

• TEMPERATURA

La temperatura del aire es estable durante todo el año y generalmente elevada. En promedios mensuales, la temperatura mínima registrada es de 20.0°C y la máxima de 32.0°C en los meses de Febrero y Agosto respectivamente. La temperatura mínima extrema es de 11.0°C registrada en fecha 7 de enero de 1956 y 5 de febrero de 1950. La máxima extrema es de 36.0°C registrada en fecha 14 de julio de 1995. Las oscilaciones de temperatura entre el día y la

noche son estables a lo largo de todo el año presentando una mínima a las 6:00am. y una máxima a las 14:00pm. Estas variaciones diarias van de 8.5°C en épocas de verano a 9.5°C en invierno. Horas totales anuales (promedios mensuales): 30,0°C o más: 40 horas (14%); Entre 25,1°C y 29,9°C: 110 horas (38%); Entre 20,1°C y 25,0°C: 137 horas (47,65%); 20,0°C o menos: 1 hora (0,35%). El comportamiento de la temperatura define un clima cálido.

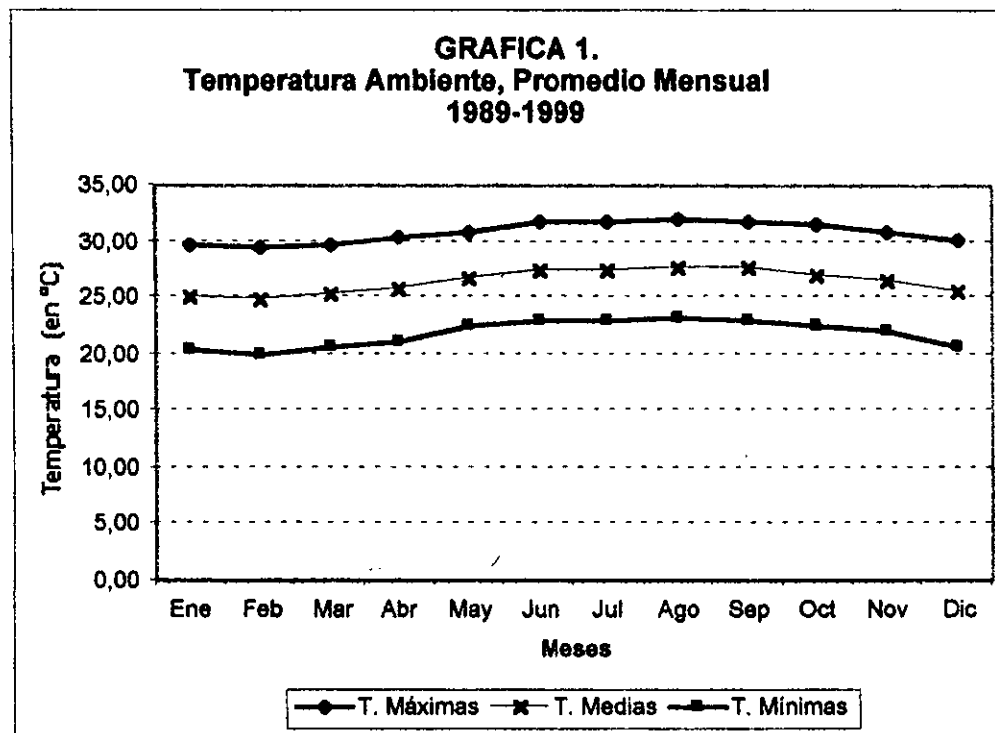
TABLA 5
TEMPERATURA AMBIENTE HORARIA, PROMEDIO MENSUAL (EN °C)

Horas/Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic.
1,00	21,88	21,80	22,15	22,78	23,93	24,48	24,41	24,70	24,58	24,03	23,50	22,22
2,00	21,51	21,22	21,78	22,40	23,59	24,13	24,06	24,34	24,23	23,67	23,14	21,84
3,00	21,14	20,85	21,42	22,03	23,28	23,78	23,70	23,99	23,88	23,31	22,79	21,48
4,00	20,86	20,56	21,15	21,75	23,00	23,52	23,43	23,73	23,62	23,04	22,53	21,17
5,00	20,58	20,28	20,87	21,48	22,75	23,28	23,17	23,46	23,36	22,77	22,26	20,89
6,00	20,30	20,00	20,60	21,20	22,50	23,00	22,90	23,20	23,10	22,50	22,00	20,60
7,00	20,67	20,38	20,98	21,57	22,84	23,35	23,26	23,55	23,50	22,88	22,35	20,98
8,00	22,10	22,10	22,10	22,10	23,28	23,78	23,70	23,99	23,88	23,31	22,79	21,48
9,00	22,72	22,44	22,97	23,59	24,68	25,28	25,21	25,49	25,38	24,84	24,29	23,07
10,00	25,80	25,38	25,79	26,44	27,29	28,00	28,00	28,22	28,08	27,83	27,02	26,02
11,00	27,28	27,05	27,43	28,10	28,80	29,53	29,58	29,80	29,63	29,25	28,80	27,73
12,00	28,21	27,99	28,34	29,02	29,64	30,40	30,47	30,68	30,50	30,15	29,48	28,68
13,00	28,95	28,74	29,08	29,76	30,31	31,09	31,18	31,38	31,19	30,89	30,18	29,44
14,00	29,60	29,40	29,70	30,40	30,90	31,70	31,80	32,00	31,80	31,50	30,80	30,10
15,00	29,23	29,02	29,34	30,03	30,58	31,35	31,44	31,65	31,45	31,15	30,45	29,72
16,00	28,88	28,65	28,97	29,66	30,23	31,00	31,09	31,30	31,10	30,78	30,10	29,34
17,00	27,83	27,81	27,97	28,65	29,30	30,05	30,11	30,33	30,15	29,79	29,13	28,30
18,00	26,72	26,49	26,80	27,55	28,30	29,00	29,04	29,27	29,10	28,71	28,07	27,16
19,00	25,51	25,28	25,70	26,35	27,20	28,00	28,00	28,13	28,00	27,54	26,93	25,92
20,00	24,30	24,04	24,51	25,18	26,11	26,74	26,73	26,98	26,84	26,37	25,78	24,12
21,00	23,74	23,48	23,97	24,60	25,61	26,22	26,19	26,46	26,32	25,83	25,28	24,12
22,00	23,09	22,82	23,33	23,96	25,02	25,81	25,57	25,84	25,71	25,20	24,64	23,45
23,00	22,63	22,35	22,88	23,50	24,60	25,18	25,13	25,40	25,28	24,75	24,20	22,98
24,00	22,25	21,97	22,51	23,13	24,28	24,83	24,77	25,05	24,93	24,39	23,85	22,80
Oscilación Promedio	9,30	9,40	9,10	9,20	8,40	8,70	8,90	8,80	8,70	9,00	8,80	9,50

Fuente: Observatorio de la Oficina Nacional de Meteorología de Santo Domingo. Sto. Dgo., Rep. Dom. 1989-1999.

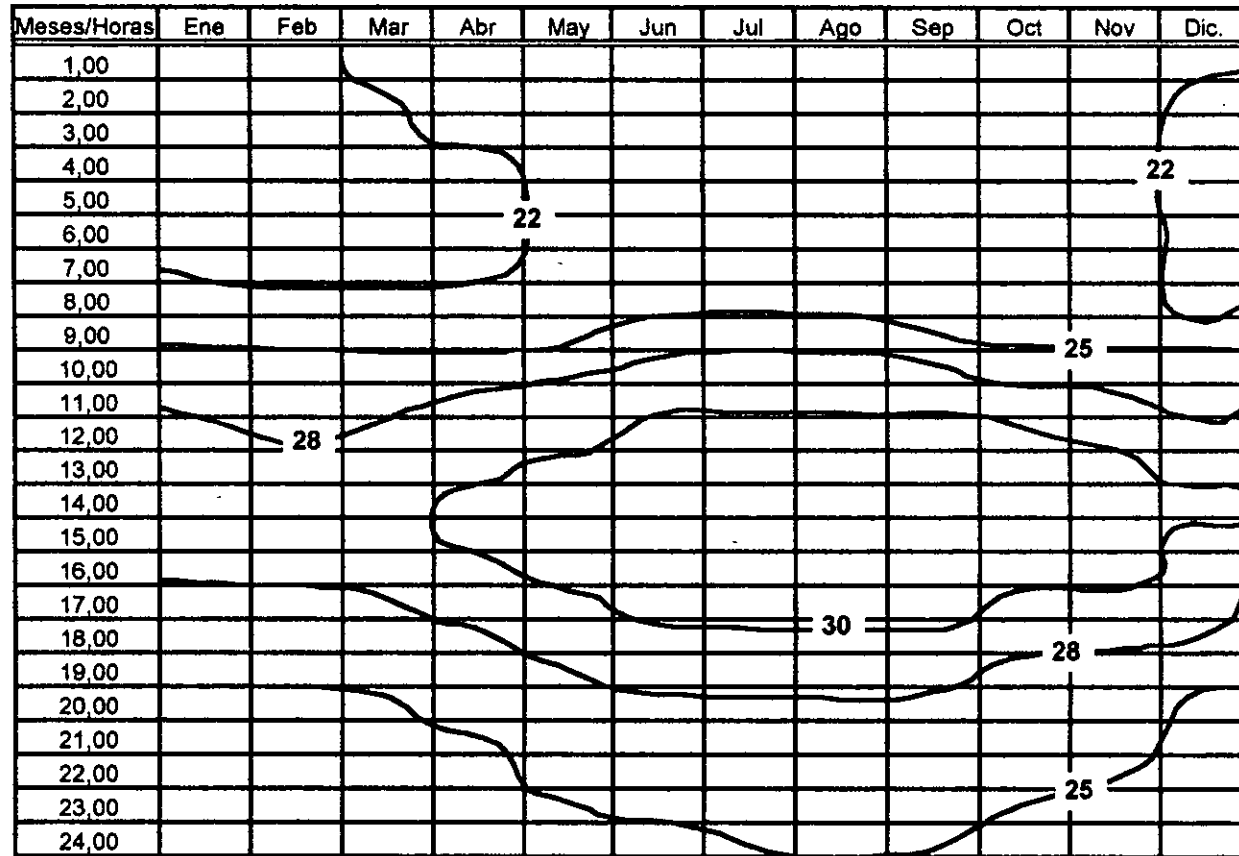
TABLA 6
TEMPERATURA AMBIENTE, PROMEDIO MENSUAL (EN °C)

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
T. Mín.	20,30	20,00	20,60	21,20	22,50	23,00	22,90	23,20	23,10	22,50	22,00	20,60
T. Med.	24,95	24,70	25,15	25,80	26,70	27,35	27,35	27,60	27,45	27,00	26,40	25,35
T. Máx.	29,60	29,40	29,70	30,40	30,90	31,70	31,80	32,00	31,80	31,50	30,80	30,10



Fuente: Observatorio de la Oficina Nacional de Meteorología de Santo Domingo. Sto. Dgo., Rep. Dom. 1989-1999.

GRÁFICA 2
ISOTERMAS PARA LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO



————— Líneas de igual temperatura

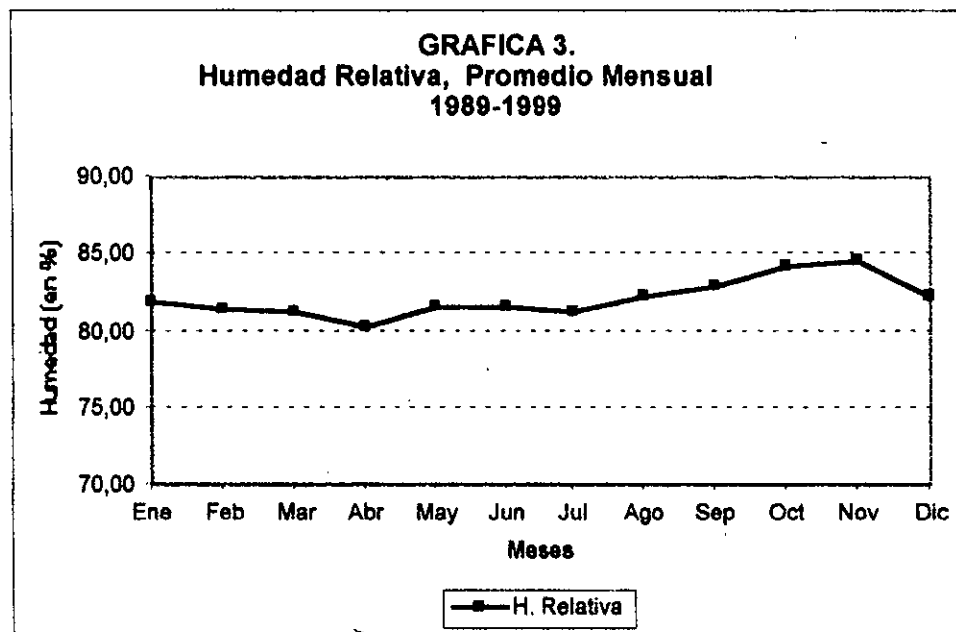
• HUMEDAD

Los datos con que se cuenta, proporcionados por la Oficina Nacional de Meteorología en Santo Domingo, son sólo de Humedad Relativa. Para la mayor parte de la isla y durante el transcurso de todo el año los niveles medios de humedad relativa son elevados. Las variaciones mensuales oscilan entre 72% y 90% en algunas localidades; sin embargo, en términos generales las variaciones diarias son mucho más significativas que las anuales o estacionales; por

ejemplo, en el caso de la ciudad de Santo Domingo, tenemos un promedio máximo de 91% al amanecer a las 6:00 hrs. y un mínimo de 70% a las 14:00 hrs. para la fecha con una temperatura máxima extrema. La humedad relativa media mensual más alta para esta ciudad en los últimos 10 años es de 84.2% y la media mínima es de 80.2%. La humedad relativa mínima diaria extrema registrada corresponde a un 43% en fecha 27 de septiembre de 1997.

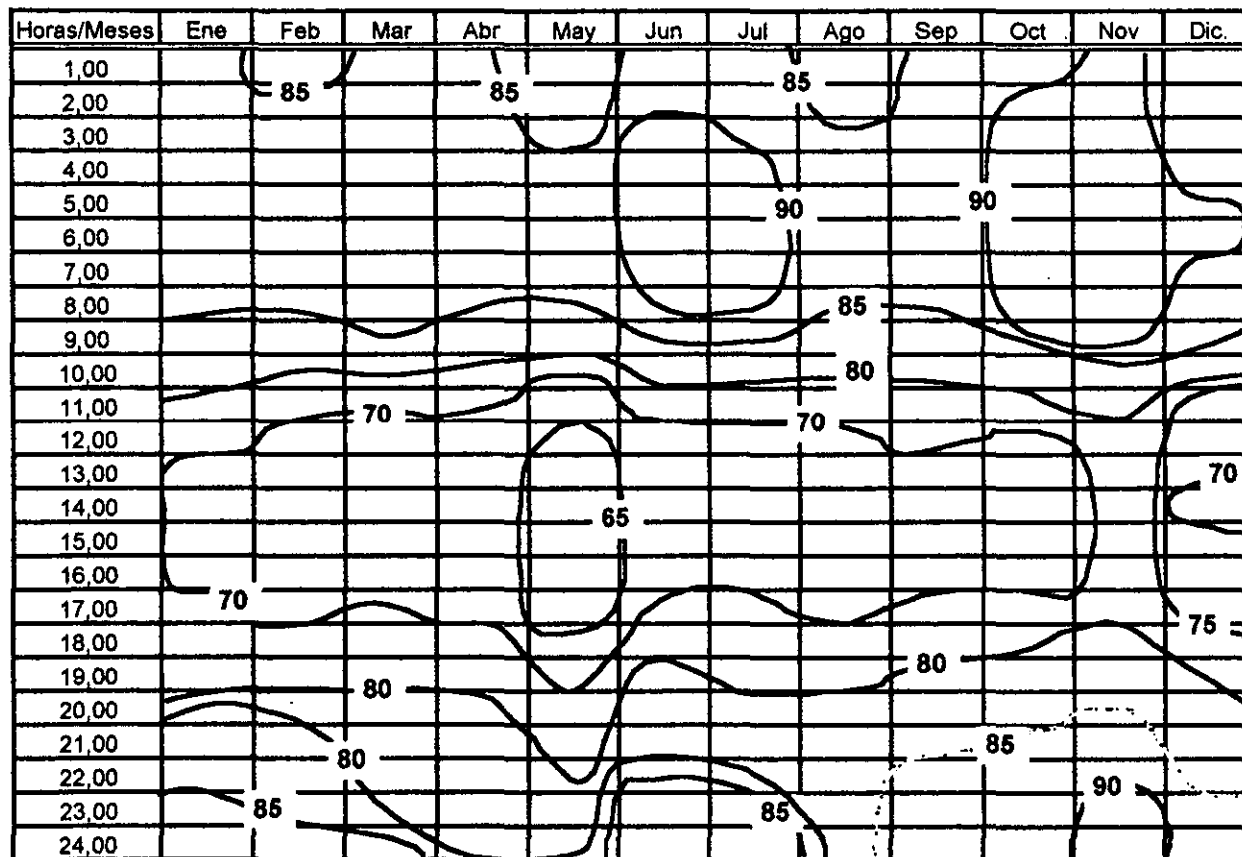
TABLA 7
HUMEDAD RELATIVA, PROMEDIO MENSUAL (EN %)

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Hum. Relativa	81,90	81,40	81,20	80,20	81,50	81,50	81,30	82,20	82,90	84,20	84,60	82,20



Fuente: Observatorio de la Oficina Nacional de Meteorología de Santo Domingo. Sto. Dgo., Rep. Dom. 1989-1999.

GRAFICA 4
ISOHIGRAS PARA LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO



————— Líneas de igual humedad

• RADIACIÓN SOLAR

**Los datos de Radiación Solar Global presentados a continuación fueron procesados por la sustentante y están basados en el método que utiliza la Gráfica Solar para la latitud indicada y la Mascarilla de Radiación que permiten obtener el valor en W/m^2 de irradiancia que llega a cada hora en cada mes. Los

datos obtenidos corresponden por lo tanto, a los días 21 de cada mes (Cfr. Víctor Olgay. *Op. cit.* Pp.36-38.).

Los valores promedio obtenidos oscilan entre $0,91 MJ/m^2$ como mínimo en el mes de Diciembre y $1,76 MJ/m^2$ de radiación como máximo en el mes de Junio.

TABLA 8
RADIACIÓN SOLAR GLOBAL DIARIA, PROMEDIO MENSUAL SOBRE PLANO HORIZONTAL (EN MJ/m^2)

Horas/Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
6,00	0,00	0,00	0,04	0,07	0,11	0,14	0,11	0,07	0,04	0,00	0,00	0,00
7,00	0,18	0,25	0,32	0,36	0,47	0,54	0,47	0,36	0,32	0,25	0,18	0,14
8,00	0,47	0,72	1,04	1,10	1,13	1,15	1,13	1,10	1,04	0,72	0,47	0,43
9,00	1,12	1,35	1,62	1,87	1,89	1,98	1,89	1,87	1,62	1,35	1,12	1,04
10,00	1,58	1,94	2,30	2,52	2,57	2,61	2,57	2,52	2,30	1,94	1,58	1,46
11,00	1,87	2,41	2,79	3,20	3,24	3,26	3,24	3,20	2,79	2,41	1,87	1,82
12,00	2,03	2,57	3,06	3,46	3,60	3,56	3,60	3,46	3,06	2,57	2,03	1,98
13,00	1,87	2,41	2,79	3,20	3,24	3,26	3,24	3,20	2,79	2,41	1,87	1,82
14,00	1,58	1,94	2,30	2,52	2,57	2,61	2,57	2,52	2,30	1,94	1,58	1,46
15,00	1,12	1,35	1,62	1,87	1,89	1,98	1,89	1,87	1,62	1,35	1,12	1,04
16,00	0,45	0,72	1,04	1,10	1,13	1,15	1,13	1,10	1,04	0,72	0,45	0,43
17,00	0,18	0,25	0,32	0,36	0,47	0,54	0,47	0,36	0,32	0,25	0,18	0,14
18,00	0,00	0,00	0,04	0,07	0,11	0,14	0,11	0,07	0,04	0,00	0,00	0,00
Prom. Mens.	0,96	1,23	1,48	1,67	1,73	1,76	1,73	1,67	1,48	1,23	0,96	0,91

Fuente: Método Gráfico Mascarilla de Radiación.

En cuanto a la radiación por fachadas, las mayores incidencias solares se tienen en la cubierta horizontal, sobre todo en los meses de verano; la menor incidencia aparece entre el mes de Diciembre con valor de 0,91 MJ/m². En la fachada Norte, los períodos de insolación están presentes para esta ciudad en los meses de Abril a Agosto con máximas en el mes de Junio con 0,53 MJ /m². La fachada Sur, en cambio, recibe insolación en casi todo el año, en los meses de Enero a Abril y de Agosto a Diciembre, presentando las máximas incidencias en los meses de Noviembre y Enero con 0,1,25 MJ /m². Durante los meses de Mayo, Junio y Julio esta fachada no recibe insolación pues como vimos, ésta se encuentra presente en la fachada Norte. Las fachadas Este y Oeste reciben insolación durante todo el año en horas de 6:00 a 11:00hrs. y de 13:00 a 18:00hrs. respectivamente. Las máximas aparecen en los meses de Abril a

Agosto entre 1,51 y 1,53 0,53 MJ /m² descendiendo lentamente hacia los meses restantes.

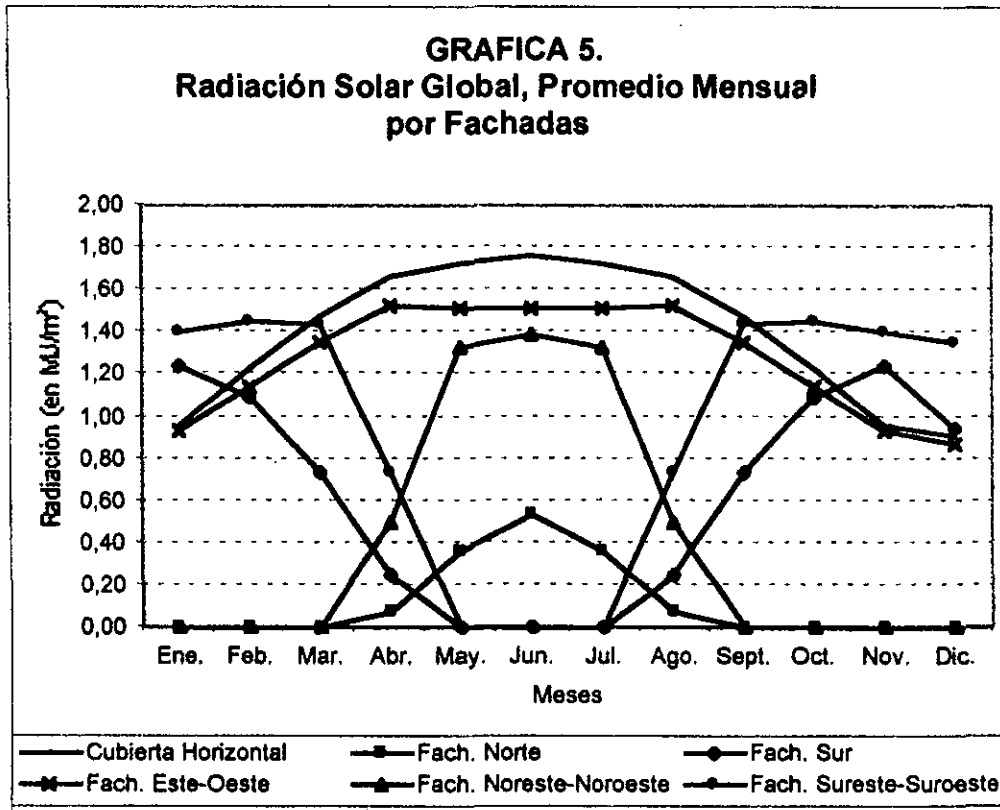
Las fachadas en orientaciones intermedias (NE, NW, SE y SW) presentan sus períodos de máximas y mínimas igual que las fachadas respectivas, Norte y Sur, y con una proporción y distribución mañana-tarde, en correspondencia con las otras dos fachadas, Este y Oeste. En consecuencia, las fachadas NorEste y NorOeste presentan insolación en los Meses de Abril a Agosto con una máxima en Junio de 1,39 MJ /m² y durante todo el día (mañanas y tardes según sea el caso). Las fachadas SurEste y SurOeste, en su caso, reciben insolación todo el día en los meses de Enero a Abril y de Agosto a Diciembre, con valores entre 0,53 MJ /m² y 1,46 MJ /m².

TABLA 9
RADIACIÓN SOLAR GLOBAL, PROMEDIO MENSUAL POR FACHADAS (EN MJ/m²)

Meses	Cubierta horizontal	Fach. Norte	Fach. Sur	Fach. Este-Oeste	Fach. Noreste-Noroeste	Fach. Sureste-Suroeste
Ene.	0,96	0,00	1,25	0,93	0,00	1,40
Feb.	1,23	0,00	1,09	1,15	0,00	1,46
Mar.	1,48	0,00	0,74	1,35	0,00	1,45
Abr.	1,67	0,07	0,25	1,53	0,50	0,73
May.	1,73	0,37	0,00	1,51	1,33	0,00
Jun.	1,76	0,53	0,00	1,51	1,39	0,00
Jul.	1,73	0,37	0,00	1,51	1,33	0,00
Ago.	1,67	0,07	0,25	1,53	0,50	0,73
Sept.	1,48	0,00	0,74	1,35	0,00	1,45
Oct.	1,23	0,00	1,09	1,15	0,00	1,46
Nov.	0,96	0,00	1,25	0,93	0,00	1,40
Dic.	0,91	0,00	0,95	0,87	0,00	1,35

Fuente: Método Gráfico de Mascarilla de Radiación y Método numérico Ashrae

GRAFICA 5.
Radiación Solar Global, Promedio Mensual
por Fachadas



Fuente: Método Gráfico de Mascarilla de Radiación y Método numérico Ashrae

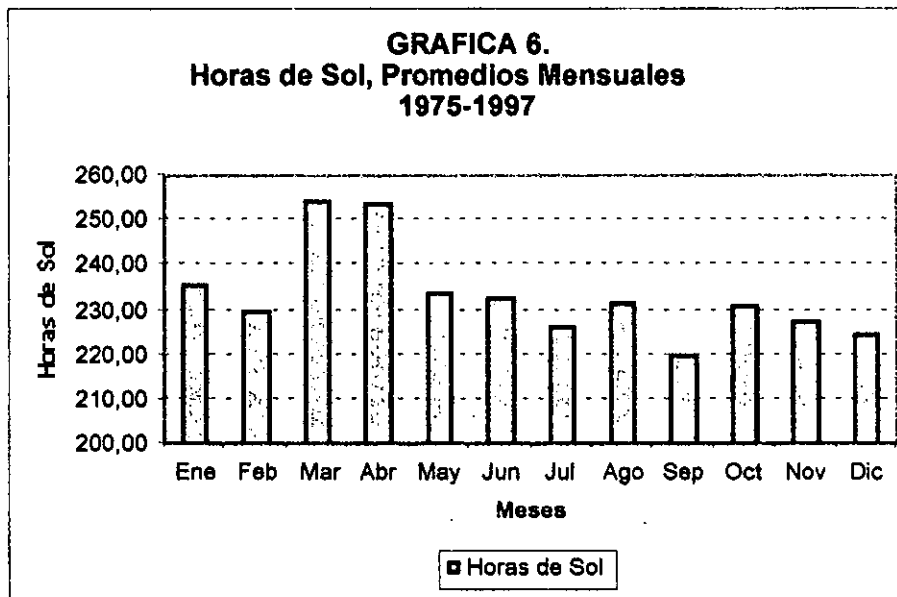
• **SOLEAMIENTO**

La insolación promedio anual se eleva por encima de las 2,500 horas con cantidad máxima promedio en los meses de Marzo y Abril con 254 horas promedio de sol mensual (69%) y la mínima promedio en el mes de Septiembre con 220 horas de sol mensual (60%). En correspondencia y como veremos más adelante, durante el mes de Septiembre, generalmente aparecen los

índices más elevados de precipitaciones y por lo mismo de nubosidad, lo que reduce la incidencia de radiación. El clima es soleado en un 65% de la media total anual. Estos datos se obtuvieron en mediciones desde 1975 a 1997, año en que se dejó de medir horas de sol en la Estación Santo Domingo de la Provincia Distrito Nacional.

TABLA 10
HORAS DE SOL, PROMEDIO MENSUAL (EN HORAS)

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Horas	235	230	254	254	234	232	226	232	220	231	228	224



Fuente: Observatorio de la Oficina Nacional de Meteorología de Santo Domingo. Sto. Dgo., Rep. Dom. 1975-1997.

• **VIENTOS.**

Como es sabido, el factor viento puede presentar un alto porcentaje de variabilidad a cada instante (tanto en dirección como en velocidad). Es por ello que puede parecer incongruente hablar de *promedios* basándose en ciertas mediciones. No obstante, en condiciones normales, por lo general su comportamiento establece un claro patrón de incidencia que bien puede tomarse como condición repetitiva y frecuente. Para los fines que nos ocupan este ritmo de frecuencias tiene relevancia sobre las variaciones momentáneas que puedan acontecer, no refiriendo con ello que estas últimas carezcan de importancia.

En términos generales puede decirse que en Santo Domingo el movimiento de los vientos es tierra-mar durante las noches y las mañanas y mar-tierra durante el día, en las tardes, condición que queda expresamente definida por el

diferencial entre las masas de agua y tierra. Este cambio se da a través del Este y en contraposición, la zona más desfavorable con relación a la incidencia de los vientos es la opuesta, el Oeste. En el año de 1998, mismo en que se produjo el huracán Georges, se registraron alteraciones en este patrón de vientos; en los meses de invierno y primavera predominó durante todo el día las direcciones N-NNE-NE; en verano y otoño, en cambio, sí continúan las condiciones predominantes, N-NE en las mañanas y noches y S-SE en las tardes.

En los datos promediados de 1989-1999 la dirección promedio predominante del viento es Norte. Las flechas graficadas indican la dirección de las cuales provienen los vientos.

TABLA 11
DIRECCIÓN PREDOMINANTE DEL VIENTO, PROMEDIO MENSUAL

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Dirección Mañana	↙	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Dirección Tarde	↘	↘	↘	↘	↗	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘
Dirección Noche	↙	↙	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

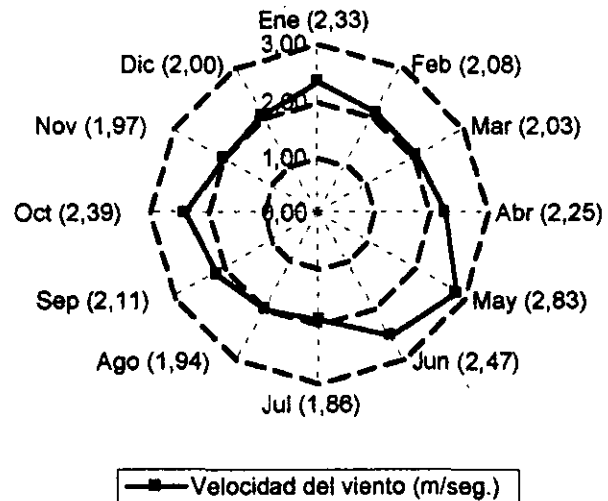
Fuente: Observatorio de la Oficina Nacional de Meteorología de Santo Domingo. Sto. Dgo., Rep. Dom. 1989-1999.

TABLA 12
VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO, PROMEDIO MENSUAL (EN m/s)

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Vel. Prom.	2,33	2,08	2,03	2,25	2,83	2,47	1,86	1,94	2,11	2,39	1,97	2,00

Fuente: Observatorio de la Oficina Nacional de Meteorología de Santo Domingo. Sto. Dgo., Rep. Dom. 1989-1999.

GRAFICA 7.
Velocidad de viento, Promedio Mensual (m/s)
1989-1999



Fuente: Observatorio de la Oficina Nacional de Meteorología de Santo Domingo. Sto. Dgo., Rep. Dom. 1989-1999.

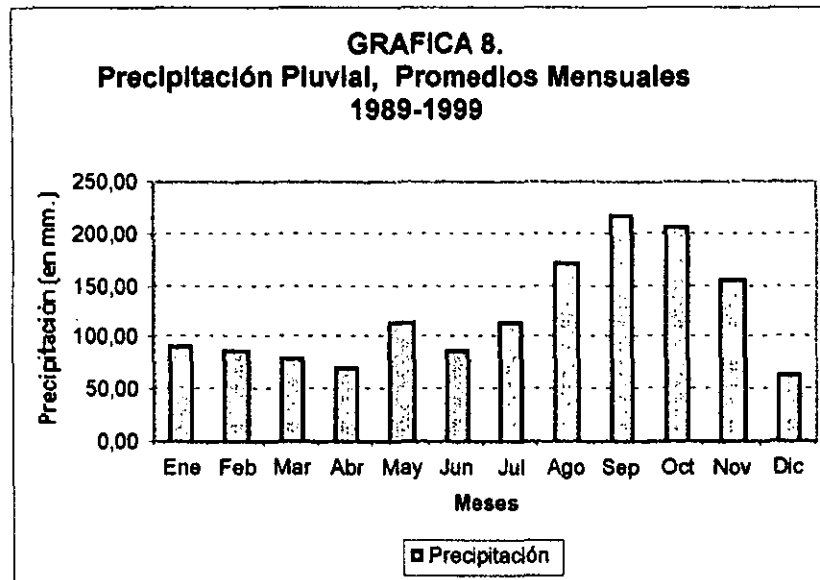
• **PRECIPITACIONES.**

El total anual de precipitaciones en la década 1989-1999, se encuentra cerca de los 1,500mm. para la ciudad de Santo Domingo. En el año de 1998 se elevó a más de 1,900mm. como consecuencia del huracán Georges que tuvo lugar en el mes de Septiembre de este año dejando un total mensual de 594mm., siendo que el promedio para este mes oscila normalmente entre 100 y 280mm. Exceptuando esta particularidad, los meses con mayor precipitación son los comprendidos entre Mayo y Noviembre. Los registros mínimos corresponden al

mes de Diciembre con un total de 64.5 mm. y el mayor a Septiembre con 217.1mm. La precipitación mínima extrema medida en un período de 24 hrs. se registró el 21 de marzo de 1946 con 96.5mm. de agua; la máxima extrema en 24 hrs. se registró el 22 de septiembre de 1998 con 409.3mm. de agua. *En conjunción con la Humedad Relativa, las precipitaciones definen el clima de Santo Domingo como **húmedo**. Uniendo la temperatura, queda claro que se trata de un clima **cálido húmedo**.*

TABLA 13
PRECIPITACIÓN PLUVIAL, PROMEDIO MENSUAL (EN mm)

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Media Anual
Precip.	91,80	87,60	80,10	71,40	114,90	86,20	115,20	171,30	217,10	207,20	156,10	64,50	1.463,40



Fuente: Observatorio de la Oficina Nacional de Meteorología de Santo Domingo. Sto. Dgo., Rep. Dom. 1989-1999.

• FENÓMENOS ESPECIALES: CICLONES.

El área del Caribe se encuentra en una zona de baja presión donde el aire de las zonas de alta presión baja a ocupar el vacío dejado por las altas temperaturas de los trópicos.

Durante los últimos 100 años la República Dominicana se ha visto afectada por 140 ciclones tropicales de los cuales 43 han sido huracanes (con vientos de 117km/h. o más), mismos que se han hecho presentes en las costas de la ciudad de Santo Domingo que se encuentra en la ruta típica de los ciclones

(SE-NW). Se pone en evidencia que, aún cuando la temporada ciclónica se extiende desde Junio hasta Octubre, los meses en que reincidentemente se han presentado estos fenómenos son Agosto y Septiembre.

Debido al gran número de estos fenómenos que ha incidido en el país, el listado que presentamos a continuación es el que se tiene registrado en la Oficina Nacional de Meteorología de Santo Domingo por la importancia que éstos han representado.

TABLA 14
LISTADO DE CICLONES PRESENTES EN REPÚBLICA DOMINICANA (1900 - A LA FECHA)

Tormentas Tropicales/ Huracanes	Intensidad	Fecha	Vientos Máximos (Km/hr.)
San Zenón	Huracán	Septiembre 1930	> 200
Baker	Tormenta Tropical	Agosto 1950	> 63 < 118
Charlie	Tormenta Tropical	Septiembre 1952	100
Katie	Huracán	Octubre 1955	125
Gerda	Tormenta Tropical	Septiembre 1958	90
Frances	Tormenta Tropical	Septiembre 1961	100
Edith	Huracán	Septiembre 1963	160
Inés	Huracán	Septiembre 1966	240
Beulah	Huracán	Septiembre 1967	225
Eloise	Tormenta Tropical	Septiembre 1975	90
David	Huracán	Agosto 1979	> 249
Frederic	Tormenta Tropical	Septiembre 1979	100
Emily	Huracán	Septiembre 1987	150
Cindy	Tormenta Tropical	Agosto 1993	64
Hortense	Huracán	Septiembre 1996	148
Georges	Huracán	Septiembre 1998	195

Fuente: Observatorio de la Oficina Nacional de Meteorología de Santo Domingo. Sto. Dgo., Rep. Dom. 1900-a la fecha..

• SINTESIS DEL BIOCLIMA

- Temperatura Mínima Promedio: 22,0°C.
- Temperatura Media Promedio: 26,5°C.
- Temperatura Máxima Promedio: 31,0°C.
- Oscilación Térmica Promedio: 9,0°C.
- Humedad Relativa Media Promedio: 82%.
- Precipitación Total Anual Promedio: 1,270,08mm.
- Vientos dominantes:
 - mañanas y noches N-NE.
 - tardes S-SE.
- Temporadas estacionales:
 - cálido-húmedo todo el año.
 - temporada de huracanes.

2.2. CONDICIONES DE CONFORT

2.2.1. CONCEPTOS GENERALES

El término *Confort* es un anglicismo adoptado para enunciar el concepto de *comodidad*. En esta investigación se utilizarán indistintamente ambos términos, significando con ellos el mismo concepto. Las condiciones de *comodidad* se obtienen cuando se produce una descarga de calor a una cierta rapidez que permite mantener la temperatura corporal entre 36.5°C y 37.5°C con el mínimo esfuerzo, permitiendo el desarrollo del trabajo fisiológico en óptimas condiciones³⁶.

³⁶D.A. Sámano, D. Morales y D. Morillón. "Aspectos Bioclimáticos en el diseño de edificios confortables de máxima eficiencia energética". Notas del curso de actualización de Energía Solar 1998. Centro de Investigación en Energía, Temixco, Morelos. C.I.E., U.N.A.M. y Posgrado en Energía Solar. 1998. Pg. 234.

2.2.2. CONFORT TÉRMICO

El *confort térmico* está dado por la combinación de varios factores. De acuerdo a la mayoría de los autores existen cuatro variables microclimáticas básicas a considerar en el alcance de este confort:

- Radiación solar
- Temperatura del aire
- Movimiento del aire
- Humedad

A éstas debemos añadir otras tantas de carácter más individual y subjetivo pero que igualmente influyen en esta comodidad. Estas son:

- Actividad desarrollada
- Vestimenta
- Valores individuales (edad, sexo, educación, localización geográfica, capacidad de adaptación, entre otras).

Cada uno de estos parámetros tiene una incidencia directa en los restantes y todos en conjunto definen el confort de un ambiente. La radiación solar, por ejemplo, produce incrementos en los materiales o en la sensación de los usuarios; el movimiento de aire, dependiendo de sus características, podrá disipar el calor del cuerpo humano por medio de convección y de evaporación que a su vez irá en favor de una disminución de la humedad.

Por otro lado, la actividad que se desarrolle y la vestimenta que se utilice en un momento u otro irán produciendo variaciones en el proceso de intercambio de calor del cuerpo humano y su entorno. El ASHRAE Handbook of Fundamentals ha elaborado una serie de tablas que sugieren valores en MET³⁷ y CLO³⁸ para

³⁷MET, es la unidad que se emplea para asignar el valor de la cantidad de energía que se emplea en el desarrollo de un trabajo. 1 MET = 58,2 W/m² ó 50 Kcal/hm². ASHRAE Handbook of Fundamentals. 1981. Pg. 8.11

actividades y vestimentas. De estas tablas se han tomado las vestimentas y las actividades que actualmente nos ocupan.

La zona de confort aparece definida por Olgay como "...aquella bajo cuyas condiciones el hombre logra adaptarse a su entorno empleando un mínimo de energía. Aquella en la cual no se produce un sentimiento de incomodidad...El perímetro de esta zona vendrá definido por aquellas condiciones en las cuales una persona media no experimente sensaciones de incomodidad..."³⁹

2.2.3. DEFINICIÓN DEL RANGO DE CONFORT PARA LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO, D.N.

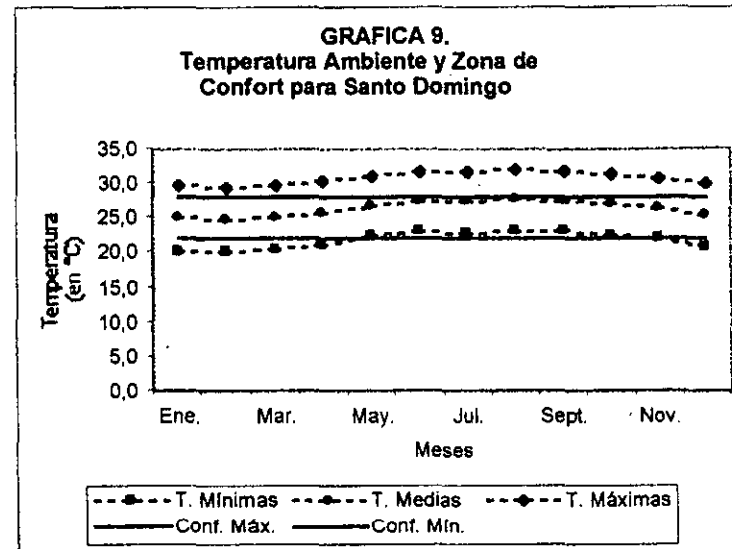
A continuación se determinan los rangos de confort para la localidad de estudio de manera que pueda establecerse en qué épocas del año se está o no dentro de estos límites de comodidad. Este rango de confort se ha establecido siguiendo la ecuación (1) de Szokolay (Cap. I) para determinar el mismo. Teniendo los datos de Temperatura Media Promedio Mensual tomados en la Estación Santo Domingo y suministrados por el Observatorio Santo Domingo, se obtuvieron los siguientes rangos de confort:

**TABLA 15
RANGOS DE CONFORT PARA LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO**

Rangos de Confort	Promedio Anual
Máximo	27.50°C
Medio	25.00°C
Mínimo	22.50°C

³⁸CLO, es la unidad que se emplea para medir la resistencia térmica de la tela que conforma la vestimenta así como la distribución de esta resistencia en el cuerpo. 1 CLO = traje de negocios típico = 0,155 m²C/W. Cfr. ASHRAE Handbook of Fundamentals. 1981. Op.cit.

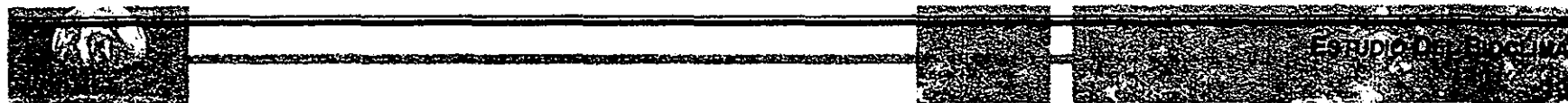
³⁹Victor Olgay. Op. Cit. Pp. 15 y 18.



Rangos de Confort obtenidos según la ecuación del Termopreferéndum de Szokolay. (Ver Capítulo I).

En el comportamiento de las temperaturas con relación al rango de confort se puede ver que las temperaturas máximas siempre se encuentran fuera del rango de confort determinado. Tomando "radicalmente" para el concepto de frío⁴⁰ a las temperaturas inferiores a los 22.50°C, las mínimas, desde Mayo hasta Noviembre, se encuentran dentro de los límites de confort; los meses restantes se consideran fuera de la comodidad por unas pequeñas diferencias nunca superiores a los 2.0°C. Las medias, a lo largo del año sí se encuentran

⁴⁰Con el fin de mantener una congruencia con el procedimiento desarrollado, toda temperatura inferior a los 22.50°C será considerada como área de "frío". No obstante y debido a las condiciones cálidas del clima en cuestión, ésta podrá ser considerada como una condición subjetiva ya que las variaciones por debajo de este límite no son mayores a los 2.00°C manteniendo cierta estabilidad en torno a los 20.00°C en las épocas más frías.



en este rango, y en períodos calurosos como Agosto y Septiembre llegan muy cerca del tope máximo del mismo (Gráfica 9). Porcentajes correspondientes:

- Frío: 49 horas (17,5%)
- Confort y calor: 234horas (82,5%)

Las condiciones de *frío* son mínimas y se concentran en los meses de Diciembre a Abril. El resto del año las condiciones son de *confort* en las noches y primeras horas de la mañana y de *calor* en las horas restantes del día (Ver Tabla 15. Diagrama de Isorequerimientos Horarios).

2.3. ANALISIS DEL BIOCLIMA

Una vez definido el rango de confort siguiendo la ecuación de Szokolay, para el análisis bioclimático de la ciudad de Santo Domingo se emplearon la Carta Bioclimática y el Ábaco Psicrométrico, de Olgay y Givoni, respectivamente.

La carta bioclimática de Olgay fue construida con la humedad relativa (HR) en el eje de las abscisas y con la temperatura de bulbo seco (TBS) en el eje de las ordenadas, por lo que cualquier condición climática que esté definida por este par de variables puede ser graficada en esta carta. Si el punto indicado se encuentra dentro de la zona de confort, éste se dará a la sombra; en caso contrario, será necesario la aplicación de métodos correctivos (Fig. 1).

El ábaco de Givoni se ha estructurado tomando en el eje de las abscisas, la temperatura de bulbo seco (TBS); en el de las ordenadas, la presión de vapor. En las curvas aparece representada la humedad relativa (HR) y sobre la curva correspondiente a la saturación absoluta (100% de HR), se encuentra la temperatura de bulbo húmedo (TBH). Igualmente si el punto indicado se encuentra dentro de la zona de comodidad, se dará confort a la sombra; en caso contrario, también será necesario la aplicación de métodos correctivos (Fig. 2).

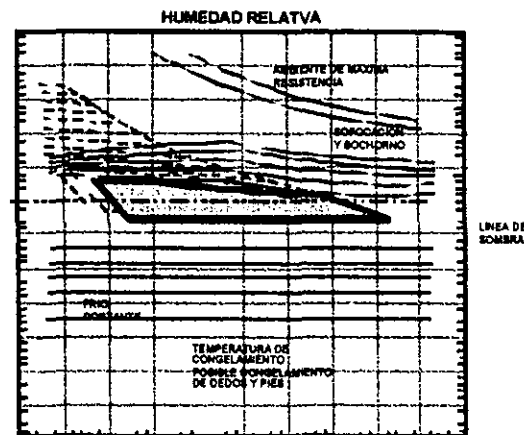


Fig.1. Carta Bioclimática de Olgay. Gráfica según el diagrama de Olgay en *Arquitectura y Clima, Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*. Víctor Olgay. Pg. 22. Se adecuaron las temperaturas al rango de confort para la localidad evaluada. (22,5°C-27,5°C).

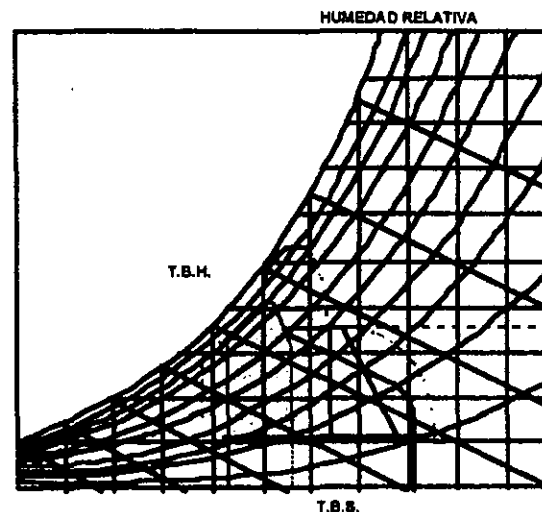


Fig.2. Ábaco Psicrométrico de Givoni.

En ambos casos las medidas correctivas se sintetizan en:

- VENTILACIÓN NATURAL. Si el punto cae por encima del perímetro superior de la franja de confort con temperaturas y humedad relativa altas, hace falta viento que desplace las altas temperaturas recuperando la sensación de confort (en Fig. 1 y 2).
- En caso de que nos encontremos igual que en la primera condición pero con humedad relativa muy baja, la medida correctiva será incrementar los cm^3 de humedad por cada kg. de aire. Es el ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO (en Fig. 1 y 2).
- Si se producen oscilaciones diarias muy amplias, la medida correctiva es el empleo de una MASA TÉRMICA que permita el retardo al paso del calor reduciendo así estas variaciones radicales de temperatura (en Fig. 1 y 2).
- Si por el contrario el punto indicado se encuentra por debajo de la línea de sombra, se requiere entonces incrementar la RADIACIÓN SOLAR para conterrestar las temperaturas tan bajas (en Fig. 1 y 2).

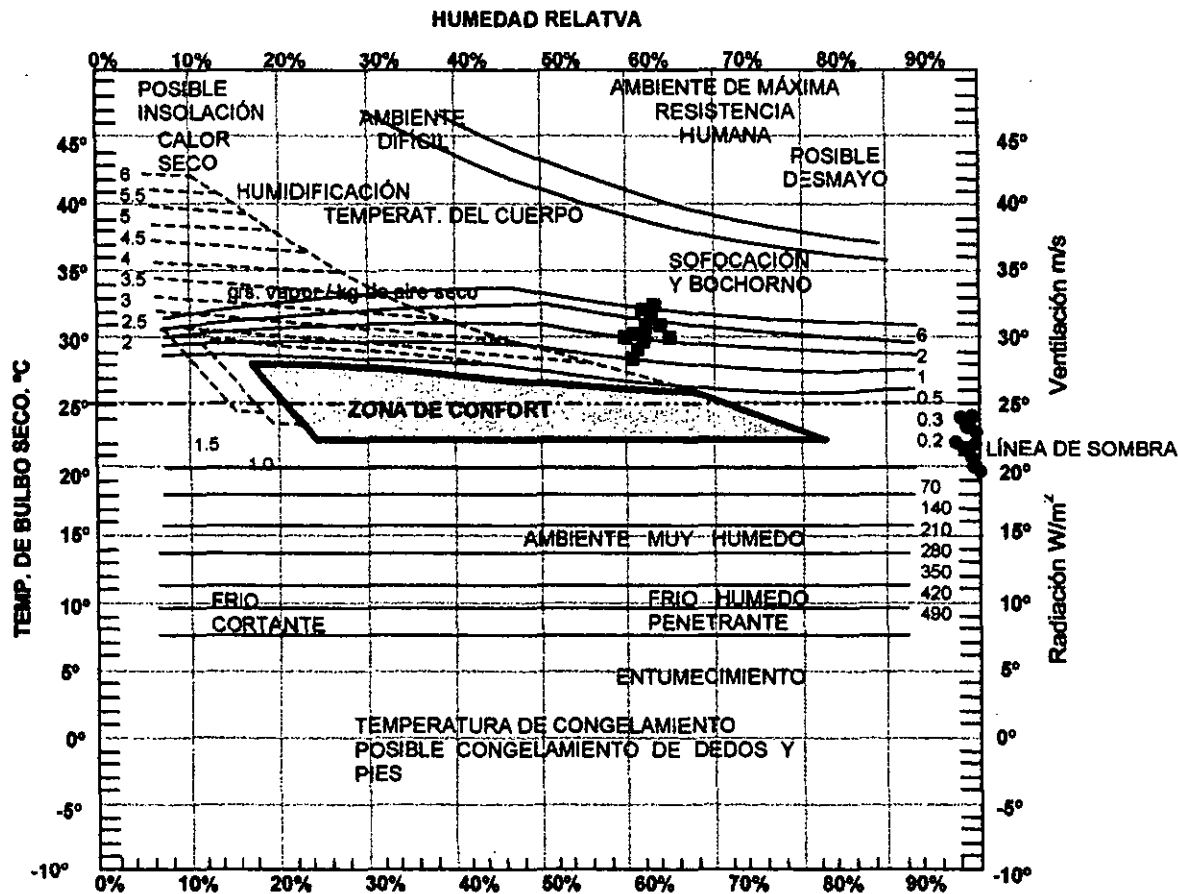
La zona de confort indicada es la obtenida en el punto 2.2.3. quedando establecida para la Temperatura Ambiente un rango de 22.50°C a 27.50°C con una Humedad Relativa entre 30% y 80%. Los datos utilizados presentan un registro de Temperatura Mínima y Humedad Relativa Máxima a las 6:00hrs. y Temperatura Máxima y Humedad Relativa Mínima a las 14:00hrs. Estas gráficas presentan datos promedios anuales (Gráficas 10 y 11) así como detalle con relación a los meses más frío (febrero) y más cálido (agosto) (Gráficas 10-A, 10-B y 11-A, 11-B).

Por otro lado, se ha estructurado un *Diagrama de Isorequerimientos Horarios* (Tabla 16) el cual permite una rápida visualización de las condiciones térmicas horarias durante todo el año, las horas en que se deberá permitir el paso del sol al interior y aquellas en que deberá proporcionarse protección de la radiación solar. En el eje de las abscisas se encuentran indicados los meses del año, en las ordenadas, las horas del día. Las zonas sombreadas en gris claro

corresponden a las áreas de frío; las zonas en blanco a la zona de confort y las sombreadas en gris oscuro a las zonas de calor fuera del límite calculado. En la primera de estas condiciones debe permitirse el paso de la radiación solar a fin de elevar la temperatura en el interior del edificio; en las dos últimas consideraciones deben proveerse protecciones solares que minimicen las ganancias térmicas.

Los datos obtenidos de este Diagrama de Isorequerimientos Horarios son trasladados a dos gráficas solares de tipo equidistante (una para cada semestre del año, Gráficas 12 y 13) en las cuales se evalúa la efectividad de los elementos de protección solar en esta ciudad. Se presta una especial atención al estudio solar puesto que es, para el caso de Santo Domingo, un factor importante que debemos controlar para proporcionar mayor confort.

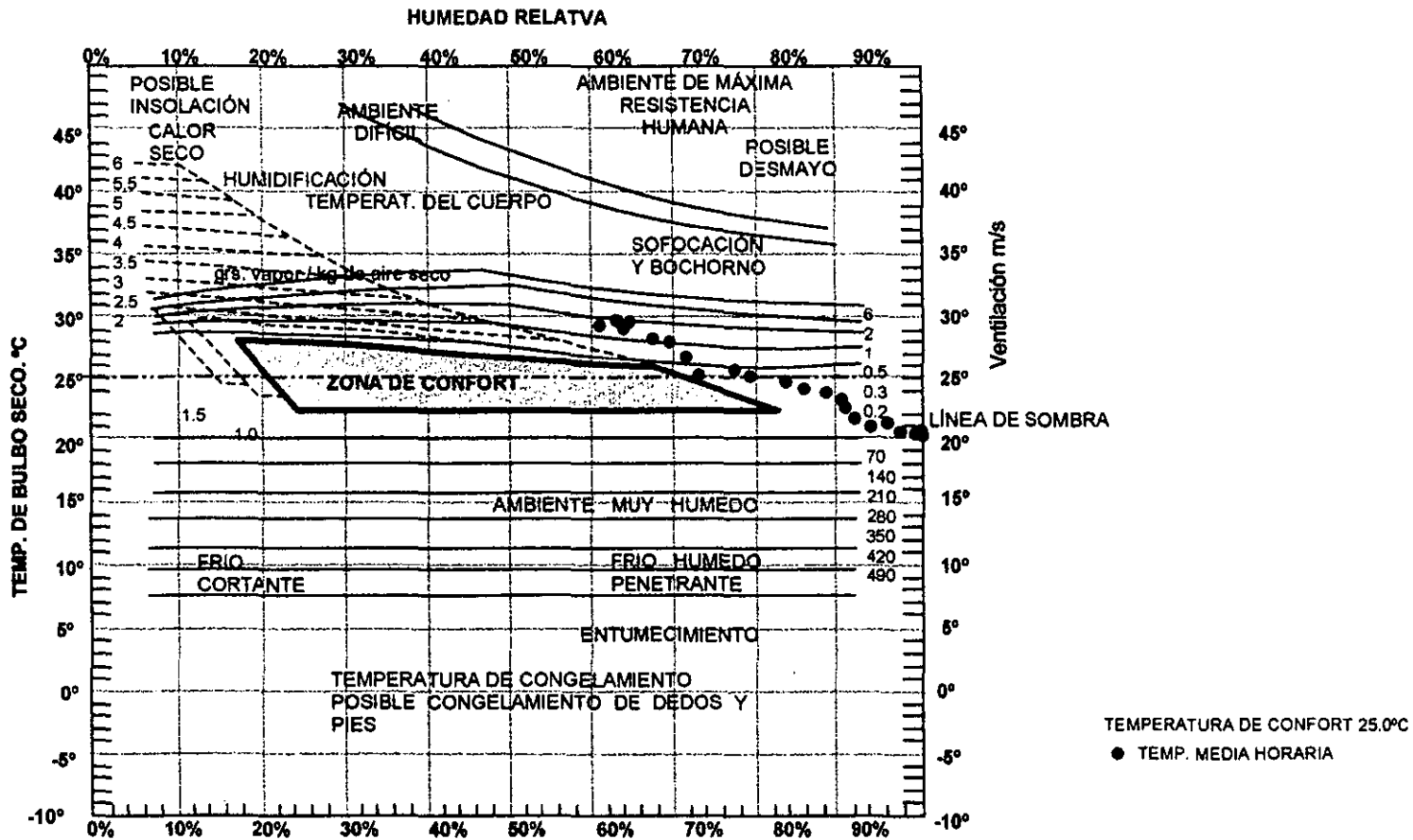
GRÁFICA 10.
CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGYAY PARA SANTO DOMINGO, D.N.



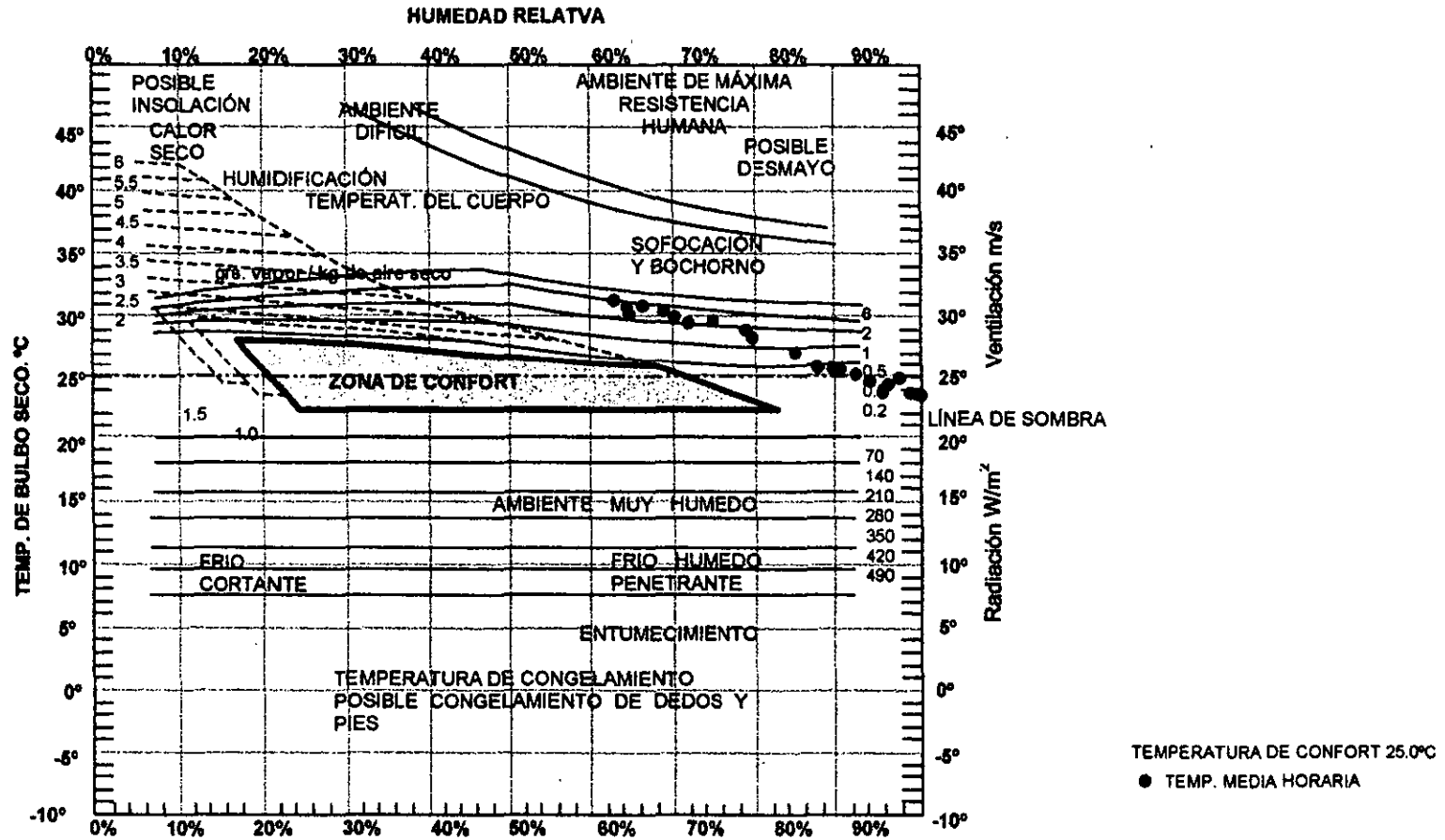
TEMPERATURA DE CONFORT 25.0°C

- MINIMAS
- MAXIMAS

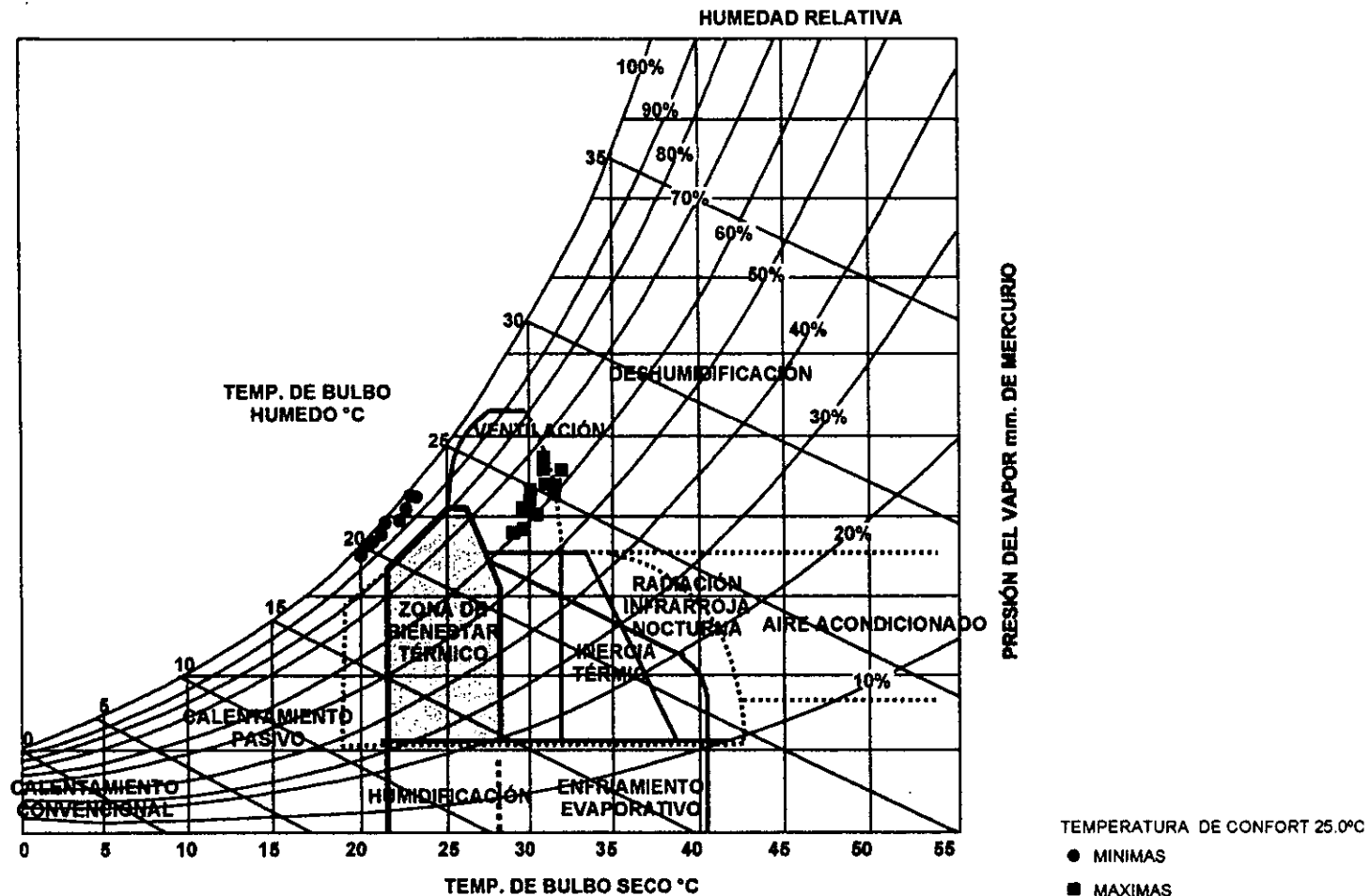
GRÁFICA 10-A.
 CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGYAY PARA SANTO DOMINGO, D.N.
 MES MÁS FRÍO: FEBRERO.
 TEMPERATURA MEDIA: 24,1°C



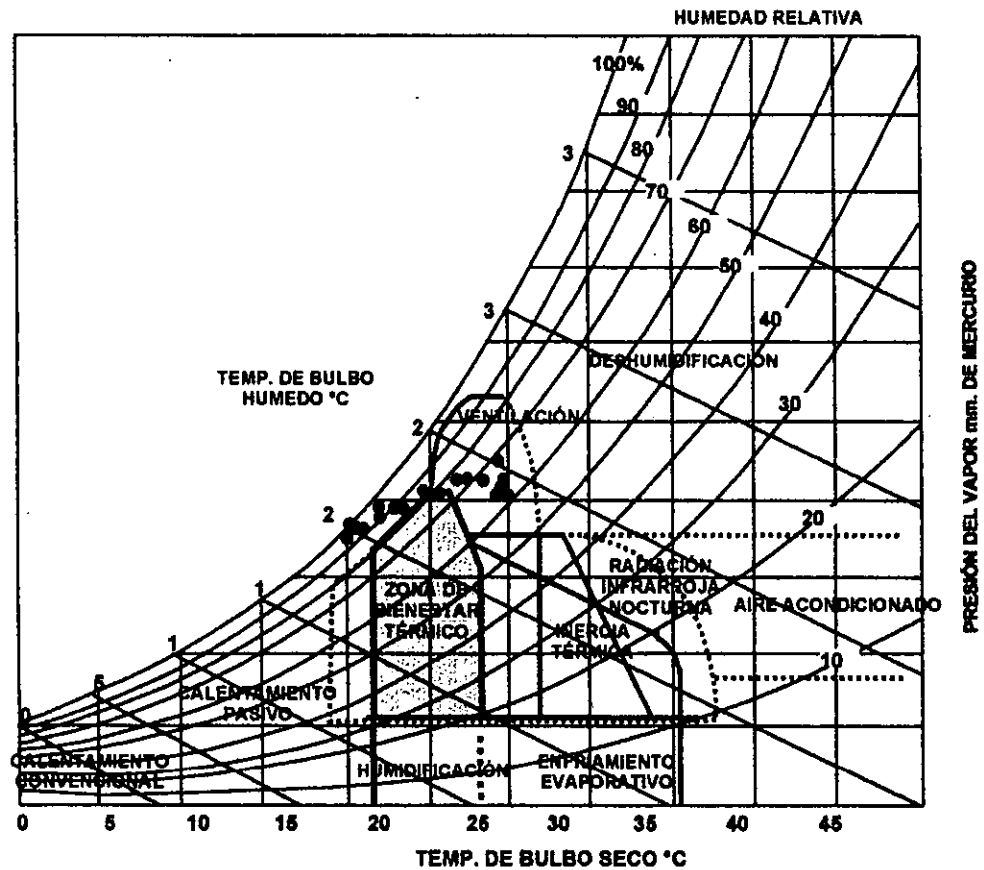
GRÁFICA 10-B.
CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGYAY PARA SANTO DOMINGO, D.N.
MES MÁS CÁLIDO: AGOSTO.
TEMPERATURA MEDIA: 27,0°C



GRÁFICA 11.
ÁBACO PSICROMÉTRICO DE GIVONI PARA SANTO DOMINGO, D.N.



GRÁFICA 11-A.
 ÁBACO PSICROMÉTRICO DE GIVONI PARA SANTO DOMINGO, D.N.
 MES MÁS FRÍO: FEBRERO.
 TEMPERATURA MEDIA: 24,1°C



TEMPERATURA DE CONFORT 25.0°C

● TEMP. MEDIA HORARIA

GRÁFICA 11-B.
 ÁBACO PSICROMÉTRICO DE GIVONI PARA SANTO DOMINGO, D.N.
 MES MÁS CÁLIDO: AGOSTO.
 TEMPERATURA MEDIA: 27,0°C

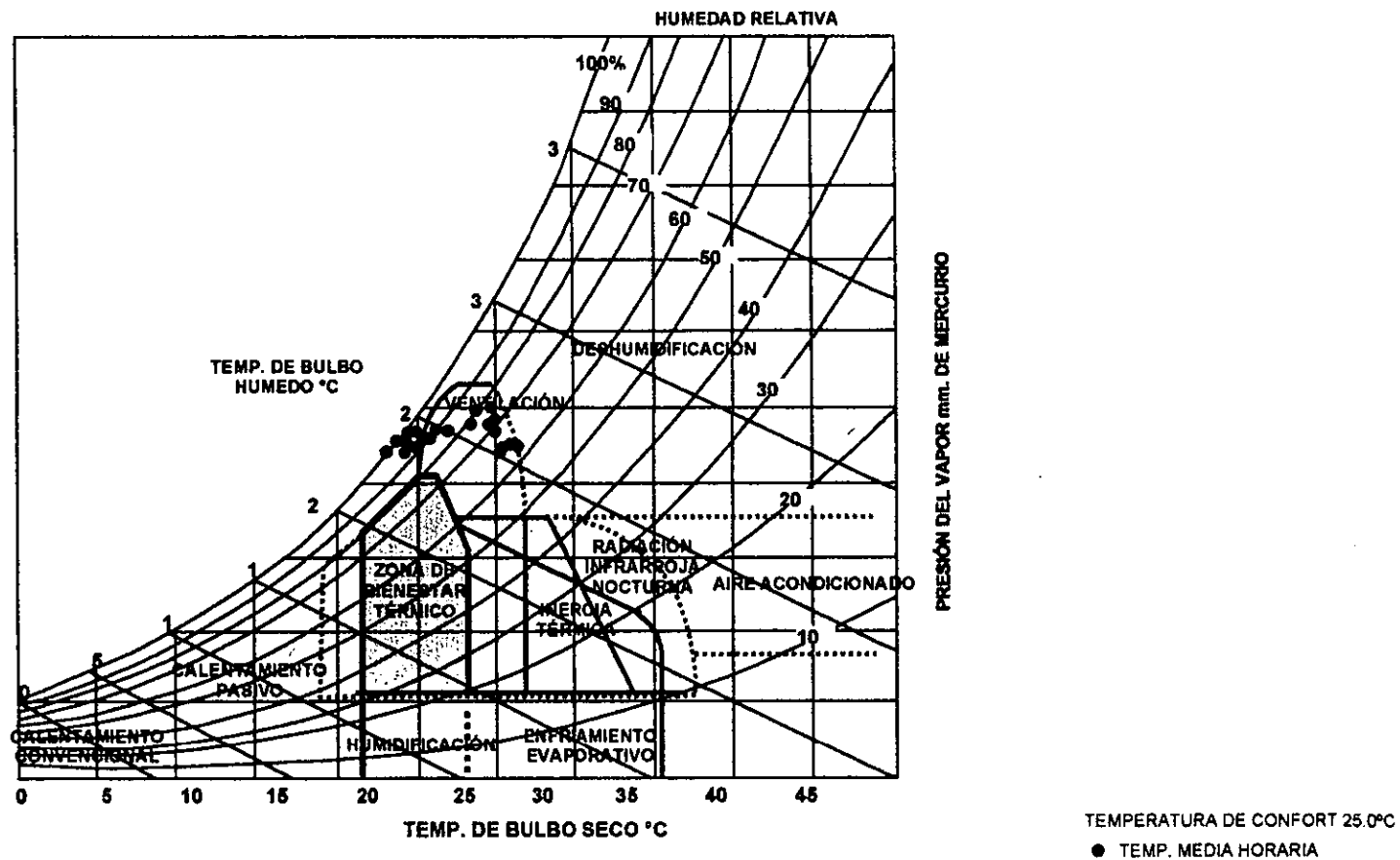


TABLA 16.
DIAGRAMA DE ISOREQUERIMIENTOS HORARIOS PARA SANTO DOMINGO, D.N.

Meses/Horas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic.
1,00												
2,00												
3,00												
4,00												
5,00												
6,00												
7,00												
8,00												
9,00												
10,00												
11,00												
12,00												
13,00												
14,00												
15,00												
16,00												
17,00												
18,00												
19,00												
20,00												
21,00												
22,00												
23,00												
24,00												

Condición
Requiere

Frío (22.5°C-↵)
Calentar

Confort (22.5-28.5°C)
Ventilar

Calor (28.5°C-↗)
Ventilar y Deshumidificar

TABLA 17.
CLIMA ESTACIONAL

Temporada	Característica	Duración	Oscilación Térmica	H.R. Promedio	Precipitación Promedio	Condiciones del cielo	Fenómenos Especiales	Confort Térmico
Cálido Húmedo	Cálido Húmedo	Todo el año	8,5 °C en Verano 9,5 °C en Invierno	82%	120,0 mm.	Despejado a medio nublado	Fuertes lluvias ocasionales. De Dic a Abr noches frescas	Presente de Dic a Abr en las mañanas hasta el mediodía y primeras horas de la noche. De May a Nov en las noches y hasta media mañana
Temporada de huracanes	Cálido-húmedo con huracanes	Junio a Octubre	8,4 °C	84%	200 mm.	Despejado en las mañanas, medio nublado a nublado en las tardes	Lluvias torrenciales y huracanes	Presente en las noches y hasta media mañana

2.3.1. ESTUDIO SOLAR PARA SANTO DOMINGO, DISTRITO NACIONAL

Debido al alto índice de radiación solar durante todas las épocas del año es muy importante la consideración en el diseño global, de elementos para la protección y el control solar (aleros, partesoles, celosías, etc.).

A continuación se desarrolla el estudio solar para la ciudad de Santo Domingo de manera generalizada, es decir, se evalúa el efecto de protección o no de aleros y partesoles sin citar ninguna abertura en particular. Se recomiendan los ángulos más favorables (tanto para aleros como para partesoles) considerando la latitud, el recorrido mensual del sol a lo largo del año en la misma así como los requerimientos horarios de temperatura.

El método empleado para el presente estudio solar requiere la ejecución de los siguientes pasos:

- Elaboración del Diagrama de Isorequerimientos Horarios (Tabla 16).
- Obtención de la gráfica solar equidistante (Fig. 3) para cada semestre del año en las cuales se grafican los resultados obtenidos en la tabla anterior.
- Superposición de la Mascarilla de Sombreado (Fig. 4) para determinar la eficacia de los elementos sombreadores. Los ángulos medidos radialmente corresponden a los ángulos de sombra horizontal; aquellos medidos en arco, a los ángulos de sombra vertical.

- Graficar los resultados obtenidos en protección y permitir el paso de sol, con los ángulos en el eje horizontal y el porcentaje de eficacia en el vertical.
- El ángulo de protección solar más favorable es aquel en que se cruzan ambas eficiencias.

Este tipo de análisis solar es aplicable de igual manera a cualquier proyecto arquitectónico del que se tenga la latitud de ubicación.

La elaboración de un estudio solar representa una poderosa herramienta para el diseñador ya que permite prever, antes de la construcción de las aberturas, las horas en que debe o no permitirse la radiación solar directa al interior, con lo que se contribuye en la obtención del confort térmico de los espacios.

FIGURA 3
GRÁFICA SOLAR EQUIDISTANTE

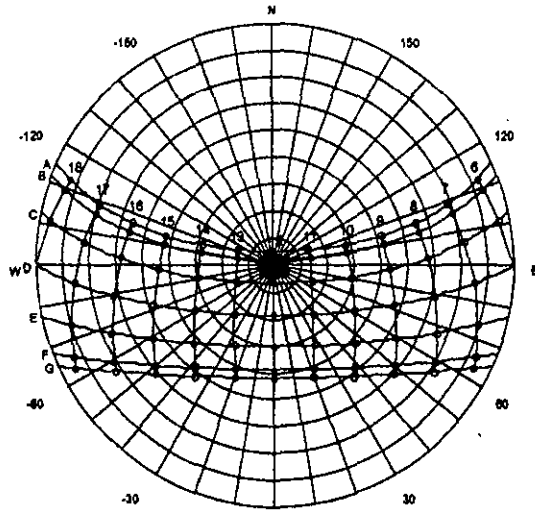
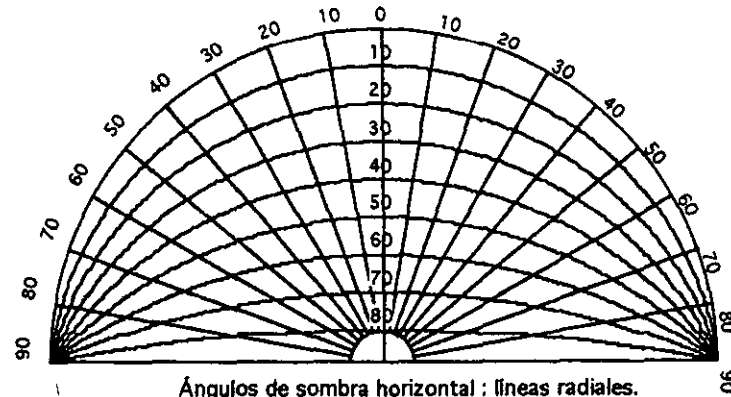


Figura 3. Gráfica Solar Equidistante.

FIGURA 4
MASCARILLA DE RADIACIÓN

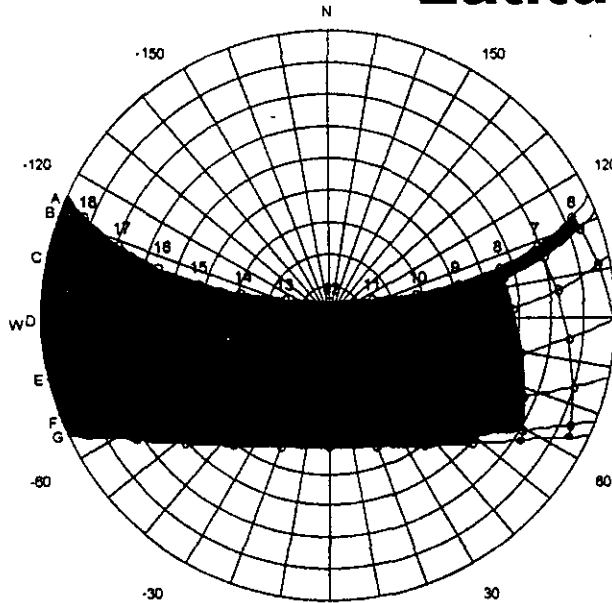


Ángulos de sombra horizontal: líneas radiales.
Ángulos de sombra vertical: líneas en arco.

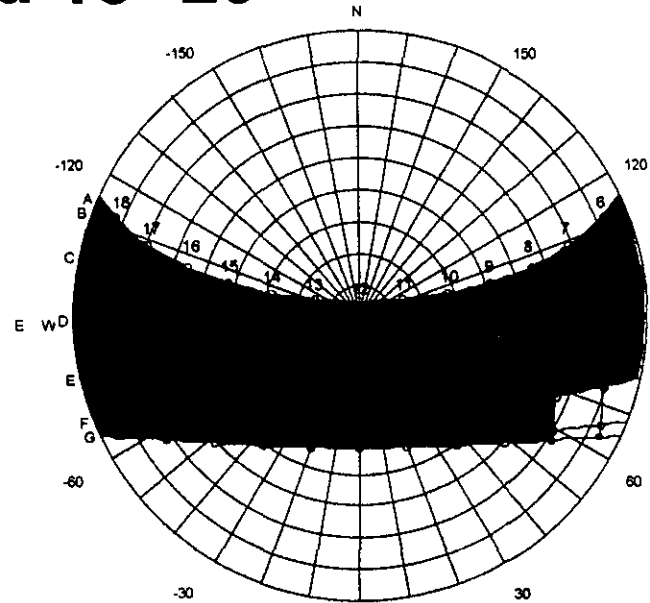
Figura 4. Mascarilla de Radiación.

GRÁFICAS 12 Y 13
GRÁFICA SOLAR EQUIDISTANTE PARA SANTO DOMINGO, D.N. ⁴¹ (LAT. 18°29').

Latitud 18° 29'



Gráfica Solar Primer Semestre del Año



Gráfica Solar Segundo Semestre del Año

A- Jun.
B- May./Jul.
C- Abr./Ago.
D- Mar./Sept.
E- Feb./Oct.
F- Ene./Nov.
G- Dic.

 Requiere Protección Solar

 Requiere Aprovechamiento Solar

Teniendo el comportamiento anual del clima en Santo Domingo, se puede concluir que los requerimientos de climatización para esta localidad se pueden manejar de una manera general para todo el año salvo en los casos en que se

requiera hacer referencia a una temporada en particular (como el caso de la temporada ciclónica).

⁴¹En la elaboración de las gráficas solares equidistantes para la presente latitud, nos auxiliamos del programa de computadora "Sunchart", Versión 1.0 de Mancini, Massimo del año 1991.

En el análisis bioclimático desarrollado por medio de las Cartas de Olgay y Givoni quedan claramente definidas las siguientes condiciones:

- Durante todo el año, los porcentajes de Humedad Relativa son muy altos llegando a la zona de humedad extrema, rebasando el límite superior considerado (80% de H.R.), sobre todo en las horas del amanecer. Es necesaria la Deshumidificación.
- Existe una evidente necesidad de ventilación natural para restituir y en el peor de los casos acercarse, a la zona de confort contrarrestando las altas temperaturas y la fuerte humedad. Esta condición es igualmente una constante para todo el año.
- Las gráficas indican que la sombra es necesaria todo el año pues la temperatura permanece alta la mayor parte del mismo. En el período de invierno no hay mayor problema en este aspecto debido a que las temperaturas son un poco más bajas.

Por otro lado, del Diagrama de Isorequerimientos Horarios y de las Gráficas Solares obtenemos las siguientes anotaciones:

- Las condiciones de confort y de calor predominan en todo el año.
- Las condiciones de "frío" sólo se producen en las primeras horas del día y únicamente en los meses de Diciembre a Abril. Para el resto del año no se repite este comportamiento a ninguna hora del día.
- En el transcurso del día, en los meses del verano, las condiciones de calor se extienden de las 10.00 a las 19.00 hrs. En los meses de las estaciones restantes, el período de calor se va reduciendo de 11.00 a 18.00 hrs. para la primavera y el otoño, y de 12.00 a 16.00 hrs en el caso de invierno, por lo que es necesaria la sombra todo el año incluyendo los meses de invierno.
- En algunos casos térmicamente se tienen condiciones de comodidad (noches y madrugadas) pero debido a la alta humedad las mismas se reducen.

2.4. REQUERIMIENTOS DE CLIMATIZACIÓN.

- Reducción de las ganancias térmicas desde el exterior.
 - Reducción de la humedad (deshumidificación).
 - Optimización de la ventilación.
 - Protección solar.
 - Protecciones frente a las lluvias y seguridad que minimicen los riesgos por tormentas tropicales y huracanes.
- Temperatura.
- Es necesario controlar las altas temperaturas durante todo el año poniendo especial cuidado en las épocas del verano en que la franja de "calor" se hace más extensa.
 - Evitar el almacenamiento térmico en los materiales de la edificación.
 - Se debe permitir el enfriamiento continuo de la estructura y envolvente evitando ganancias caloríficas para el interior.
- Humedad.
- Como muestran las gráficas climáticas, es necesario reducir los porcentajes de humedad procedentes del ambiente. Los altos niveles de la misma durante todo el año más las altas temperaturas, producen sensaciones de incomodidad generando un fuerte "bochorno".
- Radiación Solar y Soleamiento.
- Durante todo el año la radiación solar está presente con una fuerte intensidad en esta localidad por lo que es evidente la necesidad de proveer protecciones solares que eviten la penetración directa de la misma y las consecuentes ganancias térmicas que implica. Estas protecciones son necesarias para todas las fachadas variando la demanda conforme a las épocas del año:
 - En la fachada Norte durante los meses de Mayo a Julio.

- En las fachadas Este y Oeste en las mañanas y las tardes de todo el año, respectivamente; en la fachada Este y en los meses de Diciembre a Abril, se podrá permitir la entrada controlada de radiación solar en las primeras horas de la mañana.
 - En la fachada Sur, deberá protegerse durante todos los meses del año en todo el día, excepto en las primeras horas de Diciembre a Abril, reforzando la idea de una penetración controlada de sol.
 - Se ha elaborado un estudio para el diseño de dispositivos sombreadores (aleros y partesoles) en las diferentes fachadas cuyos resultados aparecen detallados en la sección de Estrategias de Diseño (punto 3.1).
- Vientos.
- Debe conseguirse una maximización de los flujos de viento durante todo el año. En el caso de la ciudad de Santo Domingo, ésta es una condición muy favorable debido a la presencia cercana de la extensión marítima en la costa sur (Mar Caribe).
 - Se requiere movimiento de aire exterior que ayude a mantener fresca la estructura y envolvente de la edificación.
 - También es necesario que los espacios interiores estén ventilados durante todas las épocas del año y generar una recirculación interior del aire que refresque el ambiente y contribuya a incrementar las pérdidas de calor por evaporación con una consecuente reducción de la humedad.
 - Es sumamente importante prestar atención particular a los horarios de ventilación en los que si la temperatura del ambiente es muy elevada, producirá efectos inversos en el interior y en lugar de enfriarlo, calentará el mismo.
- Precipitación.
- Es necesario proveer techos que permitan aprovechar, o en su defecto eliminar, rápidamente el agua lluvia y evitar las filtraciones,
- enmohecimientos y daños de las superficies por cantidades excesivas de humedad.
- Además se requiere disponer dispositivos para la protección de las aberturas y toda la edificación contra la lluvia que en los meses de Agosto a Noviembre se incrementa marcadamente.
- Fenómenos especiales.
- Para la temporada de huracanes, comprendida entre los meses de Junio a Octubre, se requieren dispositivos para el cierre y aseguramiento de aberturas y ventanas contra los mismos.
 - Proveer áreas de seguridad que brinden auxilio ante los fuertes huracanes.
 - Las estructuras y construcciones deben diseñarse para resistir el fuerte impacto de los vientos (por lo menos hasta 70m/s).
- Áreas exteriores.
- Por el modo de vida y las costumbres adoptados por los habitantes locales –intercambio frecuente en el exterior de la vivienda-, se requieren áreas exteriores sombreadas y ventiladas.
 - Es importante mencionar el efecto nocivo que puede representar el uso de superficies pavimentadas en estas áreas y en las cercanías de las aberturas por los efectos de reirradiación de las mismas.
 - Se requiere integrar áreas verdes y naturales con el debido cuidado que ameritan de manera que no incrementen mucho la humedad.
- Materiales.
- Se requiere el uso de materiales con alta resistencia térmica que minimicen el calentamiento en el interior, así como superficies con alta emitanza que capten y retengan menos calor.

*III. Recomendaciones Bioclimáticas para el Diseño Urbano
y Arquitectónico de la Ciudad de Santo Domingo*



RECOMENDACIONES DE DISEÑO URBANO Y ARQUITECTÓNICO DE LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO

"...no se sugieren recomendaciones rígidas, ya que en arquitectura existen muchas vías par alcanzar la meta del confort humano..."⁴²

Victor Olgay

3.1. DISEÑO URBANO

3.1.1. Forma, orientación y densidad de las manzanas

• En la forma y orientación se recomiendan las formas rectangulares con los lados más extensos hacia el Norte y Sur. De esta manera se expone el mayor porcentaje de los lotes a las direcciones más favorables de viento dejando los menores a las condiciones intensas de asoleamiento al Oeste (Fig.5).

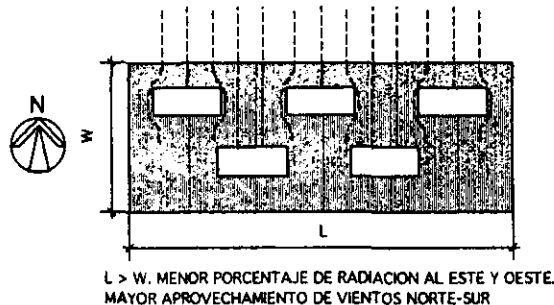


Fig. 5. Formas rectangulares con los lados más extensos al Norte y Sur, para reducir las superficies expuestas a la radiación solar al Este y al Oeste.

⁴²Victor Olgay. *Op.cit.* Pg.13

• En cuanto a la densidad, lo ideal es crear una estructura urbana en que las casas y/o edificios mantengan una separación o espaciamiento entre ellas de forma tal que sea factible un máximo aprovechamiento del movimiento del aire entre las edificaciones así como la generación de espacios exteriores de sombra que alcancen a proteger la edificación.

• Se debe evitar en todo lo posible edificios alargados, continuos, con la misma altura y perpendiculares a la dirección predominante de los vientos. Esta configuración bloquea el viento y crea condiciones de ventilación ínfimas tanto en las calles como en los mismos edificios pues la primera hilera de éstos actúa como barrera al aire proyectando una sombra de viento sobre las unidades siguientes. Una solución factible para bloques de edificios es el uso de formas libres que permitan un mayor flujo de aire entre ellos (Fig.6).

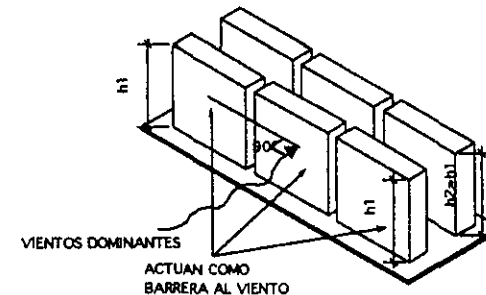


Fig. 6. El uso de bloques continuos, alargados y a la misma altura reduce la posibilidad del uso de la ventilación natural puesto que la primera hilera se constituye en una barrera al viento.

- Climáticamente la tipología urbana más conveniente son las viviendas aisladas que están expuestas, por todos lados, al aire exterior permitiendo un buen uso de la ventilación natural. Esto permite que en las horas de la tarde y la noche se enfríe más rápidamente que un edificio de tipo compacto. Además, al ser una unidad independiente, es más fácil disponer la vivienda con relación a la calle de manera que no se comprometa la ventilación. La gran desventaja es que no permite un alto desarrollo en densidad de las zonas urbanas que lo requieran y son, individualmente, más costosas.
- Debe evitarse el uso de zonas comerciales y habitacionales densas en áreas propensas a inundaciones severas (orillas de ríos, estuarios y bordes de costas). Para estos casos se pueden aprovechar condiciones naturales de la topografía (zonas elevadas) como apoyo en la prevención de inundaciones.

3.1.2. Ventilación urbana

- La disposición de la trama urbana debe proporcionar buenas condiciones de ventilación en las calles para los transeúntes y un buen potencial de ventilación para los edificios a lo largo de las mismas. La mejor ventilación dentro de las calles y aceras se logra cuando éstas son paralelas a la dirección predominante de los vientos en la tarde (cuando Temperatura ambiente es mayor). El problema que se produce en este caso es que la capacidad de aprovechamiento de ventilación natural en los edificios queda casi nulificada. Desde el punto de vista de ventilación urbana la mejor disposición de las calles es donde éstas se dispongan en un ángulo oblicuo a los vientos dominantes (por ejemplo a 30° aproximadamente⁴⁹, Fig.7). Esta orientación permite el acceso de los vientos en toda la trama y los edificios podrán tener zonas de presión.

Esta consideración es especialmente importante en zonas de muy alta densidad urbana.

- Se recomienda emplear las elevaciones topográficas naturales como un recurso de captación de vientos y reducción de la temperatura (la temperatura disminuye con la altura⁴⁴). En ese caso los lados a barlovento son mucho más convenientes que aquellos a sotavento para fines de ventilación natural.
- Se recomienda aprovechar las orillas de ríos y mares para captar las brisas marítimas de día y las de tierra de noche. Las brisas marinas de día son especialmente importantes ya que alcanzan sus máximas velocidades en las tardes cuando las diferencias de temperatura entre el mar y la tierra son mayores. Estos emplazamientos deberán hacerse tomando al mismo tiempo las precauciones necesarias a efectos de inundaciones.

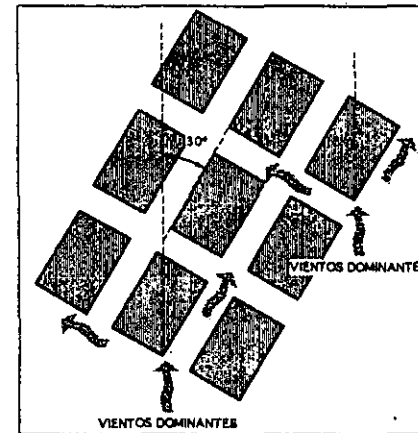


Fig. 7. Inclinación de la traza urbana para mayor captación de vientos dominantes.

⁴⁹Baruch Givoni. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. Van Nostrand Reinhold. Printed in U.S.A. 1997. Pg. 412.

⁴⁴Olgay presenta datos de reducción de temperatura conforme aumenta la altura. Cfr. Victor Olgay. *Op. Cit.* Pg. 44.

- En conjuntos urbanos se recomienda evitar variaciones acentuadas en la altura de los edificios puesto que se generan áreas de sombras de viento reduciendo la efectividad de los flujos dominantes. Las áreas de sombra que se producen varían de acuerdo a las dimensiones de los edificios (altura y longitud) y a la distancia entre ellos. La distancia sobre el techo en que el viento es afectado por el edificio es aproximadamente de $[1.5 (A)^{0.5}]^{45}$ (Fig.8).
- Se recomienda emplear vegetación exterior diseñada para dirigir y acelerar los movimientos favorables del aire hacia el edificio.

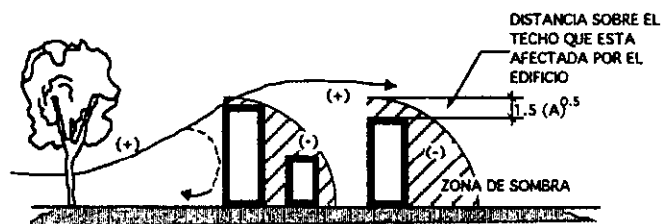


Fig. 8. Zonas de sombras generadas por la variación brusca en la altura de los edificios.

3.1.3. Vegetación

- En caso de que se decida integrar vegetación en las inmediaciones del proyecto, los árboles más efectivos son aquellos con un tronco grande y un follaje amplio para conseguir un buen sombreado (sobre todo si éstos llegan a cubrir parte del techo). Se colocarán los árboles cerca de las paredes pero no de las ventanas y con una altura suficiente que permita el paso del viento al tiempo que produzca áreas de sombra (Fig.9).

- No se recomienda el uso de matorrales bajos pues sólo actúan como barreras al viento e incrementan la humedad pero no sombrea. En caso de que se decida utilizar vegetación media o baja, ésta deberá guardar una distancia con relación a la casa que permita los movimientos del aire (Fig.10).

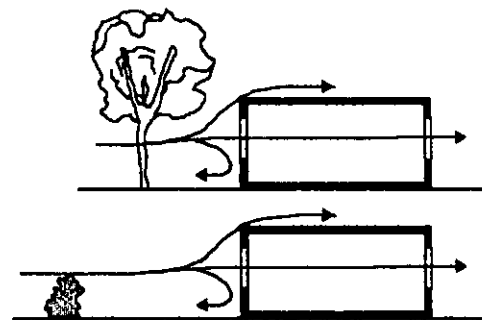


Fig. 9 y 10. Uso de vegetación alta que permita el paso del viento o vegetación media y baja distante del edificio de forma tal que permita que el flujo de vientos penetre al interior.

- El uso de pérgolas es muy efectivo pues sombrea pero no bloquea el paso del viento.
- Se recomienda el uso de vegetación exterior que produzca sombra al Sur, Este y Oeste en aceras, parques, plazas y demás zonas peatonales. El tipo de vegetación recomendada es de árboles y arbustos de hojas perennes con una disposición continua que formen zonas de sombras amplias (Árboles: pino, cedro, naranjo, eucalipto, palmeras, entre otros. Arbustos: camelia, flor de pascua, jazmín, laurel, bambú, romero, yuca, entre otros). Se podrán utilizar cubiertas naturales como pasto para las superficies exteriores. Es importante recordar que el uso de la vegetación debe ser planificado y siguiendo un orden, aspectos éstos que definen en gran medida los beneficios que pueda ofrecer la vegetación a un proyecto arquitectónico.

⁴⁵Cfr. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE Handbook of Fundamentals, 1981. New York, EE.UU. 1981. Pp. 14.1-14.20.

3.1.4. Áreas exteriores

- Se recomiendan plazas y jardines arbolados y con pisos permeables a la lluvia (Fig.11). El uso de espacios exteriores intermedios y sombreados son recomendados para desarrollar actividades en condiciones de sombra y ventilación más favorables que en el interior, sobre todo en zonas de alta concentración de personas.

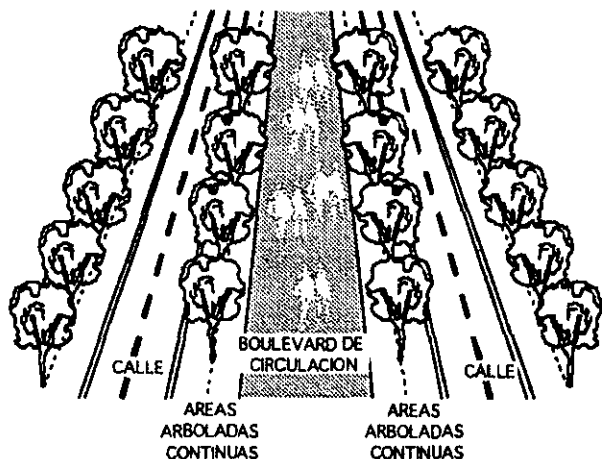


Fig. 11. Plazas, jardines y boulevares arbolados como parte integral del desarrollo urbano en una ciudad.

- Las distancias peatonales recomendadas son las mínimas (variables dependiendo de cada caso). Debe proporcionarse sombra a las mismas.
- Deben evitarse los excesos de áreas pavimentadas con asfalto, cemento, etc. y de ser posible incluir cubiertas de suelo naturales como grama para reducir la irradiación de las superficies a la atmósfera. De este modo se pueden reducir las temperaturas de los alrededores absorbiendo parte de la insolación y enfriándose por medio de la evaporación.

- Para las zonas de circulación intensa y pesada (como calles, por ejemplo) se deben proveer materiales más resistentes y duraderos, como piedras y adoquines.

3.1.5. Prevención contra las inundaciones urbanas

- Se recomienda sembrar plantas y cubiertas de suelo con alta capacidad de infiltración de agua para incrementar la absorción de las lluvias en las áreas urbanas (Fig.12).



Fig. 12. Uso de cubiertas naturales y plantas para la absorción de las lluvias.

- Se recomienda el uso de materiales permeables (en zonas peatonales, de estacionamientos, etc.) y el uso de capas sucesivas que ayuden a la infiltración del agua de lluvia (por ejemplo una superficie de grama, una capa de tierra, una capa mezclada de arena y grava, etc. Fig. 13).

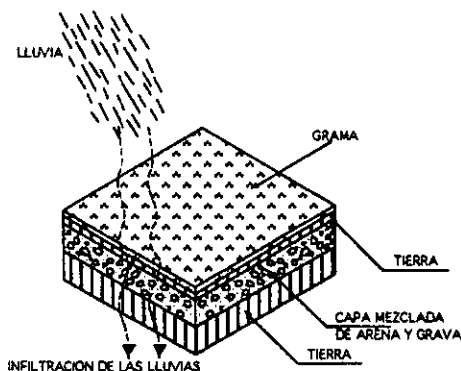


Fig. 13. Uso de varias capas para incrementar las posibilidades de infiltración de las lluvias.

3.1.6. Emplazamiento del proyecto en el predio: Orientación Sol-Viento

- Para el caso de esta ciudad, la orientación más conveniente es la Este-Oeste (con relación a los recorridos solares y a las altas temperaturas durante todo el año). Con esta orientación se puede reducir el impacto calorífico de radiación solar a través de las fachadas Este y Oeste.
- Se recomienda reducir los porcentajes de huecos en las fachadas Este y Oeste (sobre todo en esta última) y aplicar el diseño de dispositivos sombreadores que reduzcan las ganancias de calor por radiación solar directa.
- Se recomienda el aprovechamiento de zonas altas dentro del predio y que se encuentren en la dirección de los vientos. Es preferible considerar las pendientes al Norte y al Sur de manera que se capte la mayor cantidad de viento, tanto de día como de noche (Fig.14).

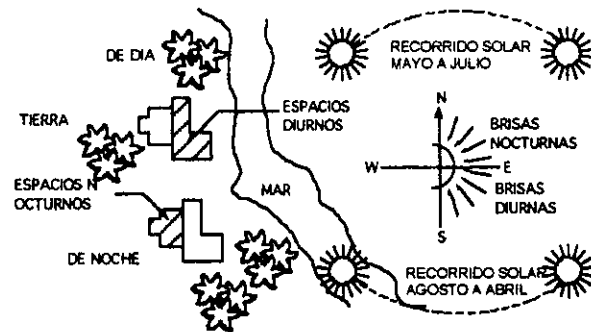


Fig. 14. Orientaciones más favorables de los espacios de un proyecto en el predio con relación al recorrido solar y al flujo dominante de los vientos en la localidad.

3.2. DISEÑO DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

3.2.1. Orientaciones más favorables

- Se recomiendan la siguientes orientaciones:

TABLA 17. ORIENTACIONES MÁS FAVORABLES EN CASA-HABITACIÓN

Areas	Orientaciones							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Sala		+	+	+				
Comedor		+	+	+				
Terrazas	+	+	+	+				
Dormitorios	+	+	+	+	+			+
Cocina	+	+		+	+	+		
Auxiliares:								
- Garages					+	+	+	+
- Servicios					+	+	+	+
- Almacenes y Depósitos					+	+	+	+

3.2.2. Forma óptima de la vivienda.

- Al igual que la disposición de los lotes, se recomienda la dirección Este-Oeste que disminuya las incidencias solares en estas fachadas (sobre todo en la Oeste). También se optimiza el aprovechamiento en los flujos de vientos N-NE-SE-S (Fig.15).
- Para una localidad de condiciones climáticas muy similares a la estudiada, Olgay recomienda una proporción *óptima* en la vivienda de 1:1,7, aunque considera que hasta 1:3 puede ser aceptable,⁴⁶ siempre y cuando el emplazamiento lo permita, situación que a menudo representa una limitante en este aspecto.

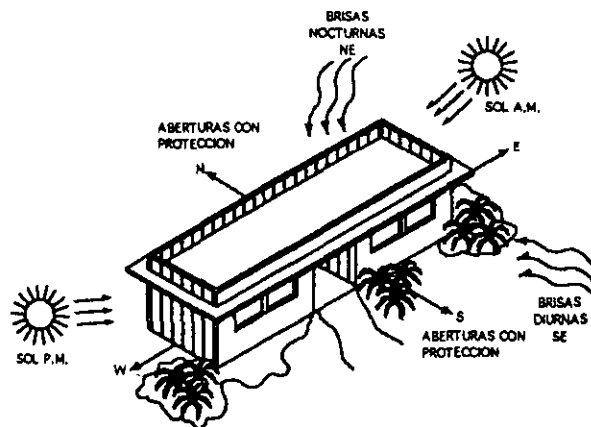


Fig. 15. Diagrama de forma óptima para la vivienda.

- Deben evitarse formas demasiado compactas que dificulten la circulación interior del viento.

- En cuanto al volumen interior, se requiere una cantidad amplia con relación al área de piso de modo que se reduzca el contacto directo del aire caliente con los usuarios.

3.2.3. Cubiertas, paredes y pisos

- Las cubiertas, paredes y pisos, del tipo y material que sean, deben estar pensadas con soluciones técnicas de reutilización y desagües (canaletas exteriores ocultas o visibles, pendientes que conduzcan a desagües internos, etc.) con el fin de evitar inundaciones y filtraciones. Estas consideraciones son muy importantes debido a los altos niveles de precipitación, acentuados aún más por los efectos de las lluvias huracanadas de temporada.
- En cuanto a la forma de los techos podrán emplearse cúpulas, bóvedas, superficies con plegaduras y techos inclinados. Los techos planos no se recomiendan como favorables puesto que captan un alto porcentaje de radiación solar en su superficie, todo el día y todos los meses del año, además de que mantienen el aire caliente acumulado a la altura de los ocupantes. Caso contrario sucede con el uso de las primeras (cúpulas y bóvedas) en que el aire caliente puede mantenerse por encima de esta altura, siendo contenido en la parte superior del techo curvo.
- El uso de mallas sombreadoras en las superficies de techo puede ser un recurso muy práctico y económico con el cual se logren reducir los impactos por radiación sobre las cubiertas.
- Se recomienda emplear una doble cubierta con cámara de aire ventilada debido a que éstas son las superficies que mayor incidencia de radiación solar tienen. Esto puede resultar beneficioso en la reducción de los impactos de calor por conducción. Igualmente el uso de turbinas eólicas en los techos puede ayudar a generar corrientes de succión al aire caliente. (Fig.16 y 17).

⁴⁶Victor Olgay, *Arquitectura y Clima*. Op.cit. Pg.173.

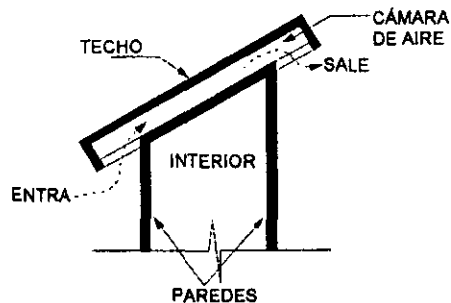


Fig. 16. Uso de techo doble tipo "escudo" con cámara de aire en medio. Mediciones efectuadas en el lugar han demostrado la efectividad de este sistema⁴⁷. Centro de Investigaciones de Energía Solar, Temixco, Morelos, México.

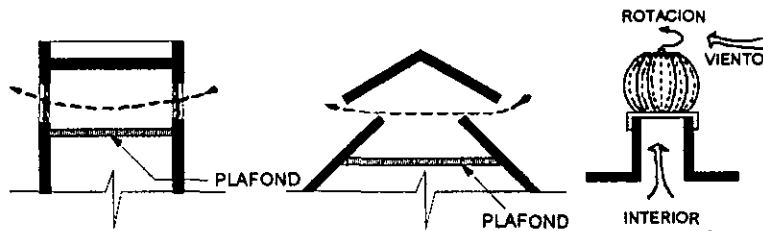


Fig. 17. Uso de techo doble con cámara de aire ventilada. Uso de plafond en la parte interior. Además el uso de turbinas eólicas en los techos puede ayudar a generar corrientes de succión al aire caliente.

- En las superficies de mayor contacto con áreas inundables deben usarse materiales que no presenten altos riesgos de deterioro por excesos de humedad (Fig.16).

⁴⁷Cfr. J. Diego Morales Ramírez. *Estudio de techos de edificios construidos para operar en forma pasiva*. Tesis de Doctorado en Arquitectura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 1993. Pg. 5.

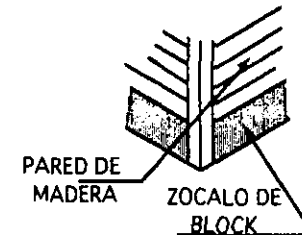


Fig. 18. Es importante prestar especial cuidado a las superficies de mayor contacto con áreas inundables. En la arquitectura popular dominicana aparecen soluciones de este tipo donde se construye un zócalo de block en las paredes para evitar el deterioro de la madera en las mismas. Fuente: *Evaluación de la Producción Informal de Viviendas en la República Dominicana*. Arq. Raul de Moya. Pg. 94.

- Se recomienda el uso de galerías y balcones anchos diseñados como extensión de las cubiertas o bien como volados en las paredes (Fig.19) para sombrear las paredes exteriores. La necesidad de este sombreado se incrementa básicamente dependiendo del color de las paredes ya que el uso de colores oscuros en superficies sin aislamiento producirán un incremento de calor en el interior.

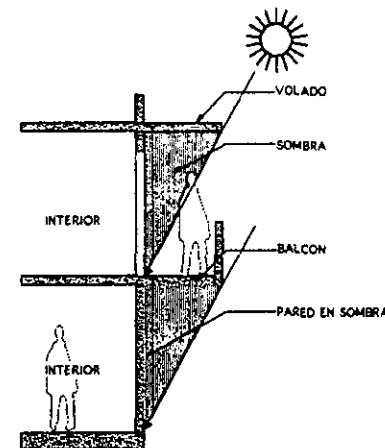


Fig. 19. Uso de balcones y volados para el sombreado de paredes exteriores.

- En exteriores el uso de paredes cubiertas con enredaderas son muy eficaces y no muy costosas siempre que el material con que se construya la pared no sea propenso al enmohecimiento (como la madera, por ejemplo. Fig.20).
- Las paredes interiores deben ser bajas para aumentar la circulación interior del aire siempre que no se ponga en riesgo el factor *privacidad*.
- En general, tanto en exteriores como en interiores, se recomienda utilizar acabados lisos y colores claros en las superficies de paredes.
- Se sugiere evitar el uso de espacios totalmente cubiertos con alfombras puesto que éstas son almacenes de calor que incrementan la temperatura interior.

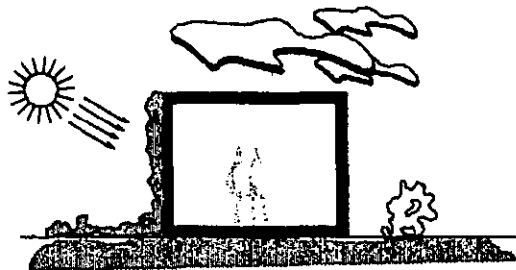


Fig. 20. Pared cubierta con vegetación que reduce el impacto de la radiación solar sobre la superficie.

3.2.4. Materiales

- En general debe evitarse el uso de materiales que tiendan a producir un sobrecalentamiento de la envolvente y en consecuencia del interior, por efectos de conducción⁴⁸. Su función primordial debe ser la de

minimizar el calentamiento interior por radiación durante el día y maximizar el enfriamiento durante las tardes y noches.

- En el caso de este clima (cálido húmedo), los muros no deben actuar como barreras térmicas. Se sugiere el uso de materiales con un bajo índice de aislamiento debido a la poca oscilación de temperaturas que no requiere salvar grandes diferencias entre el día y la noche. Además en caso de que haya lluvias y brisas se podrá dar un rápido enfriamiento de la envolvente.
- Si se asegura una buena ventilación (por ejemplo con el auxilio de ventiladores si fuera necesario) los edificios de masa más densa pueden llegar a tener temperaturas interiores muy cercanas a los de masa ligera, haciéndolos más confortables que estos últimos, sobre todo en las horas del día⁴⁹.
- Se recomienda el uso de materiales con un alto grado de emitancia, mismos pueden contribuir a la reducción de las ganancias térmicas. El uso de colores claros en las superficies es beneficioso debido a su baja absorptancia solar y alta reflectancia de manera que se capte y retenga la menor cantidad posible de calor. Los colores pastel son una buena opción pues contribuyen a reducir los efectos de resplandor tanto en el interior como en el exterior. En edificios ventilados naturalmente el uso de colores claros reduce la necesidad de aislamiento y en el caso de aquellos con sistemas de aire acondicionado, ayudaría a reducir el gasto de energía⁵⁰.
- En el caso del muro Oeste es más recomendable el uso de superficies construidas con materiales de peso volumétrico mayor (de alta resistencia térmica) y baja capacidad calorífica debido a que sobre él llega la radiación de las tardes con las más altas temperaturas. El uso de

⁴⁸En el presente documento no se ha desarrollado un estudio acerca de las propiedades físicas de los materiales de construcción pues se considera que el mismo implicaría un tema de investigación independiente. En el Anexo B, presentamos tablas con las diferentes propiedades (conductividad, absorptancia, emitancia, entre otras) de algunos materiales de uso común.

⁴⁹Cfr. Baruch Givoni. *Climate considerations*. Op.cit. Pg. 397.

⁵⁰Baruch Givoni. *Climate considerations*. Op.cit. Pp. 397-400.

vegetación exterior (Fig.21) y muros dobles con ventilación en medio también es una buena opción para la orientación Oeste.

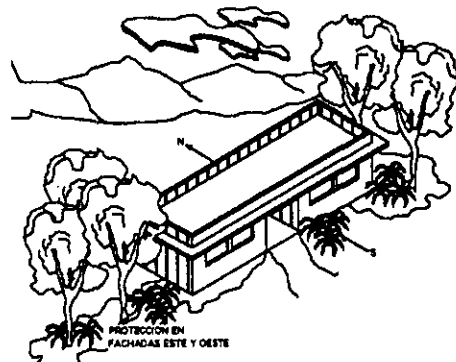


Fig. 21. Uso de vegetación exterior hacia los lados Este y Oeste como barreras contra la radiación solar intensa.

TABLA 18.
REDUCCIÓN DE TEMPERATURA EN PAREDES CON COLOR CLARO CON ORIENTACIÓN ESTE-OESTE, SOMBREADA POR ELEMENTOS PAISAJÍSTICOS

Elementos del Paisaje	Radlac. Indirecta	Radlac. Directa
Arboles	3,5°C	13,6°C
Arbustos	4,2°C	13,5°C
Arbol y Arbusto	5,5°C	15,5°C
Enredadera	4,4°C - 5,6°C	7,6°C - 8,8°C

Fuente: Comisión para el Mejoramiento de la Calidad Térmica de las Edificaciones y el Espacio Urbano. "Recomendaciones para mejorar la Calidad Térmica de las Edificaciones". Estado de Zulia, Venezuela. Pg. 85. Nota 32. Parker, J.H. "A comparative analysis of the role of various landscape elements". 1971.

TABLA 19.
GRADIENTE VERTICAL DE TEMPERATURA SOBRE SUELO DESNUDO Y DEBAJO DEL BOSQUE

Altura (en mts.)	Temperatura (en °C)	
	Suelo desnudo	Bosque
3,05	27,2	25
2,13	27,8	25,6
1,52	27,2	25,3
1,22	27,5	25,3
0,91	27,2	25
0,61	27,8	25,3
0,46	27,8	25,3
0,3	29,4	25,3
0,15	30	25,6
0,08	31,7	25,6
0,009	35,6	25,6

Fuente: Comisión para el Mejoramiento de la Calidad Térmica de las Edificaciones y el Espacio Urbano. "Recomendaciones para mejorar la Calidad Térmica de las Edificaciones". Estado de Zulia, Venezuela. Pg. 85. Nota 33. Measurements, hitherto unpublished, supplied through the courtesy of J.S.Rothacher, cited by G. Robinette. 1983.

- Los árboles pueden reducir el consumo de energía por enfriamiento en un 25% al ubicarlos adecuadamente alrededor de las superficies residenciales⁵¹.
- Pueden ser empleados materiales convencionales (bloques de cemento, hormigón armado, granito, tejas de barro, etc.) protegiendo con aislantes aquellas superficies con mayor exposición al sol y a las lluvias.

⁵¹Comisión para el Mejoramiento de la Calidad Térmica de las Edificaciones y el Espacio Urbano. "Recomendaciones para mejorar la Calidad Térmica de las Edificaciones". Estado de Zulia, Venezuela. Pg. 85. Nota 39. Energy Efficiency and Renewable Energy EREN, U.S. Department of Energy. Clearinghouse (EREC).

- Para superficies verticales que se encuentren a la sombra no hace falta proveer un aislamiento pero en caso de que estén expuestas al sol (como los aleros y partesoles), un buen aislamiento térmico evita el incremento de la temperatura.

3.2.5. Espacios Interiores y Ventanas

- Los espacios interiores deben estar sombreados y muy bien ventilados. Se sugiere que las habitaciones tengan acceso directo a balcones y terrazas que provean protección a las paredes y ventanas tanto del sol como de la lluvia sirviendo a la vez como área para actividad al exterior.

- Debido a la importancia que reviste el efecto de la ventilación, se recomienda mantener, en la medida que los requerimientos de privacidad y seguridad lo permitan, espacios abiertos y comunicados que no dificulten la entrada, circulación interior y salida del aire (pueden utilizarse desniveles o bien elementos móviles, como paneles y mamparas para la división temporal de los espacios. Fig.22).

- La ventilación cruzada es muy favorable. Los flujos de aire deben llegar a los ocupantes y no sólo a la estructura pues lo que se busca es aumentar la descarga de calor del cuerpo humano; con este tipo de ventilación se incrementa la convección sobre los ocupantes dándoles una mayor comodidad.

- La disposición de los espacios no tiene que ser necesariamente perpendicular al viento, si se coloca en ángulos oblicuos entre 45° y 105° podrá proveerse una ventilación cruzada satisfactoria.⁵²

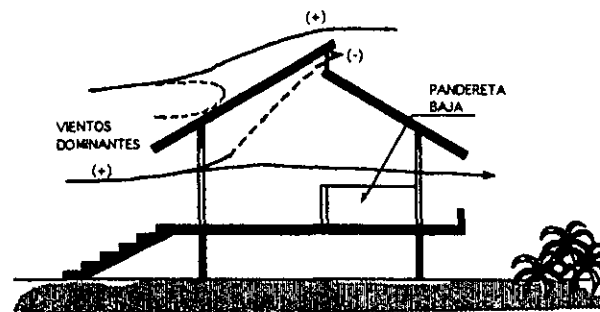


Fig. 22. Uso de espacios abiertos y comunicados que no dificulten la entrada, circulación interior y salida del aire. Ejemplo: uso de pandereta baja o murete.

- Si no es posible la ventilación cruzada independiente para cada habitación, es importante asegurar que el aire pueda fluir al interior de cada cuarto pasando a través de otros en el edificio, antes de alcanzar el exterior. Para estos fines se podrán incluir puertas cuyos diseños permitan el paso del viento a la vez que mantengan la privacidad visual. Se sugiere el uso de puertas con aberturas operables por encima del nivel visual, de este modo podrá contribuirse a la ventilación cruzada de la habitación sin afectar la privacidad de la misma (Fig.23). En este caso se hará factible un recorrido interno de las corrientes de viento pasando por la mayor cantidad de habitaciones posible, antes de salir.

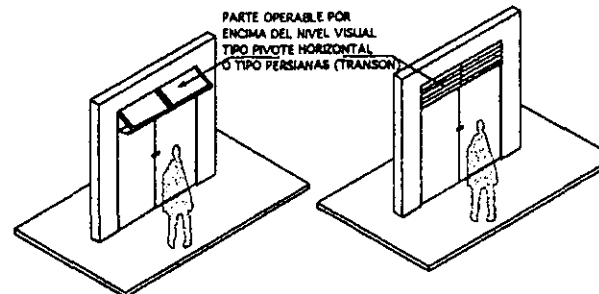


Fig. 23. Ejemplos de diseños de puertas en que se permita la circulación del viento en el interior de las habitaciones sin comprometer la privacidad visual de las mismas.

⁵²Edificios perpendiculares a la dirección podrán aprovecharse las máximas corrientes del aire. Edificios ablicuos a 45° aprovechan entre el 50% y 80% de la velocidad del aire. Víctor Olgyay, Op. Cit. Pg. 100.

- En caso de que por razones de privacidad acústica, no se puedan aplicar este tipo de puertas, la ventilación cruzada deberá ser resuelta de manera independiente para cada habitación. En esta circunstancia cada área deberá tener por lo menos dos aberturas en diferentes paredes y preferentemente una de ellas deberá estar en la dirección del viento.
- Se recomienda no utilizar ventanas pegadas a las superficies pues el aire tiende a irse a las mismas y no a los ocupantes. En caso de que se decida y/o necesite disponer de esta ubicación, pueden emplearse sistemas de direccionamiento en las ventanas que permitan dirigir el flujo de vientos a un área específica (Fig.24 y 25).

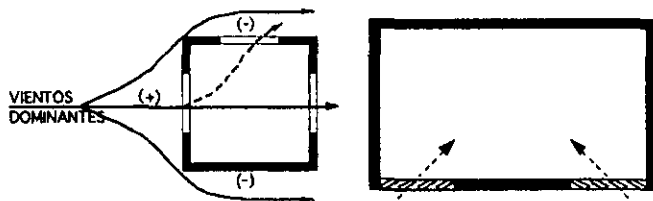


Fig. 24 y 25. Izquierda: el uso de la ventilación cruzada es muy favorable para el confort de los ocupantes. Derecha: si se van a colocar las ventanas pegadas a las superficies, utilizar sistemas de direccionamiento de aire.

- Se recomienda evitar el uso de ventanas fijas mismas que tienden a incrementar las ganancias por radiación solar directa, a menos que estén bien protegidas contra la radiación.
- Se recomienda permitir la entrada del viento al interior en todas las épocas del año. No obstante, debido a las altas temperaturas ambientales, no es conveniente permitir el acceso del viento exterior en las horas de 10:00 a 19:00hrs. en los meses de Mayo a Septiembre y de 12:00 a 16:00hrs. en los meses de Octubre a Abril⁵⁴.

⁵⁴Del Diagrama de Isorequerimientos Horarios. Tabla 15, Capítulo II de este documento.

- Porcentaje de aberturas. Se recomienda el uso de aberturas medias a grandes con respecto a la superficie de muro (40% a 60% del total de pared) buscando proveer las protecciones solares necesarias. Se recomienda evitar aberturas sin protección y propensas a la radiación solar en muros al Oeste.
- En general se podrá complementar el efecto evaporativo del viento con el uso de ventiladores mecánicos (sobre todo en los meses de verano) debido a la alta temperatura del aire exterior, que lo hace poco favorable para dejarlo entrar.
- Deben preverse salidas para que el aire pueda circular y mantener su efecto evaporativo y refrescante. Se recomienda el uso de techos altos y con salidas superiores para el aire caliente, de esta manera puede conseguirse de alguna forma un buen volumen de recirculación de aire (Fig.26). Altura de piso a techo mínima recomendada 3,00 mts.

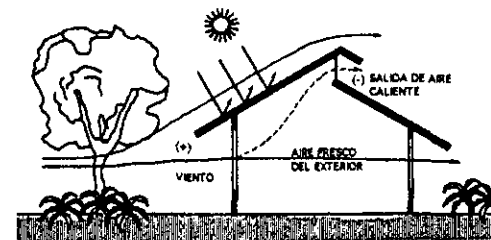


Fig. 26. Se recomienda el uso de techos con salidas superiores para el aire caliente.

3.2.6. Protecciones Solares⁵⁴

- El uso de rematamientos como parte de la envolvente de la edificación pueden funcionar como elementos de protección solar (Fig.27).

⁵⁴Las protecciones solares son muy importantes en la reducción de los impactos caloríficos. Estudios realizados al respecto obtienen reducciones de hasta una quinta parte en superficies vidriadas expuestas al sol y las mismas en condiciones de sombra. Cfr. Víctor Olgay. Op. Cit. Pg. 67.

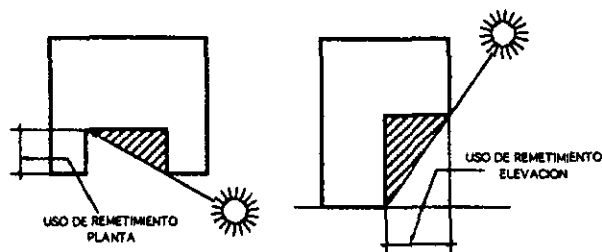


Fig. 27. Uso de rematamientos en la envolvente como recurso de protección solar.

- Es necesario evitar la entrada del sol al interior. Partiendo del estudio solar de la localidad y con relación al Diagrama de Isorequerimientos obtenido se ha desarrollado una evaluación de efectividad para aleros y partesoles.

- Se entiende que el ángulo más recomendable es aquel en que se intersectan la efectividad en protección y la efectividad en permitir el paso del sol, puesto que se podrían satisfacer las mayores condiciones en una y otra situación. Si tomamos este factor como condición indispensable en las horas mañaneras de los primeros meses del año se podrá permitir la entrada "controlada"⁵⁵ de sol. Es por ello que para recomendar los ángulos más favorables para cada orientación, en aleros y partesoles, hemos dado prioridad a la condición de NO permitir la entrada del sol, que constituye el comportamiento más frecuente y representativo en la localidad. Partiendo de estas premisas, los ángulos recomendados para aleros y partesoles son:

⇒ **ALEROS.** Tomando la medida de los ángulos mencionados a partir del horizonte, el ángulo de sombra será su complemento, (e). Para un ángulo de 50° medido desde el horizonte hasta el extremo del alero, el ángulo de sombra será 40° con respecto a la fachada; Fig.28).

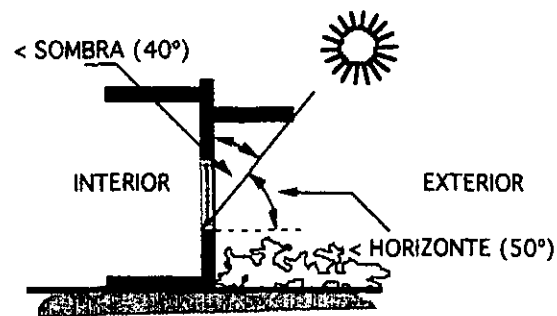


Fig. 28. Referencia en la medida de ángulos para aleros. De Claudia R. Mercedes S.

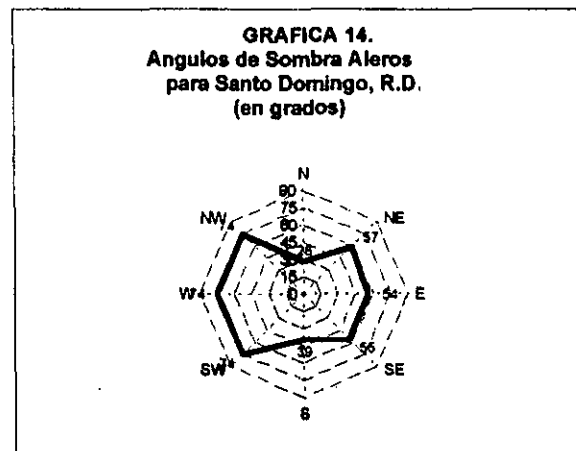


Diagrama de ángulos más favorables por fachada para el uso de aleros como elementos de protección solar.

⁵⁵Se hace la aclaración del término "controlada", debido a que las temperaturas mínimas registradas a estas horas están muy cerca del límite inferior de confort y una alta incidencia solar, elevaría la temperatura de los espacios localizados en esta trayectoria.

TABLA 20.
ANGULOS MÁS FAVORABLES PARA ALEROS.

Orientación	< horizonte	< sombra
N	62	28
S	51	39
E	36	54
W	16	74
NE	33	57
SE	35	55
NW	16	74
SW	16	74

⇒ **PARTESOLES.** Es importante considerar que en ocasiones un sólo tipo de protección solar no ofrece una máxima eficacia para ambas situaciones (protección o paso del sol) por lo que, al igual que en el caso de los aleros, se ha procedido al estudio de efectividad para partesoles. En este caso si se toma la medida de los ángulos mencionados a partir de la vertical en la gráfica solar, el ángulo de sombra será su opuesto. (ej. Para 65° medidos a partir de la vertical en la gráfica solar, su ángulo de sombra será de 25°; Fig.29).

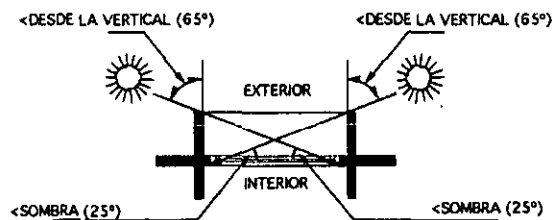


Fig. 29. Referencia en la medida de ángulos para partesoles. De Claudia R. Mercedes S.

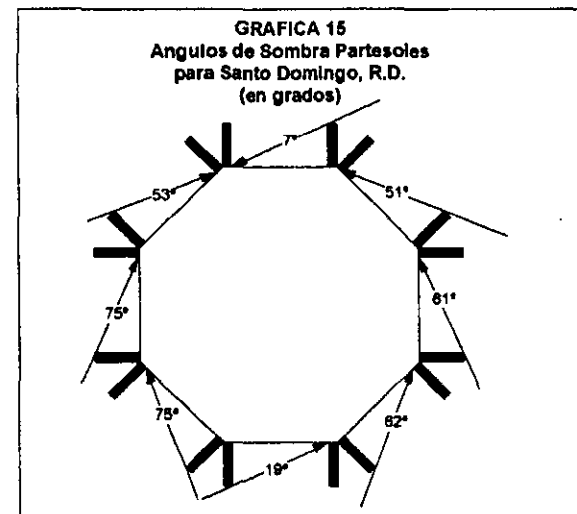


Diagrama de ángulos más favorables por fachada para el uso de partesoles como elementos de protección solar.

TABLA 21.
ANGULOS MÁS FAVORABLES PARA PARTESOLES.

Orientación	< desde la vertical	< sombra
N	83	7
S	71	19
E	25	65
W	15	75
NE	39	51
SE	28	62
NW	37	53
SW	15	75

- En el caso de los partesoles se está considerando que los mismos se encuentran perpendiculares a cada superficie de muro. El uso de partesoles oblicuos a las paredes, (sobre todo al Este y Oeste), podrán proporcionar ángulos de sombra mayores con longitudes de partesoles menores.
- Otros elementos podrán ser empleados para complementar los efectos de los aleros y partesoles. Algunos de uso común son recomendados para esta localidad: celosías o bloques calados, pérgolas, toldos, entre otros; o bien cortinas y persianas en el interior. Para la ciudad de Santo Domingo se recomienda el uso de estos elementos y sistemas en todas las fachadas prestando especial importancia sobre todo a las fachadas Este y Oeste (Fig. 30).

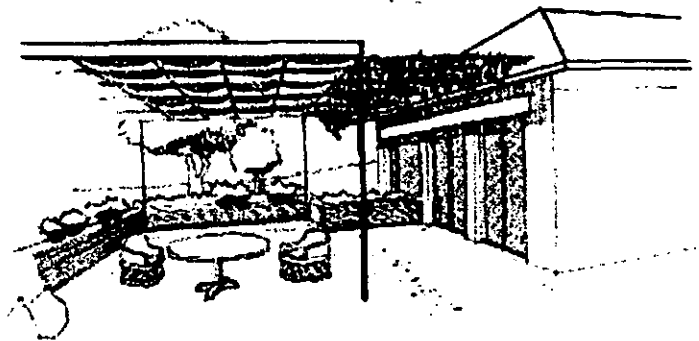


Fig. 30. Uso de áreas pergoladas con doble fin: generar áreas exteriores sombreadas y como elemento de protección solar.

3.2.7. Reducción de la humedad⁵⁶

- El recurso natural que más puede ayudar a este efecto es la recirculación de aire en el interior por lo que se recomienda incrementar los cambios por hora que se produzcan en el interior de la habitación. De esta forma, dependiendo de las características del viento, ayudarán a incrementar la descarga calorífica del cuerpo por convección.
- También se recomienda utilizar algún sistema o material desecante (por ejemplo Celdek⁵⁷) que absorba humedad del viento que se está dejando entrar al interior. Materiales como el Celdek se proponen con el fin de que así como se usan para humidificar, se aprovechen sus propiedades absorbentes para deshumidificar; éste podrá colocarse seco en el recorrido del viento hacia el interior de manera que sus fibras puedan captar humedad ambiental antes de penetrar al interior⁵⁸. Aquí las limitantes pueden ser, por un lado, la baja capacidad de evaporación que puede llegar a tener este material en épocas y horas donde la Humedad Relativa se aproxime a los límites de saturación lo que hace

⁵⁶Se han estado desarrollando investigaciones, estudios y modelaciones matemáticas para calcular el comportamiento de la humedad en el interior de los edificios influenciado directamente por las propiedades higroscópicas de los materiales. En estos casos y por razones prácticas, se han asumido condiciones hipotéticas (acerca del comportamiento de la humedad y los materiales) las cuales restan algo de precisión a los resultados. No obstante, las investigaciones continúan en busca de mayor proximidad a la realidad por medio de estos cálculos.

⁵⁷Celdek es un material elaborado con pliegos de celulosa pegados de forma especial para formar el panel de enfriamiento. Además está impregnado con compuestos químicos especiales a fin de prevenir el empudrecimiento. Actualmente es empleado en sistemas de aire acondicionado y para humidificación con una superficie de contacto aire /agua de 440 m²/m³. Anotaciones hechas en la Conferencia "Enfriamiento Evaporativo" de la ASHRAE.

⁵⁸Del ASHRAE se obtuvo el dato de que con una velocidad de viento $V = 700 \text{ p/min. (3.58 m/seg)}$, el Celdek contribuye a que una Humedad Relativa de 84% sea reducida a un 64%, lo que representa un 20% de disminución, que en porcentajes tan elevados de humedad, representa muchas ventajas para lograr mejoras en la sensación de bienestar térmico. Cfr. ASHRAE Conferencia "Enfriamiento Evaporativo".

que sea propenso al desgaste y degradación por exceso de humedad; por otro lado, puede constituir una barrera al paso del viento.

• Un sistema que puede emplearse es el de Deshumidificación Solar Pasiva⁵⁹ (Fig.31). Su funcionamiento se basa en el efecto de *termosifón* o *efecto chimenea*. Se produce convección natural del aire por medio del efecto invernadero que se producen el espacio delimitado por la cubierta metálica negra y el vidrio. En la mañana el aire caliente y húmedo penetra y es deshumidificado por el contacto con el material desecante y en consecuencia se calienta. Al pasar por el humidificador inferior, se enfría y llega al espacio interior como aire fresco. Como por la mañana el sol calienta en la fachada este, seca y regenera el material desecante que quedó humedecido en la tarde anterior al oeste. De acuerdo con el Dr. David Morillón, se ha comprobado que este sistema funciona sólo cuando la radiación directa y la humedad no es demasiado alta ya que si éste último ocurre, como mencionamos, el material desecante quedaría saturado rápidamente.

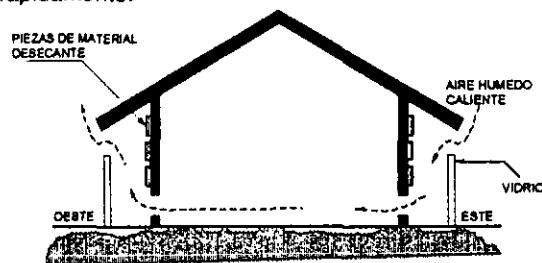


Fig. 31. Sistema de deshumidificación solar pasiva.. En la mañana, con el sol al Este, las planchas del material propuesto estarán secas por lo que dichas "esponjas" podrán captar la humedad del aire a la entrada, lo mismo sucederá en la tarde con la fachada Oeste.

• Otro sistema pasivo de enfriamiento por deshumidificación es el de Lecho Dual por Deshumidificación de Moore⁶⁰. Este sistema emplea materiales desecantes y calor solar para la regeneración y circulación de aire por convección. Consiste en dos hileras idénticas de desecantes cada una de las cuales se usa alternativamente para deshumidificación o regeneración/convección (Fig.32).

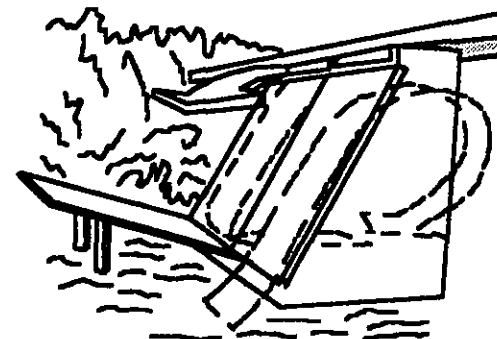


Fig. 32. Sistema Lecho Dual por deshumidificación de Moore. Paso de aire.

Para operar deberán colocarse dos hileras de colectores solares en bandejas horizontales llenándolas con un material desecante de color oscuro. Una de las hileras se cubrirá con un vidrio y será expuesta a la radiación solar, misma que calienta, seca y regenera el material desecante. Para maximizar la exposición al sol, las bandejas horizontales deben disponerse en forma escalonada; esto permitirá que el aire pueda pasar a través del desecante por convección facilitando el proceso de secado (Fig.33). El aire caliente y húmedo que se produce en este proceso luego se expulsa hacia el exterior.

⁵⁹David Morillón, *Bioclimática. Sistemas pasivos de climatización*. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco. México. 1994. Pp. 97-98.

⁶⁰Idem.

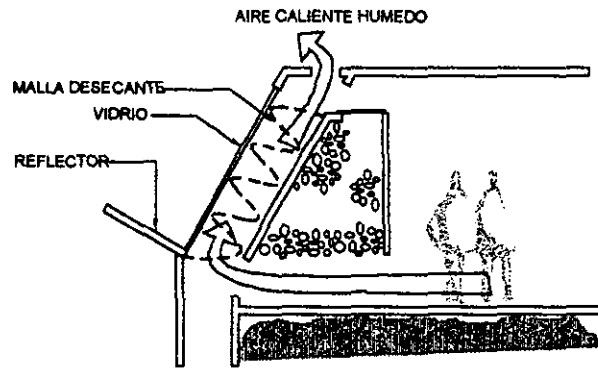


Fig. 33. Sistema Lecho Dual por deshumidificación de Moore. Etapa de regeneración por desecantes.

La otra hilera se cubrirá con un panel reflectivo aislante. El aire frío y húmedo es inducido por medio de una malla desecante y su humedad específica se reduce. Luego este aire frío y deshumidificado puede ser utilizado para enfriar el edificio (Fig.34). El movimiento de aire en todo el sistema es producido por convección como consecuencia de calor solar en la hilera regenerativa.

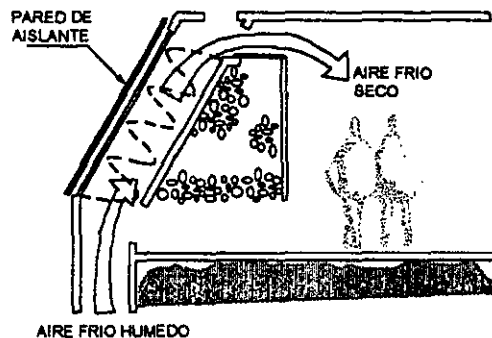


Fig. 34. Sistema Lecho Dual por deshumidificación de Moore. Etapa de enfriamiento.

- Adicionalmente podrán introducirse equipos mecánicos auxiliares (como ventiladores) que ayuden al movimiento interior y renovación del aire.

3.2.8. Consideraciones estructurales frente a huracanes

- Deberán construirse edificios de masa densa que puedan resistir el impacto producido por los huracanes.
- Deberá proveerse cerramientos exteriores resistentes. Éstos pueden ser diseñados para utilizarlos como protección solar si su parte externa puede extenderse sobre todo para las fachadas Este y Oeste y en caso de huracanes se cierran y aseguran en las paredes (Fig.35 y Fig.36).

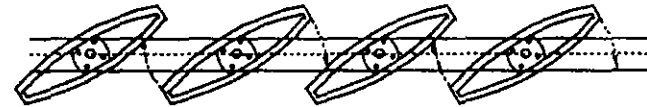


Fig. 35. Posible sistema de protección contra huracanes. Planta de láminas verticales móviles.

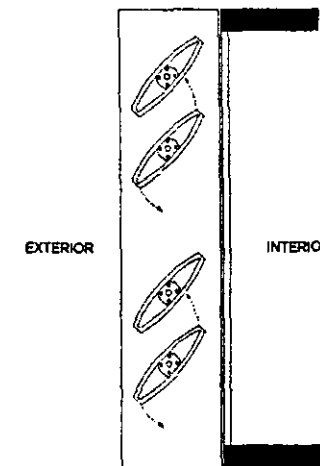


Fig. 36. Posible sistema de protección contra huracanes. En corte láminas horizontales móviles.

3.2. SISTEMAS PASIVOS DE CLIMATIZACIÓN

Los sistemas de climatización, por sus características se han clasificado en:

- Pasivos
- Activos
- Híbridos

El concepto de *Sistemas Pasivos* se emplea para denominar a "...aquellos sistemas en que el flujo de energía calorífica se efectúa por medios naturales (radiación, convección térmica y natural)...se distinguen por la falta de equipamiento mecánico..."⁶¹. Este tipo de sistemas se caracteriza porque forma parte de la estructura misma de la edificación.

Por el contrario, los *Sistemas Activos* son "...aquellos en que la energía utilizable se explota, se aprovecha y se emplea a través de otros elementos como colectores solares, bombas de calor, aire acondicionado, etc..."⁶²

Las formas combinadas de sistemas activos y pasivos se ha denominado *Sistemas Híbridos*. En este caso "...los sistemas pasivos son asistidos por instalaciones técnicas activas adicionales como ventiladores, intercambiadores de calor, etc..."⁶³

3.2.1. SISTEMAS PASIVOS DE CLIMATIZACIÓN PROPUESTOS.

- Balcones y terrazas utilizados con la finalidad de crear zonas sombreadas en muros exteriores. Son favorables en todas las fachadas (Fig.37).

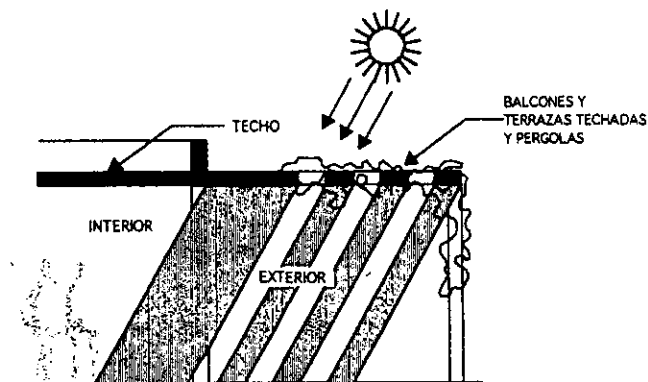


Fig. 37. Uso de balcones y terrazas techadas y pergoladas

- Cámaras de aire. Muy recomendable en techos y muros (sobre todo en el Oeste). Pueden usarse las áreas de closets y vestidores como cámaras de aire amplias. En el caso de los techos se podrían emplear plafones (Fig.38). Estas cámaras deben estar ventiladas para evitar la condensación por humedad.

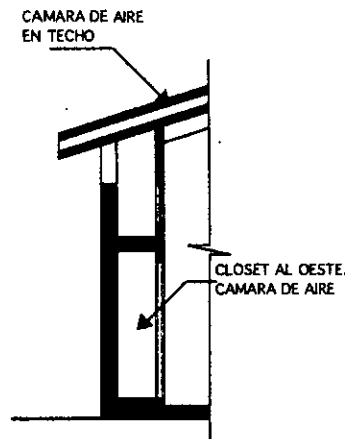


Fig. 38. Uso de closet como recurso de cámara de aire.

⁶¹M. y H. Wachberger. *Construir con el Sol*. Utilización de la energía solar pasiva. Editorial G.Gili, S.A. Barcelona, España. 1984. Pg. 16.

⁶²Idem.

⁶³Idem.

- Chimeneas de viento, utilizadas con el fin de captar las corrientes de viento más altas y con menor temperatura (Fig.39). De nuevo, el inconveniente de este sistema es con relación a la condensación que puede producirse cuando la humedad alcanza sus máximos muy cerca de los valores extremos. El uso de materiales desecantes podría contribuir a reducir este inconveniente. Con respecto al diseño y uso de estas torres de viento, se han realizado recomendaciones constructivas diversas⁶⁴.
- Jardines y áreas verdes para direccionar el viento, proporcionar de áreas de sombra y como balance ecológico del lugar (Fig.40).

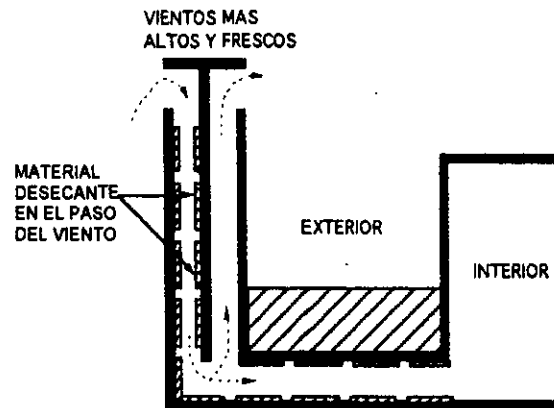


Fig. 39. Captación de vientos altos por medio de chimeneas de viento.

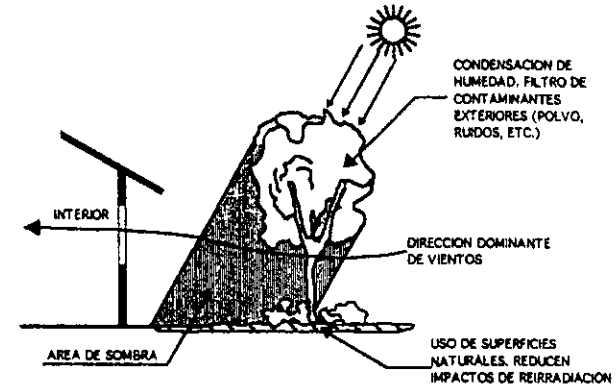


Fig. 40. Las áreas verdes y naturales que encierran múltiples beneficios.

- Doble Muro. Este sistema operativo sirve para lograr la deshumidificación interior por medio de la adición de materiales que absorban parte de la humedad ambiental. Al igual que la chimenea de viento puede presentar enmohecimientos por el exceso de humedad.
- Remetimientos en la envolvente, aleros, partesoles, celosías, etc. para la reducción de los impactos por la radiación solar.
- Persianas para el direccionamiento de los flujos de viento y como sistemas auxiliares de protección solar si se disponen con materiales no transparentes (Fig.41). Aquí es importante recordar que las persianas reducen el área efectiva de ventana.

⁶⁴Olimpia E. Bandala López. *Recomendaciones para el uso y diseño de las torres de viento*. David Morillón G. Bioclimática. Sistemas pasivos de climatización. Universidad de Guadalajara, 1994. Pp. 66-67.

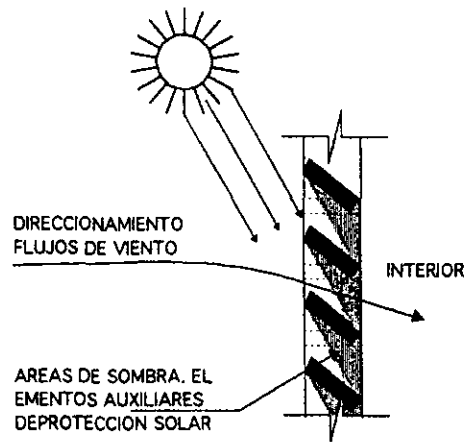


Fig. 41. Uso de persianas como recurso arquitectónico auxiliar múltiple.

Los sistemas pasivos anteriormente descritos se podrán complementar con el apoyo de equipos artificiales como los ventiladores mecánicos, por ejemplo. No obstante, se recomienda evitar su uso mientras las condiciones de comodidad se puedan conseguir exclusivamente por medios naturales.

*IV. Validación de las Recomendaciones
Una Vivienda en Santo Domingo*



VALIDACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES. UNA VIVIENDA EN SANTO DOMINGO, D.N.

De los análisis bioclimáticos de la localidad se obtienen que las condiciones de confort y calor predominan en gran parte del año y como quedó expreso en la Síntesis de Requerimientos Climáticos (Cap. II) a fin de proporcionar confort interior a los usuarios, las estrategias aplicadas a los proyectos deben procurar:

- Reducción de las ganancias térmicas desde el exterior
- Reducción de la humedad (deshumidificar)
- Optimización de la ventilación
- Protección solar
- Protecciones frente a las lluvias y seguridad que minimicen los riesgos por tormentas tropicales y huracanes.

Para el desarrollo de la presente propuesta se ha tomado un terreno con emplazamiento y dimensiones reales en la parte norte de la ciudad de Santo Domingo, en la Urbanización Los Ríos, próximo al Jardín Botánico Nacional. La fecha de cálculo elegida es el día 14 de julio de 1995, en la cual se registró una temperatura máxima record en toda la historia de los registros meteorológicos (36°C).

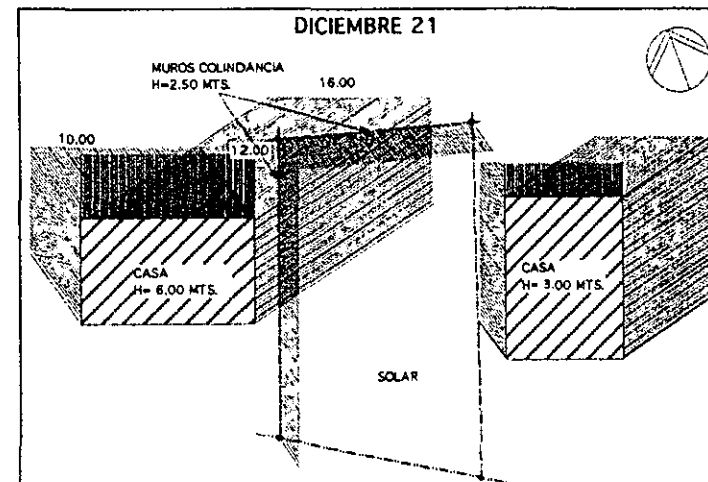
4.1. ESTUDIO SOLAR INTERIOR DEL LUGAR.

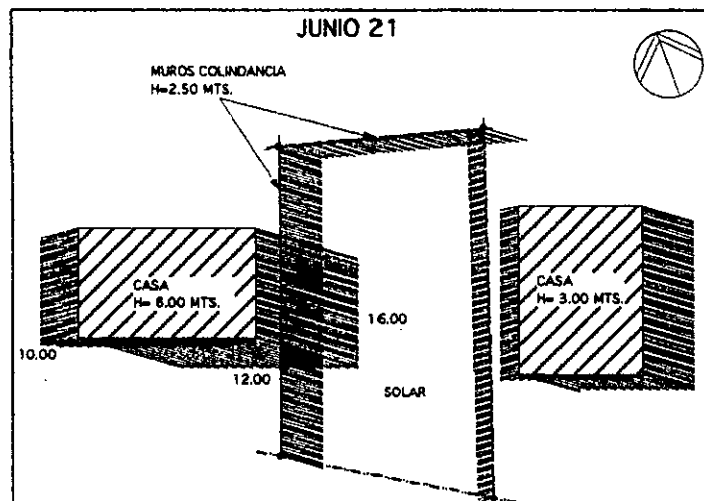
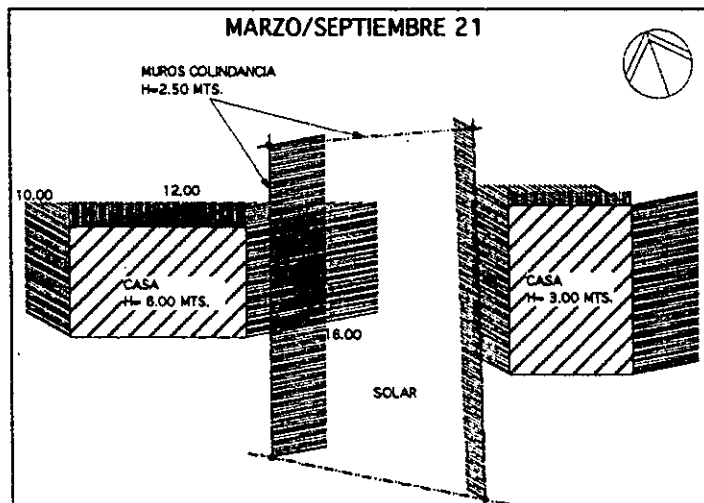
Con respecto al análisis solar interior del terreno, los siguientes diagramas corresponden a los días 21 de Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre, equinoccios y solsticios, respectivamente. En éstos se definen las siguientes condiciones:

- Se tienen viviendas unifamiliares a ambos lados.
- La vivienda localizada al poniente tiene más representatividad para fines de sombreado dada la altura total de la misma. En todas las épocas del año en las horas del atardecer ésta proyecta sombra al terreno elegido lo que

beneficia a esta fachada en las condiciones desfavorables de la tarde para el muro oeste.

- Los muros colindantes producen sombra interior al terreno, misma que se hace más notable en los equinoccios, también en la parte oeste del predio. En la colindancia Norte, por el contrario, sólo se produce sombra en Diciembre y Junio.
- La fachada localizada al sur, no presenta protección alguna proporcionada por edificios o muros cercanos por lo que deberán proveerse protecciones solares a esta fachada.





4.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO.

4.2.1. PROGRAMA ARQUITECTÓNICO.

A continuación se desarrolla una propuesta de vivienda unifamiliar media para la ciudad de Santo Domingo. Se desarrolla una evaluación térmica comparativa considerando las recomendaciones bioclimáticas en el proyecto y eliminando éstas dentro de la misma propuesta. De este modo podrán compararse los flujos de calor en ambos casos, la necesidad de enfriamiento, consumos eléctricos del equipamiento mecánico y las implicaciones económicas de este uso. El programa de áreas propuesto es el siguiente:

- Estacionamientos (2)
- Sala
- Comedor
- Terrazá
- 1/2 baño
- Cocina
- Área de lavado
- Área de servicio
- Un dormitorio con vestidor y baño
- Dos dormitorios
- Baño
- Jardines

4.2.2. PROGRAMA DE NECESIDADES.

Debido a que el período *frío* representa sólo el 17,5% de todo el año, las condiciones invernales tienen relativamente poca importancia para esta evaluación. Las especificaciones de diseño descritas a continuación se basan principalmente en condiciones de altas temperaturas y humedad. Edificaciones en este tipo de climas deberán proyectarse y construirse con el objetivo principal de reducir las cargas caloríficas e incrementar los flujos de aire en el interior.

4.2.3. PROPUESTA CON RECOMENDACIONES BIOCLIMÁTICAS (D.B).

Siguiendo los lineamientos dictados por el estudio del clima en la zona, dentro de la propuesta se incluye:

- La estructuración de las áreas en la propuesta del proyecto sigue las orientaciones sugeridas en el punto 1 de las recomendaciones (cap. III, Diseño del Proyecto).
- En el área de estacionamientos, se propone una sección de techo compacto para permitir una zona de cómodo ascenso y descenso de los vehículos en casos de lluvia; la parte restante será pergolada con plantas de enredadera con el fin de reducir el impacto directo de la radiación en la cubierta. Se propone que la superficie de piso sea desarrollada con pastroceto para los mismos fines.
- En el área de la sala y comedor se proponen aberturas con puertas corredizas en la fachada Este que permitan la captación de viento en su recorrido Norte-Sur-Norte a través del Este. Anexo a la sala, se dispone una terraza techada con pérgolas que contribuya a la protección controlada y de tipo alero, de los rayos solares matutinos. Junto al comedor se desarrolla un área exterior amplia y techada, tal como se sugiere en los requerimientos, y que a su vez sirve de protección al interior. En lo posible las áreas interiores se mantienen sin divisiones altas para permitir el libre flujo del aire en el interior.
- Al Oeste se localizan las áreas de servicio. La cocina fue ubicada al Suroeste para evitar que por efectos de vientos dominantes los olores impregnen el resto de la casa; en este caso se consigue sacar los mismos. El área de lavado, abierta parcialmente, sirve como protección solar a las demás zonas.
- En el primer nivel se propone una sala de estudio la cual fue localizada al Norte para una mayor captación de los vientos en el interior.
- En el nivel superior se localizan los tres dormitorios. Uno principal con baño y vestidor independientes y otros dos con baño compartido. Estas áreas

fueron emplazadas buscando la dirección dominante de los vientos, Norte y Sur.

- Alrededor de la casa, en los exteriores, se proponen áreas verdes que absorban y mitiguen la radiación y no superficies pavimentadas que la reflejen. Adicionalmente queda abierta la posibilidad del uso de hiedra y enredaderas en la superficie de la pared Oeste.
- En el jardín Norte se propone el uso de árboles perennes de crecimiento medio a rápido como los sugeridos en las Recomendaciones y en el Anexo C con el fin de obtener áreas exteriores sombreadas y protección en la fachada Norte en los meses más calientes del verano.
- En el jardín norte se propone el uso de árboles perennes de crecimiento medio a rápido como los sugeridos en las Recomendaciones y descritos en el Anexo "C" con el fin de obtener áreas exteriores sombreadas y proyecciones de sombra en la fachada norte en los meses más cálidos pertenecientes al verano.
- Para el desarrollo constructivo de esta propuesta se buscó utilizar materiales de aplicación común en la construcción local y que se encuentren actualmente disponibles en el mercado nacional.
- Los materiales empleados son: para las paredes, bloques de cemento huecos convencionales con aplanado liso interior y exterior. Para el techo y los entrepisos, losa de concreto tipo Hollowcore Slabs (Fig.38) con cámara de aire integrada. En el caso de la cubierta se termina con una capa de tejas de barro con formas abovedadas que contribuyen a la disipación del calor. El techo es inclinado para fines prácticos por la lluvia y en ambos casos se permite la ventilación de las losas con protecciones contra insectos y animales.

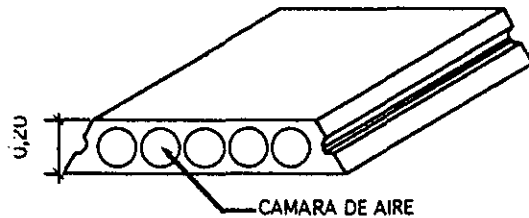


Fig. 38. Esquema del sistema empleado para losas de techos y entrepisos. Sistema prefabricado Hollowcore Slabe tipo PRETINSA Industrial.

- Para las ventanas altas se usa vidrio de color claro tipo persianas. Para el área de balcones se proponen puertas de madera con áreas de persianas que puedan ser empleados como mecanismos de control en la entrada de radiación solar así como el direccionamiento del viento.
- Las superficies de pisos son de cerámica de color crema.
- En los dormitorios 2 y 3 se propone el uso de tragaluces en el techo tipo domo y de material translúcido (plexiglass, Fig.39) para incrementar la iluminación natural.

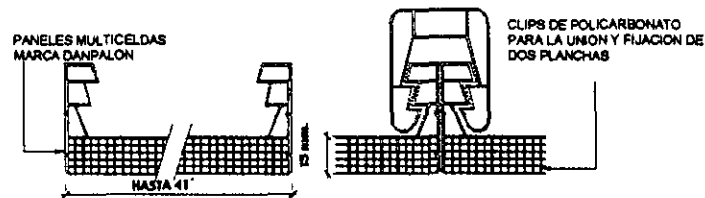


Fig. 39. Esquema de la estructura de plexiglass, propuesta para los domos en el techo de los dormitorios 2 y 3.

- **ÁREA DE EVALUACIÓN.** El área propuesta para ser térmicamente evaluada es el *Dormitorio #2*, el cual está localizado en el extremo Noroeste (NW) de la casa. Esta área tiene una fachada que en la fecha de estudio (14 Julio 1995) es fuertemente castigada por el sol representado condiciones fuera de comodidad aún más acentuadas. Por ello se eligió para el cálculo de

balance térmico. Las medidas que se han tomado en cuenta para la propuesta de diseño de este dormitorio son:

- Localización del área de closet al Oeste (W) con el fin de que cumpla una función de "doble muro", retardando los efectos de calentamiento excesivo por conducción (Fig.40).

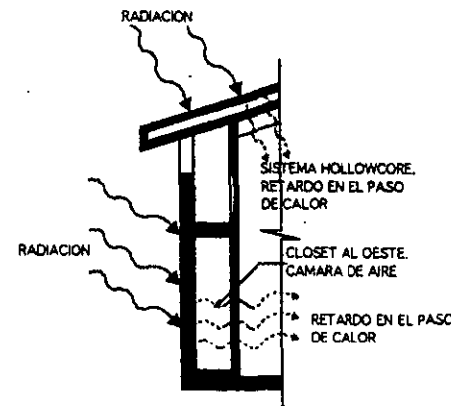
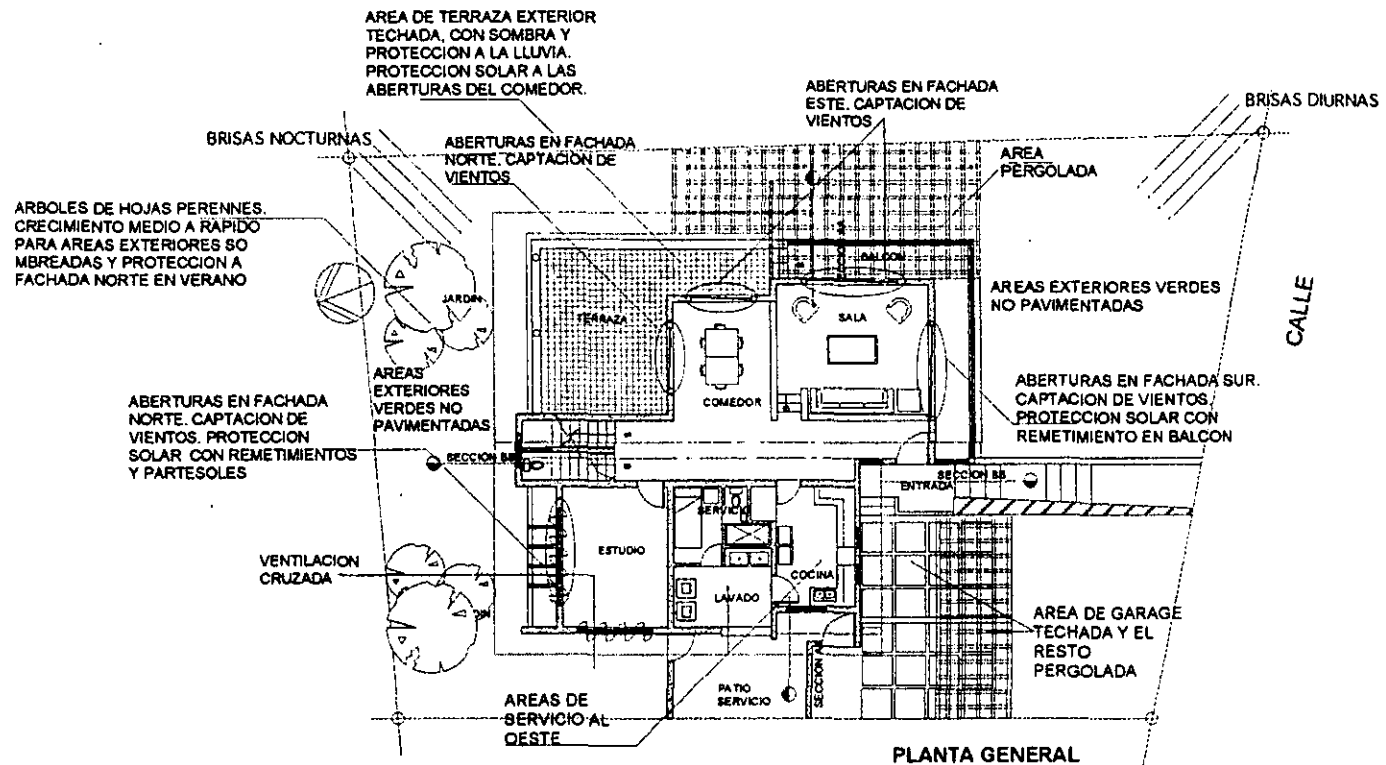


Fig. 40. Closet al Oeste como "doble muro" que retarde el calentamiento interior del dormitorio. Igual función en el sistema de cubierta propuesto.

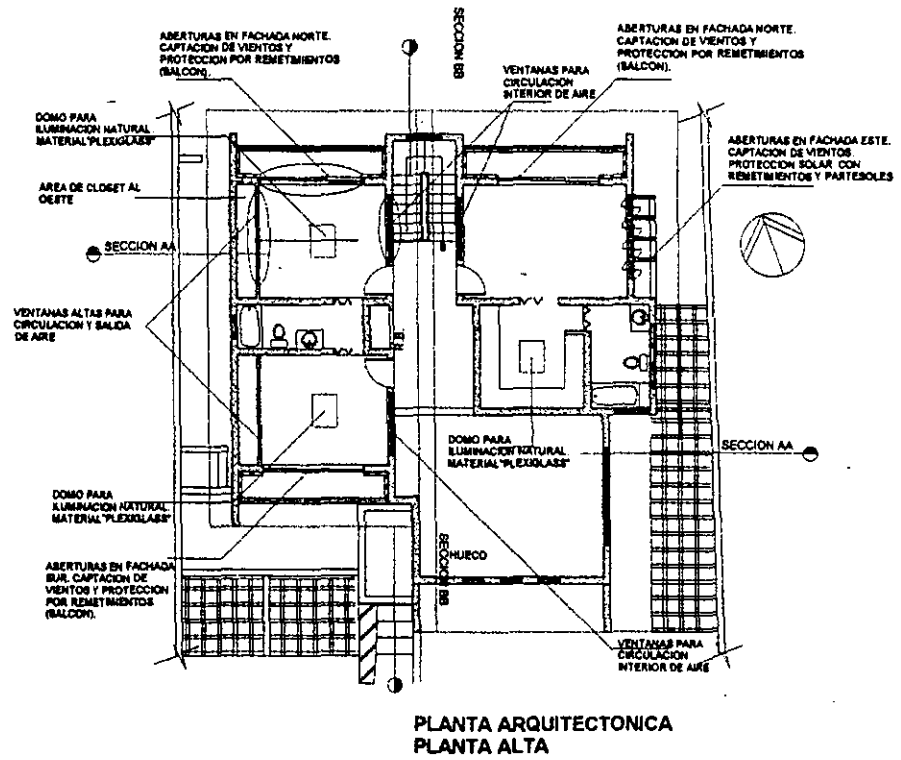
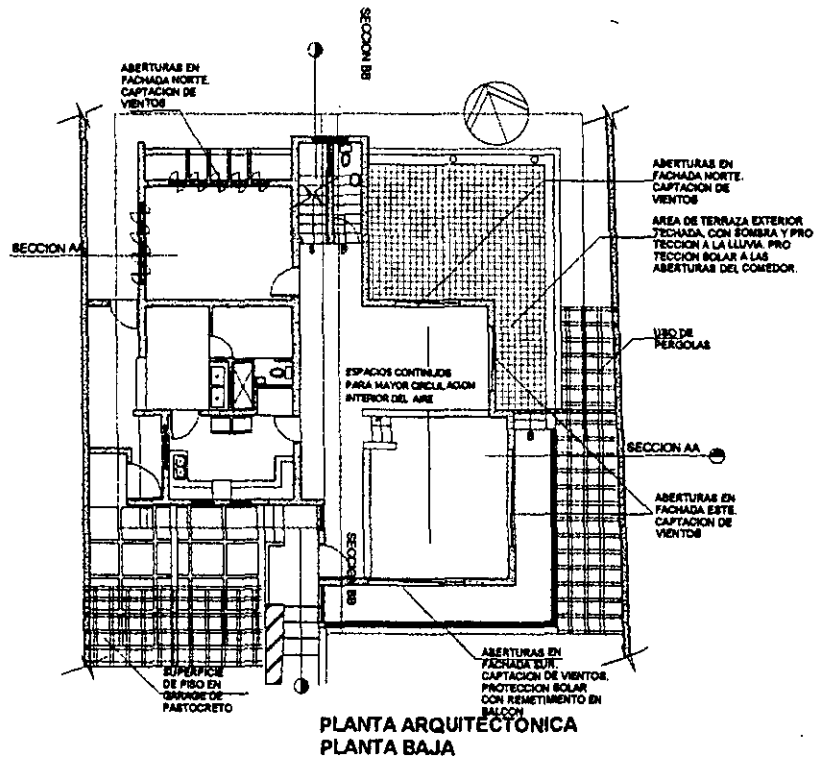
- En esta misma fachada se proponen ventanas altas para la circulación y salida del aire caliente.
- En la pared interior Este, se proponen ventanas corredizas para la circulación interior del aire.
- En la fachada Norte se propone un balcón que sirva como área semiexterior a la vez que funcione como una protección tipo remetimiento a la habitación. Las puertas del balcón son de madera con persianas en su parte central y la parte alta operable de tipo pivote horizontal.
- Uso de techos y entrepisos con el sistema Hollowcore Slabs tipo escudo y ventiladas para reducir las ganancias térmicas.

- En la parte central del dormitorio se propone un sistema de iluminación natural por medio de un tragaluz.
- Las superficies de paredes tanto interiores como exteriores, son propuestas con acabados lisos y de color crema para reducir las ganancias por absorción cromática.

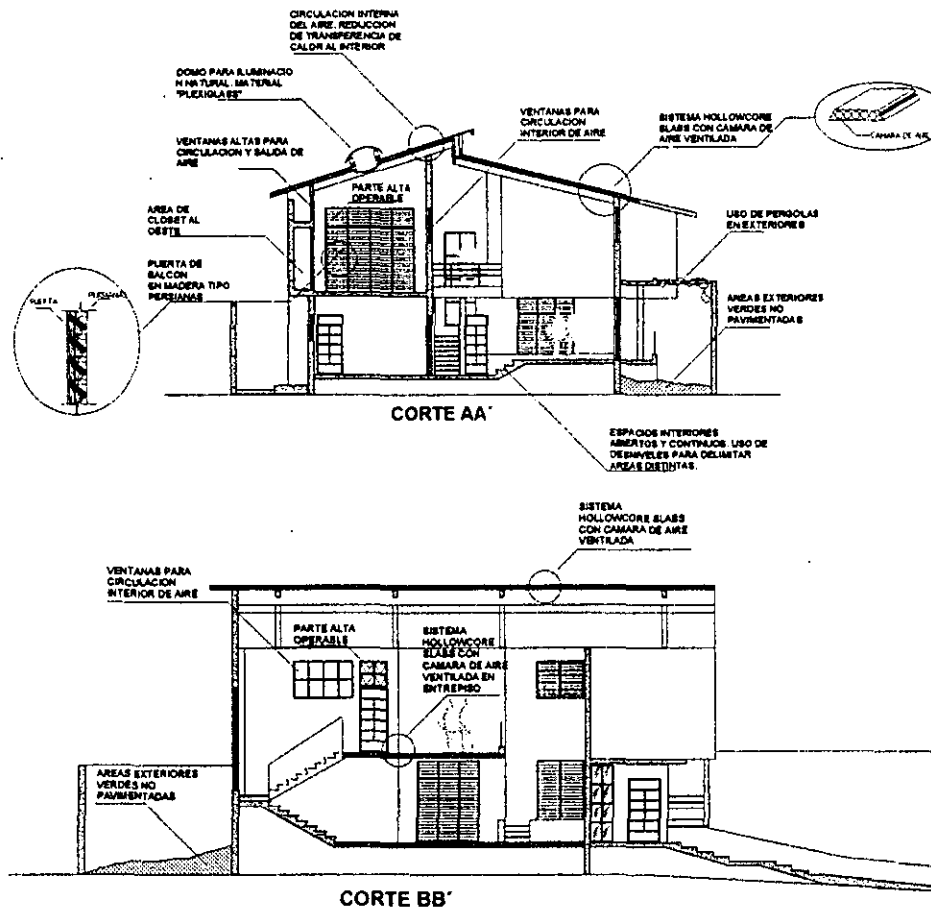
GRÁFICAS. PROPUESTA DISEÑO BIOCLIMÁTICO (D.B.)
PROYECTO GENERAL



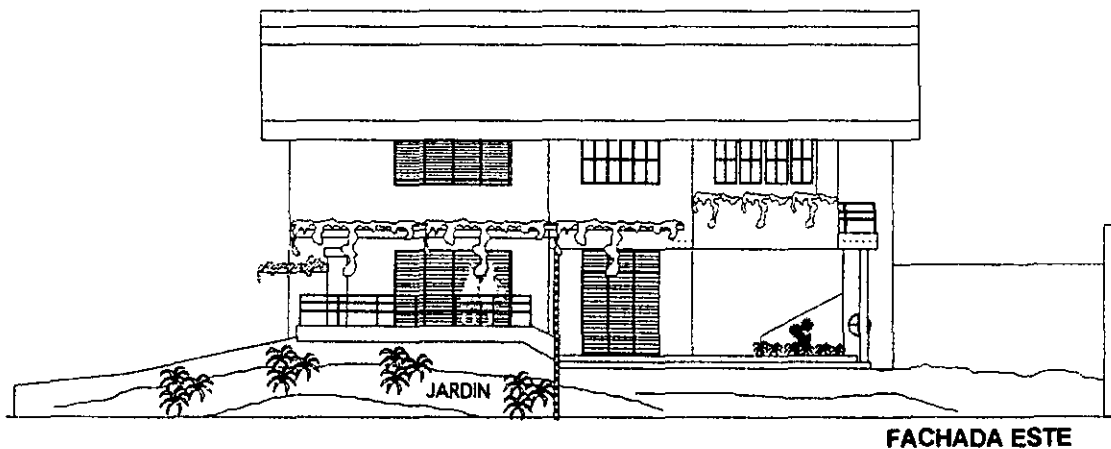
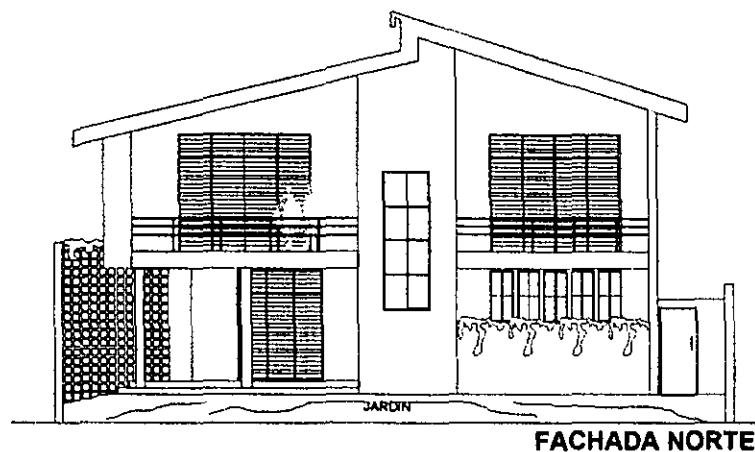
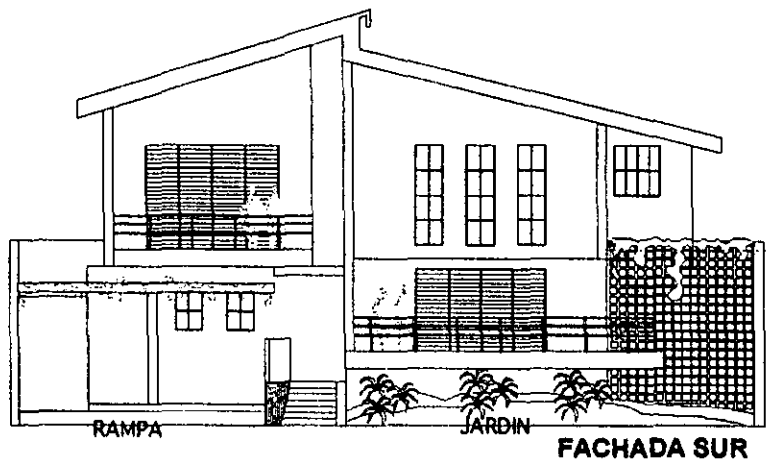
GRÁFICAS. PROPUESTA DISEÑO BIOCLIMÁTICO (D.B.)
PLANTAS ARQUITECTÓNICAS



GRÁFICAS. PROPUESTA DISEÑO BIOCLIMÁTICO (D.B.)
CORTES



GRÁFICAS. PROPUESTA DISEÑO BIOCLIMÁTICO (D.B.)
ALZADOS

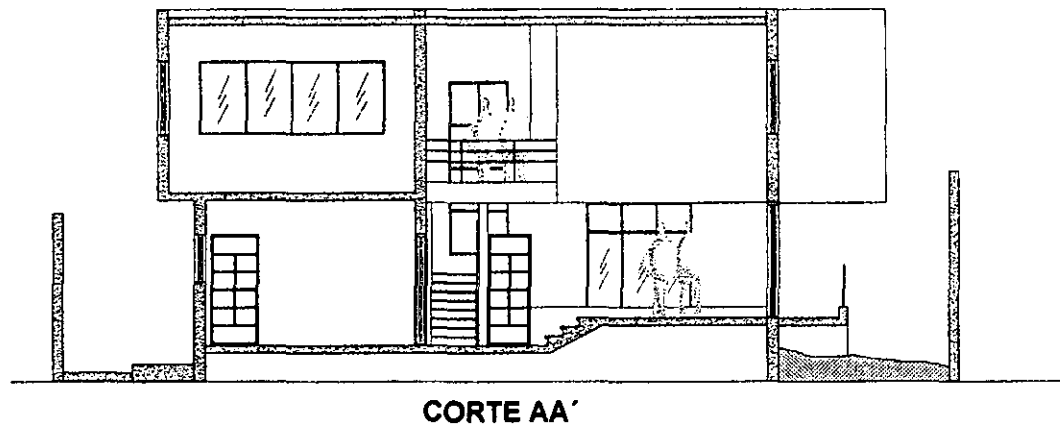


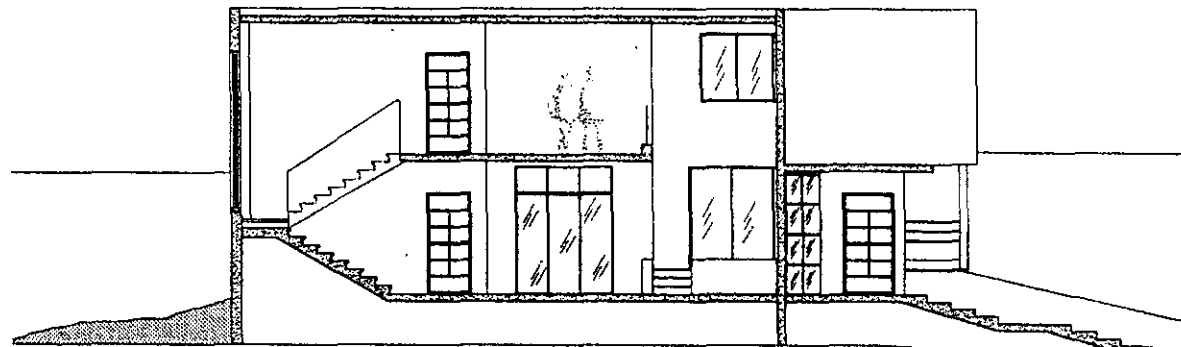
4.2.4. PROPUESTA SIN RECOMENDACIONES BIOCLIMÁTICAS (D.N.B.) DEL AREA EVALUADA.

- La estructuración espacial sigue siendo la misma que en el caso anterior. Para el primer nivel desaparece el área de balcón y la terraza techada del D.B. que contribuían a la protección interior de los rayos solares bajos de la mañana.
- El área de closet al Oeste fue reubicada en el muro Sur. Se mantienen y amplían las aberturas en el muro Oeste sin proveer protecciones solares.
- Se ha eliminado la ventana interior en el muro Este.

- Se prescinde del tragaluz del techo pues las aberturas restantes suplen las necesidades de iluminación natural.
- Se eliminó el balcón y las puertas de éste han sido sustituidas por ventanales corredizos de vidrio sin protecciones solares.
- Los techos y entrepisos se han cambiado por masa compacta en concreto. En el caso del techo se eliminan las inclinaciones y se asume como una losa horizontal compacta convencional. En consecuencia, el volumen de aire interior queda reducido y la incidencia de radiación en la cubierta aumenta.
- El resto de materiales para paredes y pisos, así como la primera propuesta cromática de colores claros se mantienen igual.

**GRÁFICAS. PROPUESTA DISEÑO SIN RECOMENDACIONES BIOCLIMÁTICAS (D.N.B.)
CORTES**





CORTE BB'

4.3. PATRÓN DE USO DE LA VIVIENDA.

Este diagrama representa las mayores frecuencias horarias de uso de espacios para esta localidad y para esta fecha del año. El mismo está basado en las actividades propias desarrolladas por una familia con este tipo de viviendas en esta ciudad.

Se ha especificado entre "Uso frecuente" y "Uso posible", en el entendido de que, dada la naturaleza del proyecto, podrán eventualmente suceder actividades propias de un ciclo, fuera del mismo o superpuesto con su horario de uso más frecuente.

**TABLA 22.
PATRÓN DE USO DE LA VIVIENDA.**

Horas (14/07/95)	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00
Sala								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Comedor																	■	■	■	■	■	■	■	■
Cocina																								
Servicios																								
Dormitorios***	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Adicionales																								
Exteriores																								

■ Uso frecuente

■ Posible uso

4.4. EVALUACIÓN TÉRMICA.

El modelo de cálculo empleado para esta evaluación térmica es el propuesto por la A.S.H.R.A.E. y presentado con ecuaciones simplificadas por Sámano, Vázquez y Morales⁶⁵ y que considera el flujo calorífico como sigue:

- Ganancias de calor por CONDUCCIÓN (Qcond).
- Ganancias directas de calor por RADIACION SOLAR (Qshg).
- Ganancias de calor por VENTILACIÓN (Qvent).
- Ganancias de calor por INFILTRACIÓN (Qinf).
- Ganancias de calor generadas por los OCUPANTES del local (Qmet).
- Ganancias de calor generadas por EQUIPOS ELÉCTRICOS (Qlight).

En el siguiente balance térmico se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los materiales y sistemas constructivos corresponden a los de uso común y disponibles actualmente en el país. La única variación que se sugiere es con respecto a las losas de techo y entrepiso que todavía no son empleadas con frecuencia en este tipo de edificaciones (se usan mucho más a nivel industrial).
- El diagrama de patrón de usos se basa en las condiciones generales de vida de una familia media "estándar" de la ciudad de Santo Domingo.
- Las medidas operacionales tomadas (por ejemplo abrir/cerrar ventanas, encender/apagar equipos, etc) se han ajustado a la mayor simplicidad posible; esto es, no se propone un esquema especial para este modelo de estudio que pudiera implicar complicaciones y alteraciones a los usuarios.

⁶⁵D.A.Sámano, B. Vázquez y D. Morales. "Carga Térmica en un edificio con almacenamiento térmico". Notas del curso de actualización de Energía Solar 1998. Centro de Investigación en Energía, Temixco, Morelos. C.I.E., U.N.A.M. y Posgrado en Energía Solar. 1998. Pp. 261-270.

- **CALCULO DEL FLUJO DE CALOR POR CONDUCCIÓN (QCOND).** Se ha calculado para todas las horas. En el caso del muro Oeste y de los techos ha sido necesario determinar los coeficientes de convección, libre y forzada, respectivamente, cuyas ecuaciones se fundamentan en el diferencial de temperatura producido por un fluido intermedio, que en este caso es el aire contenido o en circulación en las cámaras.
- Para el cálculo por conducción en la pared Oeste con closet (para D.B.) se ha utilizado el coeficiente de convección libre⁶⁶, mismo que se ha determinado según la ecuación propuesta por J.P. Holman⁶⁷:

$$h = 0,95 * (\Delta t)^{1/3} \quad (2)$$

Donde:

h= coeficiente de convección libre

Δt = diferencia de temperatura de la pared y de la corriente.

- Para el cálculo por conducción en el techo (para D.B.) se ha utilizado el coeficiente de convección forzada, mismo que se ha determinado según la ecuación del mismo autor⁶⁸:

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

⁶⁶Otras propuestas de fórmulas simplificadas (tanto para convección libre como forzada) pueden encontrarse en:

- William McAdams. *Transmisión de Calor*. Ediciones del Castillo. Publicado por McGraw-Hill Book Company, 3era. Edición. 1964. Madrid, España. Pp. 189 y 194-195.
- Donald Kern. *Procesos de Transferencia de Calor*. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. Vigésimo sexta impresión. 1995. México D.F. Pp. 259 y 62-63.
- Robert Bird, Warren Stuart, et.al. *Fenómenos de Transporte*. Editorial Reverté, S.A. de C.V. 2da. Reimpresión. 1995. México, D.F. Pp. 13.25-13.29.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers. *ASHRAE Handbook of Fundamentals*, 1972. New York, EE.UU. 1972 Pp. 40 y 43.

⁶⁷Cfr. J.P.Holman. *Transferencia de Calor*. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. Publicado por McGraw-Hill Book Company. 1era. Edición, 1988. México, D.F. Pg. 321.

⁶⁸Idem. Pg. 256.

$$q = m \cdot c_p \cdot (\Delta t) \quad (3)$$

Donde:

q= rapidez de transferencia del calor

m= velocidad media del fluido (del viento)

c_p= calor específico del fluido a presión constante

Δt = diferencia de temperatura de la pared y de la corriente.

Una vez determinada la rapidez de transferencia del calor, se obtiene el coeficiente de convección forzada:

$$q = h \cdot A \cdot (\Delta t) \quad (4)$$

Se despeja de (4) y se obtiene:

$$h = q / A \cdot (\Delta t) \quad (5)$$

Donde:

h= coeficiente de convección forzada

q= rapidez de transferencia del calor obtenida en (2)

Δt = diferencia de temperatura de la pared y de la corriente.

- **CALCULO DEL FLUJO DE CALOR POR VENTILACIÓN (QVENT).** Las ventanas se cierran durante el período comprendido entre las 7.00 y 20.00 hrs. para evitar ganancias de calor desde el exterior.
- **CALCULO DEL FLUJO DE CALOR POR RADIACIÓN SOLAR DIRECTA (QSHG).** En el caso del D.B. las ventanas al Este y Oeste están siempre sombreadas por ser interiores. Las persianas de la puerta del balcón al Norte, se encuentran protegidas de la radiación solar directa por el rematamiento del balcón y las protecciones laterales tipo partesoles. Durante todo el día y para esta puerta, sólo se tiene flujo de calor por conducción. En el caso del D.N.B., las ventanas carecen de protecciones solares y debido a los ángulos azimutales, la ventana norte recibe radiación directa durante las mañanas mientras que la ventana oeste la recibe en las tardes.

- **CALCULO DEL FLUJO DE CALOR POR INFILTRACIÓN (QINF).** Se ha calculado para todas las horas. Para el D.B. se ha tomado un valor medio de cambios de aire por infiltración por hora igual a 2.0 por la presencia de aberturas con cierre "limitado" como las persianas. Para el D.N.B. se ha reducido al mínimo propuesto por la ASHRAE igual a 1.0 cambio por hora debido a las variaciones ya mencionadas en cuanto a la cantidad y características de las ventanas y puertas.
- **CALCULO DEL FLUJO DE CALOR POR PERSONAS (QMET).** Se ha calculado para las horas en que estará ocupado el cuarto y que han sido indicadas en el diagrama de usos frecuentes.
- **CALCULO DEL FLUJO DE CALOR POR APARATOS ELÉCTRICOS (QLIGHT).** Se ha calculado para las horas en que estará ocupado el cuarto y que han sido indicadas en el diagrama de patrón de usos de la vivienda (Tabla 22).

Para el cálculo comparativo en el D.N.B. las consideraciones de uso son las mismas. Las variaciones son en cuanto a la parte arquitectónica. Los coeficientes de convección calculados para el caso del D.B. son eliminados en este caso (D.T.).

Este método tiene ciertas limitantes (por ejemplo que se está evaluando "un punto dentro de la habitación"). Por estas razones los cálculos dan una cantidad imperfecta de intercambios caloríficos. No obstante, para los fines de precisión que nos ocupan, estos cálculos pueden considerarse como una medida apropiada para comparar el comportamiento con relación a las diversas distribuciones de flujos de calor en la edificación. El uso de programas computarizados no fue empleado en este caso por encontrarse fuera de los alcances definidos para esta investigación.

4.5. EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ECONÓMICA.

Una vez definidos los flujos de calor para ambos casos, (D.B. y D.N.B.) podrán establecerse las necesidades de refrigeración requeridas. A partir de éstas, se desarrolla una evaluación energética y económica acerca de las implicaciones que tendría el uso de equipamiento mecánico en las viviendas.

Esta evaluación se ha desarrollado según el siguiente procedimiento:

- Tomando el valor máximo en kW (térmicos) para el día de cálculo con máximas temperaturas, se define la carga de enfriamiento que debe proporcionarse.
- Con esta necesidad de enfriamiento se define el equipamiento mecánico idóneo para suplir la misma.
- Se calcula el gasto en kWh (eléctricos) que representa el uso de dicho equipo siguiendo las referencias de consumo promedio del mismo proporcionadas por el fabricante.
- Utilizando las tarifas vigentes para el pago por consumo de energía eléctrica, se calcula el monto económico que debe pagarse por el empleo de los equipos mecánicos utilizados.
- Se definen las repercusiones energéticas y económicas a nivel nacional tomando como referencia los datos disponibles de construcción habitacional en el país.

En la siguiente evaluación se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- Según las necesidades de refrigeración obtenidas del cálculo térmico deberá enfriarse de las 11.00 a las 24.00 hrs. (Ver Gráfica 16). Siguiendo el Diagrama de Patrón de Uso de la Vivienda, la habitación evaluada estaría ocupada de las 14.00 a las 7.00 hrs. por lo que sólo será necesario el enfriamiento en algunas de estas horas.

- Según el Diagrama de Isorequerimientos, durante todo el año de las 14,00 a las 24,00 hrs. es necesario enfriar por lo que este período se considerará igual para todo el año excepto en los meses de Enero, Febrero y Marzo (Ver Isorequerimientos, Tabla 13). El total de horas a enfriar al año es de 3,532 horas.
- El equipo de A/A empleado para esta evaluación es un sistema convencional de 12,000 BTU equivalente a 1,0 Ton. de refrigeración.
- En todos los casos se ha asumido la construcción actual de las viviendas, por lo que para el cálculo económico el costo de la energía eléctrica tomado es el vigente a Julio del 2000⁶⁹. La tarifa empleada para el pago por este consumo sigue la siguiente estructura:

• De 0 a 50 kWh	RD\$ 1,06	(US\$0,067)
• De 51 a 250 kWh	RD\$ 1,43	(US\$0,089)
• De 251 kWh en adelante	RD\$ 2,56	(US\$0,159)
- Para el cálculo de implicaciones energéticas y económicas nacionales se han asumido los siguientes datos con respecto a la construcción de viviendas:
 - Total de viviendas construidas en 1998 según informes presidenciales, 56,331 viviendas⁷⁰.
 - Total de viviendas que "deberían" ser construidas por año y durante los próximos 10 años para poder superar el déficit habitacional actual según estimaciones presentadas por el Arq. Rafael Calventi, 100 mil viviendas por año⁷¹.

⁶⁹Corporación Dominicana de Electricidad. Tarifa Oficial factura de Luz en vivienda unifamiliar a Julio del 2000.

⁷⁰Informe de Presentación de las Memorias del Gobierno Dominicano correspondientes al año de 1998, pronunciado por el Presidente Dominicano Dr. Leonel Fernández el 27 de febrero de 1999. Fuente: <http://www.presidencia.gov.do/dis27feb99.html> Julio, 2000.

⁷¹Pássim Rafael Calventi. Hacia una Nueva Política para el Sector Vivienda y Aentamientos Humanos. Fuente: <http://www.periferia.org/publications/forocalventi.html> Julio, 2000.

- Para todos los casos se ha calculado la repercusión en el uso de estos equipos asumiendo que:
 - el 100% de las viviendas usen este sistema.
 - el 75 % de las viviendas usen este sistema.
 - el 50% de las viviendas usen este sistema.
 - el 25% de las viviendas usen este sistema.
- Para la conversión monetaria de costos de peso dominicano (RD\$, moneda nacional dominicana) a dólares norteamericanos (US\$), se ha tomado la tasa oficial de cambio a Julio del 2000 dictada por el Banco Central de la República Dominicana con equivalencia de US\$ 1,00 = RD\$ 16,05⁷².
- Para la estimación del costo inicial de la vivienda que se está estudiando, se han definido los "costos constructivos adicionales" por concepto de sistemas de protecciones solares y acondicionamiento natural para el D.B. El total de estos sistemas representa una inversión inicial adicional en la construcción de aproximadamente US\$500,00.

4.6. RESULTADOS.

Confort.

Se inició el cálculo con una Temperatura Interior de 24,0°C a las 12.00hrs. cerrando el ciclo de 24 horas a las 11.00hrs. con 23,7°C. Para el caso del D.B. la diferencia entre la primera temperatura asignada y la última obtenida por cálculo, se mantiene dentro de un rango de variación razonable por lo que podemos decir que la elección de la primera temperatura fue acertada.

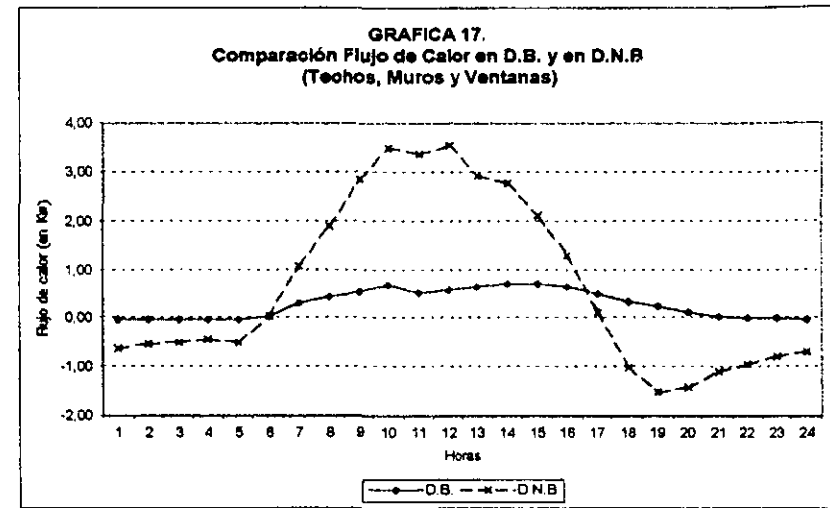
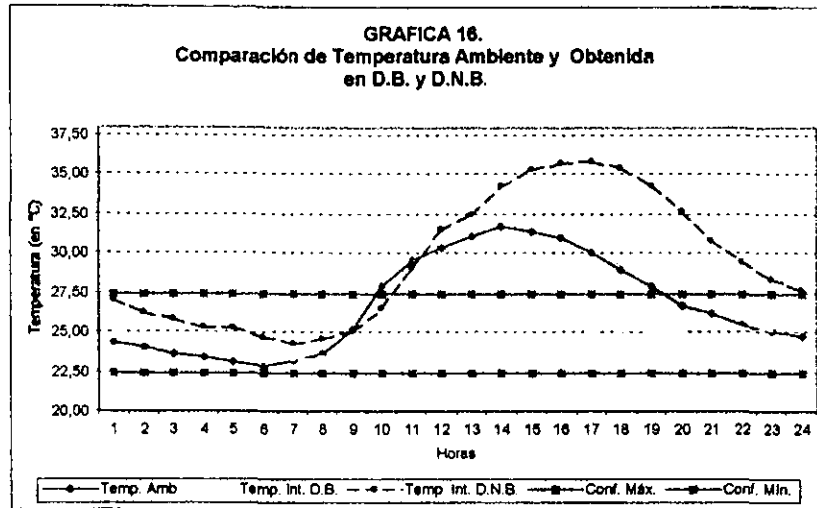
Como se muestra en los resultados de la gráfica y tabla de Temperatura Ambiente y Temperatura Interior Obtenida (Gráfica 16 y Tabla 23), las recomendaciones propuestas y aplicadas en este proyecto (D.B.), arrojan

resultados satisfactorios en cuanto al **Confort**. Se consigue que durante todo el día la habitación evaluada logre estar dentro de los rangos de comodidad calculados y, considerando que ha sido el día más cálido de la localidad en toda la historia de los registros climatológicos, las temperaturas interiores se mantienen en un buen nivel de confort con diferencias de más de 7,0°C (14.00 hrs.). La temperatura interior más baja se registra a las 7,00hrs. (23,3°C) y la más alta a las 24,00 hrs. (25,1°C).

TABLA 23.
COMPARACIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTE E INTERIORES OBTENIDAS EN D.B. Y D.N.B.

Hora	Temp. Amb.	D.B. Temp. Int.	D.N.B. Temp. Int.
1,00	24,41	25,2	27,0
2,00	24,06	24,7	26,3
3,00	23,70	24,4	25,8
4,00	23,43	24,0	25,3
5,00	23,17	23,8	25,3
6,00	22,80	23,5	24,7
7,00	23,28	23,3	24,3
8,00	23,70	23,4	24,6
9,00	25,21	23,5	25,1
10,00	28,00	23,6	26,5
11,00	29,58	23,7	29,1
12,00	30,47	23,9	31,6
13,00	31,18	24,3	32,5
14,00	31,80	24,4	34,4
15,00	31,44	24,4	35,3
16,00	31,09	24,6	35,8
17,00	30,11	24,8	35,9
18,00	29,04	24,9	35,4
19,00	28,00	25,0	34,4
20,00	26,73	25,1	32,6
21,00	26,19	25,2	30,8
22,00	25,57	25,2	29,5
23,00	25,13	25,2	28,4
24,00	24,77	25,5	27,6

⁷²Banco Central de la República Dominicana. Departamento de Cuentas Nacionales y Estadísticas Económicas. División de Precios. Fuente: <http://www.listin.com.do/dinero.html> Julio, 2000.



En el caso de la propuesta en que quedaron eliminadas las recomendaciones iniciales (D.N.B.), las temperaturas muestran que se logra estar dentro de la franja de confort en menos de la mitad del día, durante las madrugadas y sólo parte de las mañanas (1,00hr. a 10,00hrs). En las 14 horas restantes, la temperatura interior se encuentra fuera de la zona de comodidad. La temperatura interior más baja corresponde a las 7,00hrs. (24,3°C) y la más alta a las 17,00hrs. (35,9°C).

En cuanto al flujo de calor que representan los elementos arquitectónicos (Gráfica 17), para el caso del D.B. las mayores ganancias se obtienen por los muros, en segundo lugar por las ventanas y finalmente por el tragaluz del techo. Las ganancias aportadas por la superficie de techo, a pesar de ser fuertemente irradiada durante las tardes, son prácticamente nulas debido a la cámara de aire ventilada que se ha propuesto y que con la renovación constante del aire, amortigua estas transferencias.

En el D.N.B., en cambio, el primer lugar en aporte de cargas térmicas corresponde a la cubierta, seguida por los muros y ventanas que varían en ganancias y pérdidas dependiendo la hora del día. Las diferencias de ganancias térmicas en uno y otro caso es notoria obteniendo valores más extremos en el caso de un proyecto de D.N.B. En consecuencia, se incrementa la necesidad de más mecanismos para eliminar los excesos de calor producidos en la segunda propuesta.

El total de cargas térmicas para el proyecto con recomendaciones bioclimáticas (D.B.) es de 7,0 kW térmicos. En el caso del D.N.B. estas cargas son más de dos veces las del D.B., con un total de 15,6 kW térmicos.

En lo que se refiere al control de humedad para estar en confort, los procedimientos de cálculo aún no nos aportan un alto grado de precisión. Sin embargo, en la propuesta se ha integrado el uso de materiales desecantes que

ayuden en lo posible, a reducir la humedad del ambiente y aún cuando no ha quedado definido el porcentaje de reducción que aportan, suponemos que efectivamente se ha podido conseguir bajar la humedad del aire en el interior. Es necesario, por lo tanto, obtener evaluaciones más profundas y precisas en esta temática y evaluar la efectividad en el uso de estos materiales desecantes en lugares como Santo Domingo donde a ciertas horas los valores de humedad se aproximan a los límites de saturación del aire.

Con relación al aspecto **Energético** se ha calculado una necesidad mínima de 1.0 Ton. de refrigeración para poder restituir el confort durante las horas requeridas en el D.N.B. Esto implica el uso de un equipo de aire acondicionado de 12,000 BTU, como mínimo, con un consumo promedio de 1,0kWh lo que representa un total de 3,532 kWh anuales sólo por el uso de 1 equipo en una vivienda.

Energéticas.

- A nivel **INDIVIDUAL**, para 1 vivienda con 1 equipo de aire acondicionado como quedó especificado y usado durante todo el año (3,532 hrs. al año), se tiene:

TABLA 24.
CONSUMO PROMEDIO ANUAL Y MENSUAL (EN KWH) EN UNA VIVIENDA (CON A/A).

1 vivienda	Con 1 A/A
Consumo anual (en kWh/año)	3.532
Consumo Promedio Mensual (en kWh/mes)	294

En el uso de 1 A/A el consumo promedio por año es de 3,532 kWh/año; considerando que se utilicen 2 ó más equipos de A/A, el consumo anual se incrementa proporcionalmente.

- A nivel **NACIONAL** y para las consideraciones asumidas y especificadas en el punto 4.1.5. las implicaciones energéticas son como siguen:

TABLA 25.
CONSUMO PROMEDIO ANUAL (EN MWH) SEGÚN LOS ESTIMADOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN REP. DOM. CON A/A.

Año	Cantidad de viviendas	DEMANDA ADICIONAL POR USO DE A/A	
		Mínima (en MWh/año) (25% viv. con 1 A/A)	Máxima (en MWh/año) (100% viv. con 3 A/A)
1998	56,331	49.740,27	596.883,28
2000	100.000	88.300,00	1.059.600,00
2010	1.000.000	883.000,00	10.596.000,00

En la Tabla 25 se han especificado los consumos extremos, mínimo y máximo, considerando, para el primer caso, que sólo un 25% de las viviendas construidas utilizan 1 A/A; en el segundo caso, se estimó que el 100% utiliza hasta 3 equipos de A/A. Para el total de viviendas construidas en el año 1998, los valores obtenidos muestran una demanda mínima de 49.740,27 MWh/año y una máxima de 596.883,28 MWh/año adicionales para suplir el funcionamiento del sistema de aire acondicionado.

Para los restantes años que se han considerado en esta evaluación, los totales anuales de demanda se incrementan variando de 88,300,00 MWh/año en el caso mínimo de las 100 mil viviendas, a 10,596,000,00 MWh/año en el extremo

máximo y en el supuesto de que se construyera un millón de viviendas del año 2000 al 2010.

Si por otro lado consideramos que aún cuando existe confort térmico (en el caso del D.B.), y por la alta humedad del lugar, regularmente se emplean los ventiladores como mecanismo auxiliar para incrementar el efecto refrescante del viento, tenemos:

- A nivel **INDIVIDUAL**, para 1 vivienda con 1 ventilador usado durante todo el año (3,532 hrs. al año), se tiene:

TABLA 26.
CONSUMO PROMEDIO ANUAL Y MENSUAL (EN KWH) EN UNA VIVIENDA (CON VENTILADOR).

1 vivienda	Con 1 ventil. (kWh/año)
Consumo anual (en kWh/año)	212
Consumo Promedio Mensual (en kWh/mes)	17,66

El consumo por uso de ventiladores representa el 6,0% del total por empleo de sistemas de aire acondicionado, con una demanda promedio de 212 kWh/año por el uso de 1 ventilador. Los ahorros a nivel **NACIONAL** se reducen en esta

misma proporción alcanzando una economía del orden del 94,0% en la demanda de energía eléctrica por uso de estos equipos, tal como se muestra en la Tabla siguiente:

TABLA 27.
CONSUMO PROMEDIO ANUAL (EN MWH) SEGÚN LOS ESTIMADOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN REP. DOM. (CON VENTILADOR).

Año	Cantidad de viviendas	DEMANDA ADICIONAL POR USO DE VENTILADOR	
		Mínima (en MWh/año) (25% viv. con 1 ventil.)	Máxima (en MWh/año) (100% viv. con 3 ventil.)
1998	56,331	2.984,42	35.813,00
2000	100.000	5.298,00	63.576,00
2010	1.000.000	52.980,00	635.760,00

En este caso los valores varían entre una demanda mínima de 2.984,42 MWh/año y una máxima de 35.813,00 MWh/año para el año de 1998 por el funcionamiento de ventiladores en las viviendas.

El uso de ventiladores se ha considerado para la propuesta de D.B. puesto que para el D.N.B. resultaría insuficiente el uso exclusivo de estos equipos por la demanda de refrigeración requerida (1 Ton. de refrigeración para el D.N.B.).

Económicas.

Las repercusiones **Económicas** aparecen descritas en el mismo orden:

- A nivel **INDIVIDUAL**, para 1 vivienda con 1 equipo de aire acondicionado como quedó especificado y usado durante todo el año (3,532 hrs. al año), se tiene:

**TABLA 28.
GASTO PROMEDIO ANUAL Y MENSUAL (EN US\$) DE UNA VIVIENDA (CON A/A).**

1 vivienda	Con 1 A/A
Gasto anual (en US\$)	544,61
Gasto Mensual (en US\$)	45,38

Los costos adicionales por el pago del consumo de energía eléctrica por uso de equipos de aire acondicionado ascienden a US\$ 544,61 por año en una vivienda con un A/A, lo que traducido a todo el territorio nacional tiene una importancia económica relevante.

- A nivel **NACIONAL** y para las consideraciones asumidas y especificadas en el punto 4.1.5. las implicaciones económicas son como siguen:

**TABLA 29.
GASTO PROMEDIO ANUAL (EN US\$) SEGÚN LOS ESTIMADOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN REP. DOM. (CON A/A).**

Año	Cantidad de viviendas	COSTO ADICIONAL POR USO DE A/A	
		Mínimo (en US\$/año) (25% viv. con 1 A/A)	Máximo (en US\$/año) (100% viv. con 3 A/A)
1998	56,331	7.669.544,62	92.034.535,42
2000	100.000	13.615.140,19	163.381.682,24
2010	1.000.000	136.151.401,87	1.633.816.822,43

Económicamente los costos varían, siguiendo el criterio de los casos extremos, entre 7 y 92 millones de dólares para el caso del año 1998; y entre 13 y mil millones de dólares para los casos restantes.

Considerando el uso de ventiladores, los costos que su funcionamiento implica son como siguen:

- A nivel **INDIVIDUAL**, para 1 vivienda con 1 ventilador usado durante todo el año (3,532 hrs. al año), se tiene:

TABLA 30.
GASTO PROMEDIO ANUAL Y MENSUAL (EN US\$) DE UNA VIVIENDA (CON VENTILADOR).

1 vivienda	Con 1 ventil.
Gasto anual (en US\$)	17,56
Gasto Mensual (en US\$)	1,46

El costo por uso de ventiladores representa un total del 3,25% de lo que se pagaría en caso de usar aire acondicionado.

- A nivel **NACIONAL** las implicaciones económicas son como siguen:

TABLA 31.
GASTO PROMEDIO ANUAL (EN US\$) SEGÚN LOS ESTIMADOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN REP. DOM. (CON VENTILADOR).

Año	Cantidad de viviendas	COSTO ADICIONAL	
		Mínimo (en US\$/año) (25% viv. con 1 ventil.)	Máximo (en US\$/año) (100% viv. con 3 ventil.)
1998	56,331	249.668,82	2.996.025,83
2000	100.000	443.217,45	5.318.609,35
2010	1.000.000	4.432.174,45	53.186.093,46

En este caso los costos varían entre 249 mil y 2 millones de dólares para el caso del año 1998; para los casos restantes la variación va de 443 mil a 53 millones de dólares.

Tomando los datos de viviendas construidas en el año 1998, y en el supuesto de que se asuman los puntos extremos de ambos casos para realizar una visión comparativa (que sólo el 25% de las viviendas ocupen 1 sistema de A/A y que el 100% de éstas utilicen 3 ventiladores cada una), tenemos:

TABLA 32.

COMPARACIÓN DE LOS GASTOS ENERGÉTICOS Y ECONÓMICOS NACIONALES EN EL USO DE UN AIRE ACONDICIONADO EN 25% DE LAS VIVIENDAS Y 3 VENTILADORES EN EL 100% DE ÉSTAS.

Total de viviendas construidas en el año 1998: 56,331 viviendas	Consumo energético (en MWh/año)	Costo energético (en US\$/año)	Costo energético (en US\$/mes)
Para 1 A/A en 14,082.75 viviendas (25%)	49,30	7.599.912	633.326
Para 3 ventiladores en 56,331 viviendas (100%)	35,50	2.968.020	247.335

El total de energía eléctrica demandada para poner a funcionar 1 equipo de A/A en 25 % de las viviendas es 28% mayor que la necesaria para operar 3 ventiladores en el 100% de las viviendas por lo que la energía por operación del A/A es 1,4 veces la cantidad de energía para operación de los 3 ventiladores. Por otro lado, el costo por pago de consumo de energía eléctrica por 1 equipo de A/A en el 25% de las viviendas es 61% mayor que el total a pagar por la operación de 3 ventiladores en el 100% de las viviendas. El costo por operación del A/A es 2,6 veces el costo por operación de todos los ventiladores.

En cuanto al costo inicial de la vivienda, aún cuando se consideran los valores adicionales por protecciones solares en el D.B., el total inicial sigue siendo menor que el de un D.N.B. en caso de que se considere la compra e instalación

de un sistema de aire acondicionado en este último caso. En caso contrario, la diferencia a pagar es de US\$500.00 aproximadamente.

Por lo anteriormente visto, las recomendaciones propuestas y aplicadas responden satisfactoriamente para conseguir condiciones de comodidad en el área evaluada que representa una zona desfavorable dentro del proyecto considerando además las condiciones extremas de la fecha seleccionada. Se deja abierta la posibilidad de que para reducir aún más los efectos de ganancia térmica por el muro Oeste, se incluya el efecto positivo que puede representar la presencia de enredaderas adheridas a la superficie de este muro. Se trabajó con condiciones climáticas extremas, en otras condiciones por debajo de las asumidas, los resultados siempre serán ganancia.



CONCLUSIONES.

La arquitectura tiene su origen en la búsqueda por humanizar el entorno de los individuos adecuándolo para el desarrollo de las actividades humanas. Muchas veces ésta no se desarrolla teniendo como punto central la relación e integración arquitectura-medioambiente, sin embargo, el entorno y sus condicionantes la influyen de manera importante. En consecuencia, debe entenderse la arquitectura como un *medio* de integración entre el hombre y la naturaleza que le brinda cobijo y protección.

Al proyectar una edificación es importante no sólo considerar los factores económicos, funcionales, formales, estéticos, etc. confiando en que con unos "pocos reajustes" podrán obtenerse condiciones óptimas en el interior. Si el diseño no resulta satisfactorio desde las etapas iniciales no habrá especialista que pueda dar una solución eficaz; y si lo hay, las implicaciones económicas serán cuantiosas.

Por otro lado, no debe confundirse el concepto de una "casa bioclimática" como una solución "*internacional*" y "*universal*" pues los diferentes tipos de climas, los materiales de cada zona, las condiciones culturales y otras, definen que deben existir soluciones particulares estudiadas y posibles de desarrollar. Ya es hora de tomar en cuenta los problemas acarreados por la importación indiscriminada de modas, proyectos, tecnologías, materiales, etc. que son lógicos en las condiciones donde fueron creados, pero que pueden resultar contraproducentes en otros con condiciones contrarias. El hecho de que avancemos de acuerdo a los procesos de modernización no debe implicar una destrucción ambiental. Por el contrario, se supone que se debe emplear más el ingenio humano y la tecnología para lograr alcanzar mejores niveles de vida.

A nivel mundial aparecen aplicaciones claras de los conceptos de arquitectura bioclimática que son ejemplos positivos para el reforzamiento de estas ideas.

Las nuevas propuestas y proyectos han demostrado que es factible hacer arquitectura confortable incrementando significativamente los ahorros de energía y la calidad ambiental. En la presente investigación se ha desarrollado una propuesta fundamentada en las recomendaciones generales de diseño que fueron presentadas. Se evaluó numéricamente con resultados muy satisfactorios para los fines de *Confort* humano. Con el D.B. se proporcionan condiciones de comodidad interior durante todo el día con diferencias de más de 7°C con relación a un proyecto de D.N.B. La hipótesis propuesta, por lo tanto, ha quedado comprobada. Es factible que el espacio analizado funcione en forma "*pasiva*" empleando los elementos naturales para proporcionar confort en el interior. Además se tienen otras repercusiones del funcionamiento pasivo de la propuesta evaluada en diferentes aspectos: energético, económico, social ambiental, entre otros.

En el aspecto *Energético* se produciría una reducción inmediata en los consumos energéticos de la vivienda teniendo más ahorro de energía. A una escala mayor, se podrá tener un significativo ahorro en el consumo de energía eléctrica a nivel nacional. Como muestra la evaluación energética que se ha desarrollado el consumo de energía para un D.B. representa sólo el 6% del total consumido en un D.N.B., esto en el supuesto de que en un D.B. se incluyan ventiladores. Anualmente el consumo para viviendas con equipos de acondicionamiento artificial puede reducirse de 3,532kWh si se usa un aire acondicionado, a 212 kWh en caso de usar un ventilador. Debe considerarse además la reducción y desaparición a largo plazo del déficit energético actual que permitiría que las crisis en el suministro de electricidad se puedan ir controlando progresivamente.

Estas reducciones en materia energética producirán a su vez ahorros *Económicos* tanto individual como nacionalmente, representando ventajas importantes para todo el crecimiento y desarrollo económico del país.

Anualmente el uso de un sistema de aire acondicionado como el que quedó especificado en la evaluación económica (de 12,000 BTU) representaría un costo actual aproximado por concepto de pago de energía eléctrica de US\$544.61 o lo que es igual a US\$45.38 mensualmente sólo por este consumo. Tomando como referencia las viviendas construidas en el año 1998, el uso de un aire acondicionado en sólo un 25% de las viviendas significaría un gasto superior a los US\$7 millones anuales en energía eléctrica. Adicionalmente deben considerarse las macro inversiones que serán necesarias para la producción de esta energía demandada.

A nivel **Social**, podemos referirnos a las mejoras que serían posible en la economía de las familias sobre todo de aquellas con más limitaciones económicas quienes, al vivir en una casa diseñada con conceptos bioclimáticos, pagarían menos por la operación y el mantenimiento de la casa sobre todo por la reducción en el consumo de energía eléctrica por uso de equipos de acondicionamiento mecánico. Como un beneficio social indirecto cabe mencionar la disminución de emisiones de CO₂ al ambiente por la reducción en el consumo de energía eléctrica puesto que en la actualidad la producción de electricidad nacional en República Dominicana se basa fundamentalmente en las plantas de turbogas y termoeléctricas (87%). Además la promulgación de este tipo de propuestas puede ir generando una nueva *actitud* mucho más consciente acerca del uso *racional* de la energía entendiendo los beneficios que esta racionalización aporta energética, económica y ambientalmente.

Otras de las implicaciones favorables de la presente propuesta es en el renglón **Ambiental** el cual podrá verse beneficiado pues se reducirá la "agresividad" de la arquitectura frente al medio natural ya que un D.B. por lo general integra más el medio ambiente al proyecto creando un microclima particular y especial. Por otro lado y considerando la energía eléctrica que deja de demandarse y utilizarse en el caso del D.B. (sobre todo para el uso de equipos de enfriamiento) se reducirá la cantidad de contaminantes que se emiten al medio

ambiente. Hay investigaciones que muestran datos anuales con relación a la emisión del CO₂ al ambiente en los cuales se ha estimado que un D.B. dejaría de emitir al aire 155 Toneladas de CO₂ durante toda su vida útil (en este caso se ha tomado una vida útil para la vivienda de 40 años)⁷³.

En esta investigación se ha evaluado una vivienda unifamiliar y las implicaciones nacionales tomando ésta como punto de referencia puesto que el renglón habitacional es el que representa actualmente mayores consumos energéticos a nivel nacional (Ver Capítulo I). Habrá de considerarse adicionalmente los excedentes de demanda energética que se generan en los campos restantes (industrial, de servicios, etc.).

A partir de este trabajo entendemos la importancia de incrementar y fomentar la difusión de los temas e investigaciones *bioclimáticas* a fin de hacerlos del más amplio conocimiento posible. En este sentido, nuestra investigación busca exponer y dar a conocer la temática con el objeto de llegar tanto a profesionales en práctica como a estudiantes en formación. Queremos extender las fronteras de los conocimientos adquiridos durante esta Maestría permitiendo una expansión más efectiva de este *mal llamado* concepto, Arquitectura Bioclimática.

Nos queda claro que todavía falta mucho por investigar, cuestionar y desarrollar. Estas recomendaciones son una primera aproximación hacia el acondicionamiento bioclimático de edificaciones en la Ciudad de Santo Domingo, con el objetivo de proponer este documento a las instituciones gubernamentales relacionadas con la arquitectura, construcción y administración de servicios de energía eléctrica, a fin de incorporar estas recomendaciones a los reglamentos de construcción local dando el seguimiento adecuado en todo el proceso constructivo de los edificios. Asimismo, y a

⁷³Péssim David Morillón G; Manuel López P. *et.al. Impacto Social y Ambiental del Diseño Bioclimático*. Memorias del Congreso Asociación Nacional de Energía Solar, ANES 2000.

reserva de supervisiones de tipo didáctico, se propone incluir los estudios de Arquitectura y Clima con un carácter más profesional y profundo en las licenciaturas de Arquitectura de todo el país. En este sentido, sería muy beneficioso la implementación de Talleres y Seminarios periódicos en los que se expongan nuevos trabajos, proyectos y obras construidas que hayan sido desarrollados bajo la concepción bioclimática. También el intercambio entre las diferentes Escuelas de Arquitectura nacionales ofrecería la posibilidad de un enriquecimiento mucho mayor y ayudaría a mantener una actualización y motivación constantes en estos temas.

También proponemos que en una fase posterior sean llevadas a cabo investigaciones subsecuentes a la aquí presentada de manera más profunda y específica en cuanto a "Materiales Locales de Construcción" y "Sistemas Constructivos Nacionales" que hagan de estas recomendaciones un recurso cada vez más eficiente y menos costoso potencializando su difusión en la *práctica* y no quedando nuevamente en la "teoría sin ejecutar".

Particularmente en cuanto a la temática de Deshumidificación reconocemos que es poco lo que hasta la fecha se ha desarrollado al respecto, por lo que es recomendable hacer más investigaciones específicas sobre este tema así como en diseños que optimicen los ejemplos que han sido citados en este documento validándolos experimentalmente con aplicación particular en ciudades con altos índices de humedad, como es el caso de Santo Domingo.

Adicionalmente se requieren estudios y el suministro de información técnica detallada sobre las características térmicas de materiales de construcción nacional por parte de los fabricantes y que estén disponibles en el mercado.

Por otro lado se propone la construcción de una vivienda que siga este tipo de recomendaciones o lineamientos a la que pueda darse un seguimiento

monitoreado. En este caso la misma no fue construida por obvias razones tanto de tiempo como de dinero. De esta forma se podría validar de forma experimental el comportamiento térmico aquí expuesto y demostrado de manera teórico-numérica.

Consideramos que todavía es posible prevenir situaciones que puedan ocasionar impactos irremediables en la ciudad y en el país. La validación aquí expuesta, hasta donde fue desarrollada, deja claro que es posible hacer arquitectura respetando el medio en el que se hagan las propuestas y desarrollando edificios que respondan a ese contexto. Con el manejo de las características climáticas y físicas que ofrece cada región puede reducirse de manera considerable o total el uso de equipamientos mecánicos y el consecuente consumo energético y desgaste ambiental que producen. En esta investigación se han asumido diversas circunstancias y proporciones en el uso de equipamiento mecánico a fin de que quede demostrada la descontrolada magnitud que puede alcanzar el uso irracional de equipos con altos consumos energéticos como consecuencia de un diseño climáticamente inadaptado que no ofrezca condiciones de comodidad por medios naturales.

Depende de los profesionales en el área así como de los integrantes que habitan cada proyecto arquitectónico, el aprovechar o ignorar las capacidades y potenciales que nos brinda el medio natural; no sólo al proyectar y construir, sino a todo lo largo de la vida del edificio.

Finalmente, queremos aclarar que no pretendemos bajo ningún concepto tirar por la borda lo que ya existe. Tampoco estamos elaborando un "decálogo o manual de aplicación obligatoria", lo que buscamos en primera instancia es hacer un llamado a la conciencia para obtener un cambio de **actitud** con relación a las propuestas de diseño que pueden perfectamente ir a la par con el desarrollo tecnológico actual.

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. (1972 y 1981). *ASHRAE Handbook of Fundamentals*. ASHRAE. New York, EE.UU.

ASOCIACIÓN NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR, Estado de Chihuahua. (1997). *Memorias XXI Semana Nacional de Energía Solar 1997*.

BIRD, Robert y STUART Warren, et.al. (1995). *Fenómenos de Transporte*. Editorial Reverté, S.A. de C.V. 2da. Reimpresión. México, D.F.

BROWN, G.Z. (1994). *Sol, luz y viento: estrategias para el diseño arquitectónico*. Editorial Trillas. México, D.F.

COMISIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD TÉRMICA DE LAS EDIFICACIONES Y EL ESPACIO URBANO. *Recomendaciones para mejorar la Calidad Térmica de las Edificaciones*. Maracaibo, Estado de Zulia, Venezuela.

GARCÍA CHÁVEZ, José Roberto. (1995). *Viento y arquitectura: el viento como factor del diseño arquitectónico*. Editorial Trillas. México, D.F.

GIVONI, Baruch. (1976). *Man, climate and architecture*. Londres, Inglaterra.

GIVONI, Baruch. (1997). *Climate Considerations in Building and Urban Design*. Van Nostrand Reinhold. Printed in U.S.A.

HARTSHORN, Gary y ANTONINI, Gustavo. et. Al. (1981). *República Dominicana: perfil ambiental de un país, un*

estudio de campo. Editorial JRB Associate. Virginia, E.U.A.

HERTZ, John. (1989). *Arquitectura Tropical*. Centro de Estudios Teológicos de la Amazonia. Iquitos, Perú.

INSTITUTO NACIONAL DE LA VIVIENDA (I.N.V.I.). (1985). *Evaluación de la Producción Informal de Viviendas*. Santo Domingo, República Dominicana. Documento No. DOM/81/003/16.

IZARD, Jean Luis. (1980). *Arquitectura Bioclimática*. Editorial McGraw-Hill. Barcelona, España.

KENT, Donald. (1995). *Procesos de Transferencia de Calor*. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. Vigésimo sexta impresión. México D.F.

KOENIGSBERGER, SZOKOLAY. Et. al. (1977). *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*. Editorial Paraninfo, S.A. Madrid, España.

KONYA, Allan. (1981). *Diseño en Climas Cálidos*. Manual Práctico. Editorial Blume. 1era. Edición. Madrid, España.

MCADAMS, William. *Transmisión de Calor*. (1964). Ediciones del Castillo. Publicado por McGraw-Hill Book Company. 3era. Edición. 1964. Madrid, España.

MORILLÓN, David, MORALES, J. Diego, GÓMEZ A., Gabriel, LÓPEZ P., J. Manuel. (1999). *Diplomado en Diseño Bioclimático, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez*. Ciudad Juárez, Chihuahua, Septiembre.- Noviembre de 1999. México.

MORILLÓN, David. (1994). *Bioclimática. Sistemas pasivos de climatización*. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco. México.

OGLYAY, Víctor. (1998). *Arquitectura y Clima: Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*. FRONTADO, Josefina y CLAVET, Luis. Traducción. Editorial Gustavo Gilli, S.A. 1era. Edición en castellano. Barcelona, España.

ONU, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. (1973). *Diseño de viviendas económicas y servicios de la comunidad, Vol.1: El clima y el diseño de las casas*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales ONU. Nueva York.

PATRICIO, Ignacio. *La Protección Solar*. (1999). Editorial Bisagra. 3era. Edición. Barcelona, España.

PUPPO, Ernesto. (1972). *Acondicionamiento Natural y arquitectónico: ecología en arquitectura*. Editorial Marcombo. Barcelona, España.

SAMANO, Diego A.; MORALES, J. Diego; MORILLÓN, David. *Aspectos Bioclimáticos en el Diseño de Edificios Confortables de Máxima Eficiencia Energética*. Energía y Ecología, S.A. Posgrado de la Facultad de Arquitectura, UNAM, CONAE. México, D.F.

TUDELA, Fernando. (1982). *Ecodiseño*. Universidad Autónoma Metropolitana (U.A.M.) Unidad Xochimilco México, D.F. UNITE PEDAGOGIQUE D'ARCHITECTURE DE MARSEILLE.

UNITE PEDAGOGIQUE D'ARCHITECTURE DE MARSEILLE. ARVELO, Rafael. (1997) *Conception Bioclimatique de*

l'architecture destinee a l'habitation a Saint Domingue, Republique Dominicaine. Travail personnel de fin de troisieme cycle. Unite Pedagogique D'Architecture de Marseille. Francia.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

MORALES, José Diego. (1989). *Climatización Natural en edificios de climas cálidos.* Tesis de Doctorado. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura, UNAM. México, D.F.

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRIQUEZ URENA.

AMARO B., Rhina Altagrafia. (1992). *El bioclimatismo para la arquitectura en Santo Domingo.* Tesis de

Arquitectura. Facultad de Arquitectura, UNPHU. Santo Domingo, Rep. Dom.

REVISTAS.

ALCOCER LUJAMBIO, Arturo. "Arquitectura y Ecología". *Revista Enlace. Arquitectura y Ecología.* Año 3, No. 6, 1993. Pp. 38-39.

EL-REFAIE, M.F. "Performance Analysis of External Shading Devices". *Building and Environment.* Vol.22. No.4, 1987. Pp. 269-284.

GARCÍA CHÁVEZ, José Roberto. "Lineamientos ecológicos, energéticos y bioclimáticos en el diseño de edificaciones". *Revista Enlace. Arquitectura y Ecología.* Año 3, No. 6, 1993. Pp. 60-65.

KOLOKOTRONI, M y YOUNG A.N. "Guidelines for bioclimatic houses in Greece". *Building and Environment.* Vol. 25, No.4. 1990. Pp. 297-308.

MERCEDES S., Claudia Roxanna. (1999). "Hace más de medio siglo: Arquitectura Bioclimática". *Arquitexto, Revista de Arquitectura.* Edición No.28. Año 1999. Pp. 50-54.

INFORMACIONES DISPONIBLES EN INTERNET.

- Arquitectura Latinoamericana y Paisaje Natural. <http://www.coacade.uv.mx/formas/ponencia.html>, Septiembre, 1999.
- Bueno, Mariano. *¿Qué es una edificación verde?* Asociación de Estudios Geobiológicos. <http://ctv.es/USERS/sam/ecohabitat/bloconstruccion.htm>. Mayo, 1999.
- G. de Diego, Margarita. *Arquitectura de Vanguardia y Ecología.* <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n5/amlux.html>. Mayo, 1999.
- G. de Diego, Margarita. *Arquitectura Integrada en el medio ambiente.* <http://habitat.aq.upm.es/cs/p3/a019.html>. Mayo, 1999.
- Gómez, José Angel. *Arquitectura Bioclimática.* http://smuz.cps.unizar.es/pag/SmUZ_0242.html. Mayo, 1999.
- González Claverán, Jorge. *La Vivienda Rural y la Calidad de Vida en los Asentamientos Rurales en el Marco del Desarrollo Sustentable.*
- Grossman, Luis J. *La Arquitectura de Siempre.* <http://www.coacade.uv.mx/formas/ponencia.html>, Septiembre, 1999.
- Mayorga C., J.Raymundo. *Edificios con diseño bioambiental, ¿utopía o realidad?* Mayo, 1999.
- Segre, Roberto. *La Arquitectura Antillana del Siglo XX.* <http://www.periferia.org/publications.htm>. Sept, 1999.

RECOMENDACIONES BIOCLIMÁTICAS PARA EL DISEÑO URBANO Y ARQUITECTÓNICO DE LA CIUDAD DE SAN PÉDRO DOMINGO
REPÚBLICA DOMINICANA



GLOSARIO.

AISLAMIENTO TÉRMICO. Material que presenta una resistencia térmica relativamente alta al paso del calor y son empleados para reducir el flujo del mismo.

ALEROS. Elemento de protección solar de forma horizontal que sobresale la parte superior del vano obstruyendo la componente vertical de la radiación solar.

ALTITUD. Es la referencia de los lugares con respecto al nivel medio del mar. Se mide en metros.

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA. Arquitectura proyectada y construida integrando al máximo los edificios a su entorno natural, proporcionando comodidad a los usuarios y con un gasto energético y ecológico bajo. Se usan como sinónimos los términos arquitectura *pasiva*, *verde* o *greenarchitecture*, *ecológica*, etc.

ARQUITECTURA SOLAR. En este caso se proyecta y construye con una prioridad básica: el sol. Se diseña de acuerdo al recorrido solar previendo las protecciones y controles que sean necesarios o bien permitiendo la acción de los rayos solares sobre la estructura y la entrada de éstos al interior. También se llama Helioarquitectura.

ARQUITECTURA VERNÁCULA. Es aquella que responde a una unidad familiar, a su forma de vida y uso y a las demás edificaciones de actividades complementarias de la comunidad, que mantienen un sistema constructivo específico transmitido por experiencia de generación en generación y cuyo resultado volumétrico y espacial y los detalles sirve para identificarla. Está enfocada de acuerdo a la idiosincrasia de los pueblos y varía de forma dinámica evolucionando en función de los cambios culturales, sociales, económicos y materiales de los mismos.

ASOLEAMIENTO. Cantidad de luz y calor que percibe una edificación determinada o las paredes, techos y ventanas de la misma en un espacio de tiempo dado, teniendo en cuenta la sombra eventual por obstáculos naturales y /o construidos.

AUTOCLIMATIZACIÓN. Consiste en diseñar y construir una edificación que por sí misma pueda regular los flujos de calor proporcionando ambientes de comodidad durante todo el año.

AZIMUT. Ángulo formado por un plano vertical y el plano del meridiano del punto de observación, utilizado principalmente para el sol. Junto a la altura solar define la ubicación del sol en un momento y lugar determinados.

BIOCLIMA. Relación de los elementos del clima que pueden influir en la sensación de comodidad fisiológica (temperatura, humedad, radiación y viento).

BIOCLIMATOLOGÍA. Estudio de los procesos que relacionan y vinculan a los seres humanos con el clima, estableciendo unos niveles de comodidad dependientes de los intercambios energéticos de éstos con el medio ambiente.

CALOR ESPECÍFICO. Es la cantidad de energía calorífica requerida para producir un cambio de unidad de temperatura por unidad de masa. Es una constante para cada material. Se mide en Julios / Kg °C.

CALOR LATENTE. Cantidad de energía calorífica absorbida por unidad de masa de una sustancia durante un cambio de estado sin que haya un cambio de temperatura.

CALOR SENSIBLE. Cantidad de energía calorífica absorbida por una sustancia al elevar su temperatura pero sin cambio de estado físico

CALOR. Es una forma de energía que aparece como movimiento molecular en las sustancias. Se mide en Julios (J).

CAMARA DE AIRE. Son espacios delimitados por dos planos y pueden estar ventilados o no. Se usan como elementos que retarden el paso del calor entre superficies.

CAPACIDAD CALORIFICA. Capacidad que tienen los materiales de almacenar calor, está en función del calor específico, la densidad y la masa por unidad de volumen. Se mide como la cantidad de calor requerido para elevar en 1° la temperatura de una unidad de volumen o de área de superficie.

CENIT. Punto de la esfera situado en la vertical sobre el observador.

CLIMA. Término que procede del griego *klima* y representa estadísticamente el estado más frecuente de la atmósfera en un lugar determinado.

CLIMATIZACIÓN ARTIFICIAL. Es el conjunto de operaciones y actividades en que sí se emplean procedimientos técnicos que utilizan energéticos convencionales para lograr la comodidad.

CLIMATIZACIÓN NATURAL. Es el conjunto de operaciones y actividades que se desarrollan con el fin de mantener condiciones de temperatura, humedad y ventilación utilizando para ello los recursos del clima sin procedimientos técnicos que utilicen energía convencional.

CLIMATOLOGÍA. Parte de la meteorología que estudia los fenómenos físicos que se verifican en la zona de contacto y entre los elementos constitutivos del planeta (atmósfera, hidrósfera y litósfera).

COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN TÉRMICA "U". cantidad de calor que pasa en una unidad de tiempo a través de los elementos constitutivos de una edificación con una unidad de superficie de 1m² que tenga una diferencia de temperatura de 1°C entre sus caras interior y exterior.

COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISIÓN DE CALOR. Cantidad de calor que transmite el cerramiento por unidad de superficie para una diferencia de temperatura de 1°C medida en W/m²°C.

CONDUCCIÓN TÉRMICA. Desplazamiento de energía en forma de ondas en el interior de un mismo material, en un tiempo que le es propio y dependiente de su coeficiente de conductividad.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA. Propiedad de los materiales que determina el flujo de calor en unidad de tiempo por conducción a través de una unidad de espesor y de una unidad de área de un material a través de una unidad de temperatura. Se expresa en W/m²°C.

CONFORT. Es un anglicismo adoptado para enunciar el concepto de *comodidad*. Las condiciones de *comodidad* se obtienen cuando se produce una descarga de calor a una cierta rapidez que permite mantener la temperatura corporal entre 36.5°C y 37.5°C con el mínimo esfuerzo, permitiendo el desarrollo del trabajo fisiológico en óptimas condiciones.

CONVECCIÓN. Forma de transmisión de energía en formas de calor por desplazamiento de moléculas de un fluido (aire, agua, etc.)

DESHUMIDIFICACIÓN. Condensación del vapor de agua existente en el aire. Puede efectuarse enfriando por debajo del punto de rocío o por extracción de vapor de agua con métodos químicos o físicos.

ECODISEÑO. Propone el diseño con la naturaleza y no al margen de la misma. Este concepto fue propuesto por E. Neira.

ECOTÉCNICAS. Son las aplicaciones de energías renovables (solar, eólica, etc.) que permiten mejorar la calidad de vida pero sin producir deterioros en el medio ambiente natural. Los sistemas que integran ecotécnicas permiten conservar y aprovechar los recursos renovables existentes.

ELEMENTOS DEL CLIMA. Son los agentes que, combinados de una forma particular, dan individualidad a una región determinada.

EMISIVIDAD. Capacidad de una sustancia para emitir energía radiante. Se produce por la relación del flujo de energía que emite un cuerpo con respecto al que emite un cuerpo negro ideal a la misma temperatura.

ENERGÍAS NO RENOVABLES. Son recursos que proceden del procesamiento de otros energéticos, que dependen de la existencia de los primeros para la suya propia como los hidrocarburos.

ENERGÍAS RENOVABLES. Son recursos energéticos que proceden de la naturaleza misma, de su comportamiento. Son *renovables* pues se repiten indefinidamente como las corrientes de viento, las corrientes marinas, etc.

ENFRIAMIENTO CONVECTIVO. Enfriamiento producido por el cambio de aire interior por aire exterior, si es que éste último se encuentra a una temperatura inferior que la del aire interior.

ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO. Enfriamiento producido por el intercambio entre el aire y una superficie húmeda o agua.

ESTRATEGIA. Es el arte o la capacidad para coordinar un cierto número de acciones y actuar en la búsqueda de alcanzar un fin determinado, un objetivo.

EVAPOTRANSPIRACIÓN. Suma total del agua que se evapora del suelo y la transpiración de las plantas que crecen en el mismo.

FACTORES DEL CLIMA. Son el conjunto de agentes que de alguna forma influyen en los elementos del clima modificándolos.

FENÓMENOS ESPECIALES. Son todos los fenómenos meteorológicos anormales que se salen de cierta regularidad (huracanes, vientos muy fuertes, tifones, granizos fuera de estación, etc.).

HUMEDAD. Se refiere a la cantidad de vapor contenido en la atmósfera, debido a la evaporación de agua (en ríos, mares, lagos, suelo, etc.), la lluvia y la transpiración de las plantas. Se mide en gramos de vapor de agua por Kg. de aire (específica), vapor total por volumen de aire (absoluta) ó en porcentaje (relativa).

INERCIA TÉRMICA. Propiedad que tiene una pared de retrasar y disminuir la onda térmica exterior al transmitirla al ambiente interior.

INSOLACIÓN. Energía solar que recibe la superficie de la Tierra y constituye el elemento más decisivo en la formación de las distintas zonas térmicas. Debido a la forma redonda del planeta los rayos solares inciden con inclinaciones distintas lo que produce diferentes temperaturas y variaciones en la duración del día.

LATITUD. Indica la línea del Ecuador, y los trópicos de Cáncer y Capricornio (23° 27'N y 23° 27'S), el círculo polar Ártico (66° 33'N) y Antártico (66°33'S). La latitud, junto a la longitud y a la altura sobre el nivel del mar, son las coordenadas que determinan la posición de un punto sobre la superficie terrestre. Se mide en grados y fracciones al Norte o al Sur dependiendo de la localización con respecto al Ecuador.

LONGITUD. Indica la posición de los meridianos, perpendiculares al Ecuador. También se mide en grados y fracciones al Este o al Oeste dependiendo de la localización con respecto al de origen (que por convenio internacional se ha tomado el meridiano que atraviesa el Observatorio de Greenwich).

MACROCLIMA. Es cuando se hace referencia a las condiciones y variaciones climáticas de áreas con amplias extensiones. Es el clima genérico de las grandes regiones (continentes, regiones, países, etc.).

MESOCLIMA. Es el conjunto de condiciones climáticas que se manifiestan en un entorno aislado y cuya extensión llega a una cantidad más limitada de kilómetros cuadrados. También se conoce como Clima Regional.

METEOROLOGÍA. Es el estudio de los fenómenos atmosféricos con el fin de predecir el tiempo atmosférico.

MICROCLIMA. Es el conjunto de condiciones atmosféricas muy localizadas, de espacios más reducidos, que son posiblemente detectables a escasos metros de altura de las superficies. Al hablar de microclima se incluyen los elementos del clima que afectan directamente a un ser humano en concreto y que se encuentre desarrollando una actividad en un lugar determinado (parques, barrios, etc.).

NUBOSIDAD. Es la concentración de nubes en un área de cielo determinada. Puede medirse en porcentajes o en octavo de cielo cubierto por nubes (oktas).

PARTESOLES. Elemento de protección solar de forma vertical cercano al vano obstruyendo la componente horizontal de la radiación solar.

PRECIPITACIÓN. Es la cantidad de agua que llega al suelo en forma líquida o sólida. Se produce cuando la capacidad de retener vapor en el aire disminuye por el descenso de la temperatura (se forman las nubes) o cuando este aire entra en contacto con alguna superficie (se generan la niebla el rocío o la escarcha). Se mide en mm. De agua caída.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA. Es la presión que el aire ejerce en todas direcciones debido a su elasticidad y al continuo movimiento de sus partículas. Se mide en milibares.

PROPIEDADES TERMODINÁMICAS. Propiedades básicas que definen el estado de una sustancia (presión, temperatura, volumen, etc.).

RADIACIÓN SOLAR. Es la fuente principal de energía del planeta y la fuerza que domina los diversos fenómenos climáticos. Las demás variables del clima dependen de ella. Puede medirse en J/m^2 , cal/m^2 , BTU/ft^2 , W/m^2 .

RESISTENCIA TÉRMICA. Propiedad que tienen los materiales de oponerse al paso del calor. La resistencia de un cuerpo es igual a la suma de las resistencias de cada uno de sus componentes.

SISTEMAS ACTIVOS. Son aquellos en que la energía utilizable no renovable se explota, se aprovecha y se emplea a través de otros elementos electromecánicos como colectores solares, bombas de calor, aire acondicionado, etc.

SISTEMAS HÍBRIDOS. Son las formas combinadas de sistemas activos y pasivos en que los sistemas pasivos son asistidos por instalaciones técnicas activas adicionales como ventiladores, intercambiadores de calor, etc. pero no en su totalidad.

SISTEMAS PASIVOS. Este concepto se emplea para denominar a aquellos sistemas en que el flujo de energía calorífica se efectúa por medios naturales (radiación, convección térmica y natural), se distinguen por la falta de equipamiento mecánico y se caracterizan porque forma parte de la estructura misma de la edificación.

TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO. Temperatura que se alcanza en estado estacionario por una pequeña cantidad de líquido en fase de evaporación dentro de una mezcla de gas-vapor no saturada.

TEMPERATURA. Se refiere al grado de calor en la atmósfera o en el cuerpo humano en un momento determinado. Es el grado de calor que pasa de un cuerpo a otro por la agitación de sus moléculas. Se mide en Grados Centígrados, de Fahrenheit, Kelvin, entre otros.

TIEMPO ATMOSFÉRICO. Es el estado de la atmósfera en un momento determinado y bajo ciertas condiciones.

TRANSMITANCIA TÉRMICA. Coeficiente que determina la tasa de flujo de calor a través de un material. También se llama coeficiente de transmisión térmica.

TRAYECTORIA SOLAR. Movimiento aparente del sol en sentido Este-Oeste con relación a un lugar de observación determinado originado por el movimiento de rotación diaria de la Tierra.

VENTILACIÓN FORZADA. Ventilación obtenida por medio de algún dispositivo mecánico que mueve el aire a una cierta velocidad.

VENTILACIÓN NATURAL. Ventilación que se obtiene por fenómenos naturales sin el uso de equipamiento mecánico. Es activada por presiones del viento, diferencias de temperatura y densidad entre el interior y el exterior.

VIENTOS. Son las corrientes de aire en movimiento que se desplazan en la atmósfera y que son generadas por las diferencias de presión y de temperaturas atmosféricas, causadas a su vez por un calentamiento no uniforme de la superficie terrestre. Se mide en km/h ó $m/seg.$ (velocidad) y en N, S, E y W (dirección).

Indice de Ilustraciones y Tablas



INDICE DE ILUSTRACIONES

PAGINAS

FOTOS

• Foto 1. Clima tropical	7
• Foto 2 y 3. Evolución de la Arquitectura Vernácula	8
• Foto 4. Zona de vida Montañosa	11
• Fotos 5. Color en la arquitectura dominicana	11
• Fotos 6 y 7. Zonas de vida Noroeste y Suroeste	11
• Fotos 8 y 9. Ciudad de Puerto Plata, Cibao Central	12
• Fotos 10 y 11. Zona de vida Cibao Central	12
• Foto 12. Arquitectura Primitiva	13
• Fotos 13 y 14. Arquitectura Bioclimática. Dispositivos de protección solar	13
• Fotos 15. Límites geográficos de la República Dominicana	17
• Foto 16. Límites de la ciudad de Santo Domingo, D.N.	14

GRAFICAS

• Gráfica 1. Temperatura Ambiente Horaria, Promedio Mensual. 1989-1999	22
• Gráfica 2. Isotermas para la ciudad de Santo Domingo	23
• Gráfica 3. Humedad Relativa, Promedio Mensual. 1989-1999	24
• Gráfica 4. Isohigras para la ciudad de Santo Domingo	25
• Gráfica 5. Radiación Solar Global, Promedio Mensual por Fachadas.	28
• Gráfica 6. Horas de Sol, Promedio Mensual. 1975-1997.	29
• Gráfica 7. Velocidad del Viento, Promedio Mensual. 1989-1999	31
• Gráfica 8. Precipitación Pluvial, Promedio Mensual. 1989-1999	32
• Gráfica 9. Temperatura Ambiente y Zona de Confort para Santo Domingo	35
• Gráfica 10. Carta Bioclimática de Olgay para Santo Domingo, D.N.	38
• Gráfica 10-A. Carta Bioclimática de Olgay para mes más frío: febrero	39
• Gráfica 10-B. Carta Bioclimática de Olgay para mes más cálido: agosto	40
• Gráfica 11. Ábaco Psicrométrico de Givoni para Santo Domingo, D.N.	41
• Gráfica 11-A. Ábaco Psicrométrico de Givoni para para mes más frío: febrero	42

• Gráfica 11-B. Ábaco Psicrométrico de Givoni para para mes más cálido: agosto	43
• Gráfica 12 y 13. Gráficas Solares (1er. y 2do. Semestre) para Santo Domingo, D.N.	47
• Gráfica 14. Ángulos de Sombra en Aleros para Santo Domingo	57
• Gráfica 15. Ángulos de Sombra en Partesoles para Santo Domingo	58
• Gráfica 16. Comparación de Temperatura Ambiente y Obtenida en D.B. y D.N.B.	78
• Gráfica 17. Comparación en Flujos de Calor para D.B. y D.N.B. (Techos, Muros y Ventanas)	79

INDICE DE TABLAS

PAGINAS

• Tabla 1. Porcentajes de Producción de Energía Eléctrica en República Dominicana a Julio 2000.	18
• Tabla 2. Porcentajes de Consumo de Energía Eléctrica en República Dominicana a Julio 2000.	18
• Tabla 3. Disponibilidad, Demanda y Déficit en Generación de Energía Eléctrica en República Dominicana a Mayo 2000.	19
• Tabla 3. Disponibilidad, Demanda y Déficit en Generación de Energía Eléctrica en República Dominicana a Junio 2000.	19
• Tabla 5. Temperatura Ambiente Horaria, Promedio Mensual	21
• Tabla 6. Temperatura Ambiente, Promedio Mensual	22
• Tabla 7. Humedad Relativa, Promedio Mensual	24
• Tabla 8. Radiación Solar Global Diaria Promedio Mensual sobre el Plano Horizontal	26
• Tabla 9. Radiación Solar Global, Promedio Mensual por Fachadas	27
• Tabla 10. Horas de Sol, Promedio Mensual	29
• Tabla 11. Dirección Predominante del Viento, Promedio Mensual	30
• Tabla 12. Velocidad Media del Viento, Promedio Mensual	30
• Tabla 13. Precipitación Pluvial, Promedio Mensual	32
• Tabla 14. Listado de Ciclones presentes en República Dominicana (1900-a a fecha)	33
• Tabla 15. Rangos de confort para la Ciudad de Santo Domingo	35
• Tabla 16. Diagrama de isorequerimientos Horarios para Santo Domingo, D.N.	44
• Tabla 17. Clima Estacional	45
• Tabla 17. Orientaciones más favorables en casa habitación	54
• Tabla 18. Reducción de temperatura en paredes con color claro con orientación este-oeste, sombreada por elementos paisajísticos.	58

• Tabla 19. Gradiente Vertical de Temperatura sobre Suelo Desnudo y debajo del Bosque.	58
• Tabla 20. Ángulos más favorables para aleros	62
• Tabla 21. Ángulos más favorables para partesoles	62
• Tabla 22. Patrón de Uso de la vivienda	78
• Tabla 23. Comparación de Temperatura Ambiente e Interiores Obtenidas en D.B. y D.N.B.	82
• Tabla 24. Consumo Promedio Anual y Mensual (en kwh) en una vivienda (con A/A).	84
• Tabla 25. Consumo Promedio Anual (en mwh) según los estimados de construcción de viviendas en Rep. Dom. con A/A.	84
• Tabla 26. Consumo Promedio Anual y Mensual (en kwh) en una vivienda (con ventilador).	85
• Tabla 27. Consumo Promedio Anual (en mwh) según los estimados de construcción de viviendas en Rep. Dom. (con ventilador).	85
• Tabla 28. Gasto Promedio Anual y Mensual (en US\$) de una vivienda (con A/A).	86
• Tabla 29. Gasto Promedio Anual (en US\$) según los estimados de construcción de viviendas en Rep. Dom. (con A/A).	86
• Tabla 30. Gasto Promedio Anual y Mensual (en US\$) de una vivienda (con ventilador).	87
• Tabla 31. Gasto Promedio Anual (en US\$) según los estimados de construcción de viviendas en Rep. Dom. (con ventilador).	87
• Tabla 32. Comparación de los Gastos Energéticos y Económicos Nacionales en el uso de un Aire Acondicionado en 25% de las viviendas y 3 Ventiladores en el 100% de éstas.	88



ANEXO A.

EVALUACIÓN TÉRMICA: MODELO DE CÁLCULO ASHRAE, SAMANO, VASQUEZ Y MORALES. ECUACIONES SIMPLIFICADAS.

Los datos que se necesitan son:

- Localidad
- Latitud
- Longitud
- Altitud
- Día de diseño
- Hora inicio
- Temperatura Ambiente (°C, °K)
- Radiación Solar Global (W/m²)
- Humedad Relativa (%)
- Temperatura Interior (°C, °K)
- Velocidad del Viento (m/seg)
- Temperatura Pared Exterior (°C)
- Volumen del local (m³)
- Datos de los materiales de la habitación, espesor y conductividad térmica (K)
- Absortancia para muros, techos y ventanas (α)
- Emitancia para muros, techos y ventanas (ϵ)
- Transmitancia para ventanas (τ)
- Constante de Stefan Boltzman (δ) = $5.669 \cdot 10^{-8}$
- Coeficiente de convección del aire exterior para muros, techos y ventanas
- Coeficiente de convección del aire interior para muros, techos y ventanas
- Densidad del aire (ρ)
- Calor específico del aire (Cpa)
- Calor latente de Vaporización (Hvap)

- Humedad específica del ambiente
- Humedad específica interior

CONDICIONES EXTERIORES.

- CÁLCULO DEL FLUJO DE CALOR POR CONDUCCIÓN (QCOND)

$$Q_{cond} = U \cdot A \cdot (t_s/a - t_{int})$$

Donde:

- Qcond: flujo de calor por conducción
- U: coeficiente de transferencia de calor
- A: área del muro, techo y ventana del mismo tipo
- Ts/a: temperatura sol aire. En el caso de las horas en que no hay radiación se maneja con la temperatura ambiente
- Tint: temperatura interior

- Coeficiente de transferencia de calor (U):

$$U = 1 / (1/h_e) + (e_n/k_n) + (1/h_c) + (e_v/k_n) + (1/h_i)$$

Donde:

- he: el coeficiente de convección del aire exterior. Con vientos hasta 6.7 m/seg., para superficies verticales he= 34.06 W/hm²°C. para superficies horizontales con las mismas condiciones de viento he=17.03 W/hm²°C

A-I

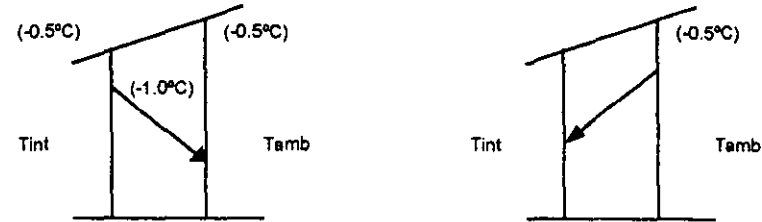
- e_n : espesor del (los) material (es) que conforman la superficie. Se considera cada capa
- K: coeficiente de conductividad térmica (en W/hrm^{20C})
- h_c : coeficiente de convección de aire entre 2 muros igual a $1/7.37$
- h_i : coeficiente de convección del aire interior considerando aire quieto. Con vientos hasta 6.7 m/seg., para muros y techos $h_i=17.03$ W/hrm^{20C} y para ventanas $h_i=9.08$ W/hrm^{20C}

• **Cálculo de la temperatura sol-aire ($t_{s/a}$):**

$$T_{s/a} = t_{amb} + [(HT * \alpha / h_o) - (DR * \epsilon / h_o)]$$

Donde:

- $T_{s/a}$: temperatura sol aire. En el caso de las horas en que no hay radiación se maneja con la temperatura ambiente
- T_{amb} : temperatura ambiente
- HT: radiación solar global (W/m^2)
- α : absortancia de la superficie (%)
- h_o : coeficiente de convección más coeficiente de radiación. $h_o = h_w + h_r$.
- h_w : coeficiente de convección y es $h_w = (32.7 + 13.7W) / 3.6$ W/hm^{20C} , donde w = velocidad del viento en m/seg.
- h_r : coeficiente de radiación y es $h_r = 4 * \partial * \epsilon * T^3$.
- T^3 : temperatura ambiente más temperatura de la pared exterior. el flujo de calor se produce de mayor a menor temperatura. Si la temperatura ambiente es menor que la interior, $T^3 = t_{int} - 0.5 - 1.0$. Si es el caso contrario $T^3 = t_{amb} - 0.5$.



- ϵ : emitancia de la superficie (%)
- DR: "diferencia entre la radiación de onda larga incidente sobre la superficie que proviene del cielo y del medio ambiente, y la radiación emitida por un cuerpo negro a la temperatura del aire exterior". ASHRAE. Para superficies verticales y ventanas DR=0

• **Cálculo de DR:**

$$DR = \partial * [(1 + \cos SLP / 2) * (t_{sky}^4 - t_{amb}^4) + (1 + \cos SLP / 2) * (t_{surr}^4 - t_{amb}^4)]$$

Donde:

- SLP: ángulo de inclinación de la superficie. Para techos horizontales SLP=0°
- T_{sky} : temperatura del cielo. $T_{sky} = t_{amb}^{1.5} * 0.0552$ para lugar con nubes (°K)
- T_{amb} : temperatura ambiente
- T_{surr} : temperatura de los alrededores. $T_{surr} = t_{amb} + 10^{\circ}K$ y sólo se considera cuando hay superficies pavimentadas. Si hay pasto vivo, $t_{surr} = 0$.

• **CÁLCULO DEL FLUJO DE CALOR POR RADIACIÓN SOLAR DIRECTA (QSHG)**

$$Q_{shg} = A_v \cdot F_c \cdot HT$$

Donde:

- Qshg: flujo de calor por radiación solar directa
- Av: área de ventana
- Fc: fracción de radiación solar que pasa por la ventana. Fc= (% sombreado de ventana * transmitancia (τ))
- HT: radiación solar global (W/m²)
- La Qshg se calcula sólo para las ventanas que estén expuestas al sol

• **CÁLCULO DEL FLUJO DE CALOR POR VENTILACIÓN (QVENT)**

$$Q_{vent_s} = 0.278 \cdot \rho \cdot C_{pa} \cdot G \cdot (t_{amb} - t_{int})$$

$$Q_{vent_l} = 0.278 \cdot \rho \cdot H_{vap} \cdot G \cdot (W_{amb} - W_{int})$$

Donde:

- Qvent_s: flujo de calor por ventilación (sensible)
- Qvent_l: flujo de calor por ventilación (latente)
- 0.278: factor de conversión de KJ a W
- ρ: densidad del aire. ρ= 1.18Kg/ m³
- Cpa: calor específico del aire. Cpa= 1.0065 KJ/ Kg°C
- Hvap: calor latente de vaporización. Hvap= 2.468 KJ/ Kg°C
- G: flujo de aire (m³ / min). del ASHRAE G=Cv * Av * W.

- Cv: eficiencia de la ventila. Para vientos perpendiculares a la ventila Cv= 0.65-0.55, para vientos oblicuos a la ventila Cv=0.35-0.25.
- Av: área libre de abertura (m²)
- W= velocidad del viento en m/seg.
- Wamb: humedad específica del ambiente (gr. agua / gr. aire).

• **CÁLCULO DEL FLUJO DE CALOR POR INFILTRACIÓN (QINF)**

$$Q_{inf_s} = 0.278 \cdot Camb \cdot vol \cdot \rho \cdot C_{pa} \cdot (t_{amb} - t_{int})$$

$$Q_{vent_l} = 0.278 \cdot Camb \cdot vol \cdot \rho \cdot H_{vap} \cdot (W_{amb} - W_{int})$$

Donde:

- Qinf_s: flujo de calor por infiltración (sensible)
- Qvent_l: flujo de calor por infiltración (latente)
- Camb: cambios de aire por hora debido a las infiltraciones.
- Vol: volumen de la habitación (m³)

• **Cálculo de Wamb, Wint:**

$$P_{se} = 0,0061 \cdot e^{(0,0623 \cdot T_{ext})}$$

Donde:

- Pse: presión de saturación exterior (mbares)
- Text: temperatura exterior de bulbo húmedo (°C)

$$PVE = P_{se} - (0,00064 \cdot b \cdot (Text_{BS} - Text_{BH}))$$

Donde:

- PVE: presión de vapor exterior (mbares)
- Pse: presión de saturación exterior (mbares)
- Text BS: temperatura exterior de bulbo seco (°C)
- Text BH: temperatura exterior de bulbo húmedo (°C)
- b: presión barométrica del lugar

$$W_{amb} = 0,622 * (PVE / b - PVE)$$

Donde:

- Wamb: Mezcla de vapor de agua y aire exterior (kg. de agua/kg de aire seco)
- PVE: presión de vapor exterior (mbares)
- b: presión barométrica del lugar

$$P_{si} = 0,0061 * e^{(0,0623 T_{int})}$$

Donde:

- P_{si}: presión de saturación interior (mbares)
- T_{int}: temperatura interior (°C)

$$PVI = P_{si} - HRp$$

Donde:

- PVI: presión de vapor interior (mbares)
- P_{si}: presión de saturación interior (mbares)
- HRp: humedad relativa interior propuesta (decimal)

$$W_{int} = 0,622 * (PVI / b - PVI)$$

Donde:

- W_{int}: Mezcla de vapor de agua y aire interior (kg. de agua/kg de aire seco)
- PVI: presión de vapor interior (mbares)
- b: presión barométrica del lugar

CONDICIONES INTERIORES.

• CALCULO DEL FLUJO DE CALOR POR PERSONAS (QMET)

$$Q_{met_s} = W / pers. * \# \text{ pers.}$$

$$Q_{met_l} = W / pers. * \# \text{ pers.}$$

Donde:

- Q_{met_s}: flujo de calor por personas (sensible)
- Q_{met_l}: flujo de calor por personas (latente)

• CALCULO DEL FLUJO DE CALOR POR APARATOS ELÉCTRICOS (QLIGHT)

$$Q_{light} = pot$$

Donde:

- Q_{light}: flujo de calor por aparatos eléctricos
- Pot: potencia de cada lámpara y aparato eléctrico estableciendo los horarios de uso. (W / h)

• **CALCULO DEL FLUJO DE CALOR TOTAL (Qload)**

$$Qload = \Sigma Qcond + Qshg + Qinf + Qvent + Qmet + Qlight$$

En el caso de la hora siguiente, habrá que determinar la temperatura interior del cuarto.

• **CALCULO DE TEMPERATURA INTERIOR DEL CUARTO**

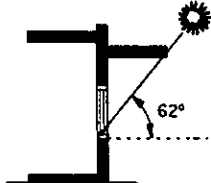
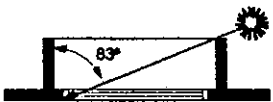
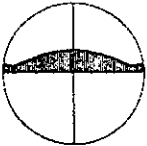
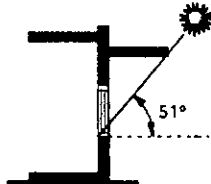
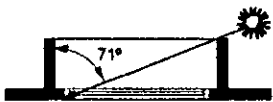
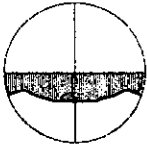
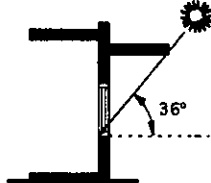
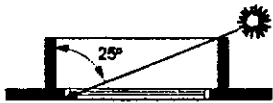
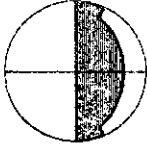
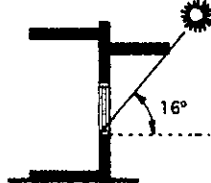
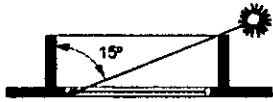
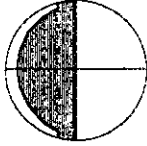
$$T_{cuarto} = t_{cuarto,} + Qload / \text{capacitancia}$$

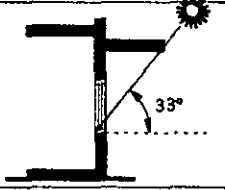
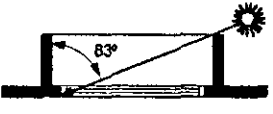
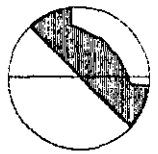
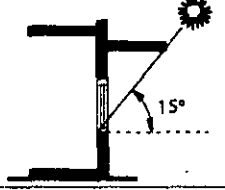
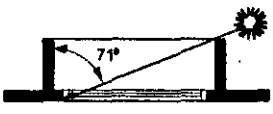
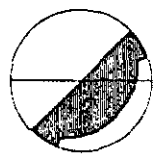
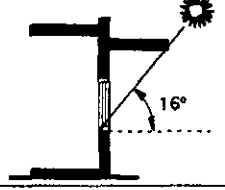
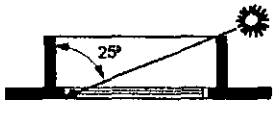
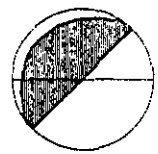
Donde:

- Tcuarto: temperatura interior del cuarto a la hora de cálculo
- Tcuarto,: temperatura interior del cuarto a la hora anterior
- Capacitancia: se calcula con el volumen, peso volumétrico, masa, calor específico de cada uno de los materiales que componen el local de estudio (W / °C). La sumatoria total constituye el total de capacitancia para el cuarto evaluado.

ANEXO B.

PERFIL DE SOMBRA PARA ALEROS Y PARTESOLES POR FACHADAS.

FACHADA	ANGULO PARA ALEROS (DESDE EL HORIZONTE)	ANGULO PARA PARTESOLES (DESDE LA VERTICAL)	PERFIL DE SOMBRA (ALEROS Y PARTESOLES)
FACHADA NORTE	 62°	 83°	
FACHADA SUR	 51°	 71°	
FACHADA ESTE	 36°	 25°	
FACHADA OESTE	 16°	 15°	

FACHADA	ANGULO PARA ALEROS (DESDE EL HORIZONTE)	ANGULO PARA PARTESOLES (DESDE LA VERTICAL)	PERFIL DE SOMBRA (ALEROS Y PARTESOLES)
FACHADA NORESTE			
FACHADA SURESTE			
FACHADA NOROESTE			
FACHADA SUROESTE	