

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

"APROXIMACION DE UNA ARQUITECTURA ECOTECNOLOGICA:
CRITERIOS DE DISEÑO BIOCLIMATICOS PARA VIVIENDAS
EN LA REGION TROPICAL HUMEDA DE COLOMBIA"

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA EN ARQUITECTURA
(TECNOLOGIA) QUE PRESENTA EL ARQ. ALBERTO PLANETA DIAZ.

1987.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

INDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCION

- 1.1 Origen del Proyecto.
- 1.2 Justificación.
- 1.3 Objetivos.
- 1.4 Limitaciones del Proyecto.

II. LA TIERRA Y LA VIDA

- 2.1 El Hombre en la Biosfera.
 - 2.1.1 El Hombre.
 - 2.1.2 La Biosfera.
- 2.2 Vida Animal y Cobijo.
 - 2.2.1 Comportamiento Constructivo Animal.
 - 2.2.2 El Cobijo Animal.
- 2.3 Vida Humana y Cobijo.
 - 2.3.1 Ecología Humana y Cultural
 - 2.3.2 Variabilidad en las Adaptaciones Humanas a los Ecosistemas del Mundo.

III. ENFOQUE ECOLOGICO EN LA ARQUITECTURA

- 3.1 Soluciones Similares al Problema del Cobijo Humano Alrededor de la Tierra.

3.2 Caracteres Tipológicos de la Construcción Vernácula como Respuesta al Clima.

- 3.2.1 Clima Cálido-Húmedo de Sabana.
- 3.2.2 Clima Cálido-Húmedo Selvático.
- 3.2.3 Clima de Altitud (de montaña).

IV. ELEMENTOS CLIMATICOS

- 4.1 Concepto de Clima y Tiempo.
- 4.2 Naturaleza de la Radiación Solar y Terrestre.
 - 4.2.1 El Sol.
 - 4.2.2 Radiación Solar Sobre la Superficie Terrestre.
 - 4.2.3 Radiación Terrestre.
- 4.3 Temperatura del Aire.
- 4.4 Vientos.
- 4.5 Humedad Ambiental.
- 4.6 Precipitación Atmosférica.
- 4.7 Los Climas y su Clasificación.

V. ASPECTOS BIOCLIMATICOS

- 5.1 Termofisiología del Organismo Humano.
- 5.2 Intercambio Higro-Térmico Global del Cuerpo con su Entorno.
 - 5.2.1 Mecanismos Termorreguladores.
- 5.3 Relación Entre los Factores Climáticos y

- los Requerimientos de Confort Térmico. .
 - 5.3.1 Efectos de la Exposición Prolongada.
 - 5.3.2 La Ropa como Variable Subjetiva.
 - 5.4 Diagramas Bioclimáticos, Origen y Uso.
 - 5.4.1 Los Diagramas Bioclimáticos.
 - 5.5 Indicadores de Confort Térmico Interior.
- VI. ELEMENTOS REGIONALES DEL CLIMA ENFOCADOS AL -
DISEÑO ARQUITECTONICO BIOCLIMATICO
- 6.1 Análisis de los Elementos Climáticos Regionales.
 - 6.2 Mesoclima.
 - 6.3 Necesidades Bio-climáticas Regionales.
- VII. LAS DETERMINANTES CLIMATICAS Y FISICAS EN LA
SELECCION DEL SITIO
- 7.1 Elementos del Clima y del Microclima en
Relación al Proyecto Arquitectónico.
 - 7.1.1 Efectos de la topografía.
 - 7.1.2 Efecto del Medio Ambiente Urbano
y Arquitectónico.
 - 7.2 Criterios de Selección para un óptimo -
aprovechamiento de Recursos y Caracterís-
ticas del Sitio.
 - 7.2.1 Análisis de Pendientes.
 - 7.2.2 Análisis Hidrográfico.
- 7.2.3 Análisis Geológico.
 - 7.2.4 Análisis Edafológico.
- VIII. SOL Y EDIFICACION
- 8.1 Angulos Solares.
 - 8.2 Gráficas Solares.
 - 8.2.1 Ruta Aparente del Sol.
 - 8.2.2 Bóveda Celeste.
 - 8.2.3 Proyección Cilíndrica.
 - 8.2.4 Proyección Equidistante o Polar.
 - 8.2.5 Proyección Estereográfica.
 - 8.2.6 Heliódón
 - 8.3 Superficies al Sol.
 - 8.3.1 Aproximación a una Orientación -
Sol-aire.
 - 8.3.2 Adaptaciones Regionales.
- IX. COMPORTAMIENTO FISICO-TERMICO DE LA EDIFICA--
CION
- 9.1 Transferencia de Calor.
 - 9.2 Los Efectos de la Humedad en los Materia-
les.
 - 9.3 Otras Causas de Deterioro.
 - 9.4 Aislamiento por Resistencia o Aislamien-
to por Capacidad Calórica.
 - 9.5 Retención del Calor en los Materiales y
sus Métodos de Cálculo.

9.5.1 Difusividad Térmica.

9.5.2 Cálculo del Flujo Periódico de Calor.

9.6 Aislamiento Balanceado.

X. COMPORTAMIENTO TERMICO DE LA EDIFICACION

10.1 Principios Físicos y Magnitudes Térmicas.

10.2 Transferencias Térmicas con el Exterior a través de la Estructura del Edificio.

10.2.1 Penetración de Energía Solar a través de Cierres Traslúcidos o Transparentes.

10.2.2 Ganancia Interna de Calor.

10.2.3 Evaporación.

10.3 Control Solar: Térmico, Lumínico.

XI. MEDIO AMBIENTE Y FORMA CONSTRUCTIVA

11.1 Morfología en la Naturaleza.

11.2 Impacto de las Fuerzas Térmicas Externas Sobre la Edificación.

XII. EFECTOS DEL VIENTO Y PATRONES DE FLUJO EOLICO

12.1 Naturaleza del Viento.

12.2 Viento y Arquitectura.

12.3 Factores que Influyen en la Orientación Según el Viento.

12.4 Elementos Modificadores de la Dirección y Velocidad del Viento.

12.4.1 Patrones de Flujo de Viento Alrededor de los Edificios.

12.5 Dispositivos Especiales de Ventilación Forzada.

XIII. HACIA UNA METODOLOGIA PARA UN DISEÑO ARQUITECTONICO ECOTECNOLOGICO

13.1 El Método.

13.1.1 Los Datos Climáticos.

13.1.2 Evaluación Biológica.

13.1.3 Análisis Socio-Cultural.

13.1.4 Las Soluciones Tecnológicas.

13.1.5 La Aplicación Arquitectónica.

13.2 Evaluación: un Acercamiento.

13.2.1 Modelos y Sistemas Análogos.

13.2.2 Matrices para Evaluación de Especificaciones De Funcionamiento bioclimático.

XIV. PROPUESTA PARA CRITERIOS DE DISEÑO ECOTECNOLOGICO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES PARA CARTAGENA, COLOMBIA.

14.1 El Clima en Suramérica.

14.2 El País: Colombia.

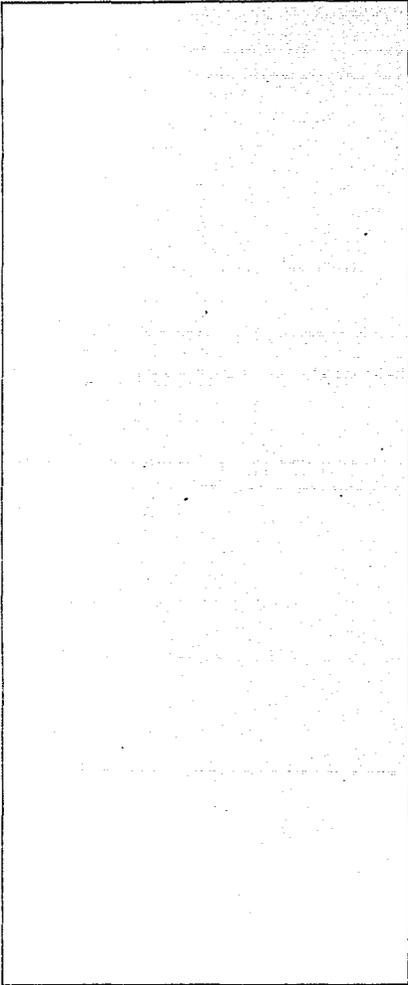
- 14.2.1 El Clima en Colombia.
 - 14.2.2 Temperatura.
 - 14.2.3 Humedad.
 - 14.2.4 Precipitación.
 - 14.2.5 Radiación Solar.
 - 14.2.6 Vientos.
 - 14.2.7 Distribución Climática y Consideraciones Generales.
- 14.3 Cartagena: Breve Reseña Histórica.
- 14.3.1 Datos Climáticos.
 - 14.3.2 Evaluación Biológica.
 - 14.3.3 Análisis Socio-Cultural.
 - 14.3.4 Solución Tecnológica.
 - 14.3.5 Criterios de Diseño Arquitectónico Ecotecnológico, para Cartagena, Colombia.

EPILOGO

GLOSARIO TECNICO

BIBLIOGRAFIA

APENDICES



I. INTRODUCCION

1.1 ORIGEN DEL PROYECTO.

"La planificación nacional constituye un instrumento indispensable para conciliar las diferencias que puedan surgir entre las exigencias del desarrollo y la necesidad de proteger y mejorar el medio ambiente"

(Principio 14 de la Conferencia de O.N.U. sobre el Medio Humano.

La problemática del medio ambiente, en el ámbito mundial, surge como consecuencia de las formas de articulación entre la sociedad y la naturaleza que prevalecen en el mundo de hoy y que se expresan en las formas particulares de organización social para utilizar la naturaleza y las tecnologías para llevar a cabo esta utilización y explotación (1)

Algunos autores (Leiss), remontan los antecedentes de la problemática ambiental a los orígenes de la moderna sociedad industrializada, en la Edad Media; cuando comienzan a manifestarse paulatinos cambios en las actitudes de Occidente respecto a la naturaleza, particularmente en Europa (2)

Las creencias primitivas de que las cosas eran parte integral de la vida, "presencias" que debían ser tratadas con respeto, fueron eliminadas, en principio por la influencia del cristianismo y luego por la filosofía científica del siglo XVII, reemplazándose por la concepción moderna de la naturaleza como "recurso" inagotable, aprovechable por la gente según sus propias necesidades. Este cambio estaba acompañado por el surgimiento de la utópica creencia en que el "dominio de la naturaleza" mediante las herramientas proporcionadas por el desarrollo acabaría por liberar a la humanidad de las exigencias materiales de una vida de penalidades.

Este desenvolvimiento socio-cultural iniciado en el

Medioevo, obtiene un objetivo parcial, a finales del siglo XVIII, con el advenimiento de la Revolución Industrial en Europa, surgen un nuevo sino para el mundo occidental, que posteriormente se difundiría sin barreras de ningún tipo a todo el orbe.

Los cambios manifiestos que se gestan, alcanzan a todos los estamentos sociales de las "modernas" comunidades urbanas de entonces. Se transforma el carácter de los asentamientos urbanos, en función del nuevo rol que desempeñarían sus habitantes, y comienza a ser expreso ya, en novedosas y originales morfologías que conforman a los nuevos edificios; prepotentes y despreciadores de todo un devenir histórico en materia de tradición constructiva y armonía con el medio.

Con el advenimiento de la industrialización en gran escala, a principios de este siglo, empiezan a manifestarse síntomas de desajustes en la relación Hombre Naturaleza, que han tendido a hacerse progresivamente más evidentes. Estos síntomas son los que se registran regularmente como problemas del medio ambiente y cuyas manifestaciones básicas podrían resumirse así (3):

- a) Síntomas derivados de la acumulación de desechos, consecuencia de sobrepasar en tiempo, la capacidad de metabolización de la naturaleza o de la producción de desechos no degradables.
- b) Síntomas derivados del uso y explotación de los recursos naturales por la implantación de tecnologías de sobreexplotación o desaprovechamiento de las capacidades naturales de recursos renovables. Esto condiciona degradación, agotamiento y dilapidación de recursos.
- c) Síntomas derivados de la modificación anti-natural de los espacios habitables por el establecimiento de sistemas urbanos, urbano-industriales, agro-

industriales y militares, que logran nuevamente sobrepasar las capacidades naturales de funcionamiento y regeneración del entorno natural en el que se desarrollan; ya sea como consecuencia de la conjunción de los dos primeros factores, ya enumerados, o por una simple desatención de las determinantes ambientales del sitio en la etapa de proyección de esos conjuntos. Lo más importante es que estos desajustes tienen un efecto significativo sobre el ser humano, a través de impactos directos e indirectos sobre la salud, calidad de vida y confort bio-climático en las edificaciones, que necesariamente redundan negativamente en el proceso de desarrollo socio-económico.

La cultura arquitectónica, desafortunadamente no atiende la responsabilidad implícita de que es poseedora, alejándose de esa manera ecológica y natural de construir que determinó el quehacer edilicio del hombre por siglos.

Inmediatamente después de la Primera Guerra Mundial y en las décadas de los años 20 y 30 de este siglo, nace y se desarrolla la moderna filosofía arquitectónica en Alemania. Se funda la Bauhaus, escuela de diseño integral bajo la dirección de M. Van Der Rohe y W. Gropius, que se encargará de proyectar y difundir al mundo la puesta en práctica de lineamientos que determinarán nuevos valores en la relación edificio-entorno, considerando sus componentes socio-económicos, morfológicos e históricos, pero desatendiendo las componentes energético-climáticas.

Una arquitectura despersonalizada que se transforma alimentándose de todo un menú de productos estandarizados que solo una sociedad industrializada puede ofrecerle. Despojándola así de cualquier indicio de personalidad que haya podido quedar, acorde a su función y enclave cultural en el que se inscribe. Comienzan a observarse las mismas cajas de cristal, concreto y acero, igual en Chicago que en Nueva

Delhi o Tokio, se han descontinuado tradiciones constructivas de siglos.

Una intrínseca lógica reduccionista hizo que los edificios parecieran atractivos y baratos introduciéndose un vórtice especulativo su construcción, que atentó contra aquellos caracteres del diseño climático más relevantes, por ser menos visibles, como por ejemplo: las masas murales y los aislamientos térmicos; por considerarse que eran elementos "fácilmente" sustituibles mecánicamente, sin medir en costos energéticos y ambientales.

Estos "ebrios de la energía" se levantaron sin ninguna consideración del clima geografía o la habilidad constructiva local. El boom tecnológico y económico alteró irreversiblemente las culturas locales a favor del Estilo Internacional, despersonalizando sus construcciones.

Fue relativamente fácil diseñar y construir sin conexión alguna con las condicionantes físicas hasta la crisis energética del 73 y 76. Desde entonces se evidenciaron las relaciones entre arquitectura y medio ambiente, demostrándose incluso, con independencia de la crisis, como dichas relaciones deben influir en la morfología del edificio y sus instalaciones.

Naturalmente no se puede reducir el diseño arquitectónico y tecnológico a un producto, fruto de un conjunto de factores climáticos; otras dimensiones socio-económicas, culturales y urbanísticas deben caracterizar su estructura, pero sin embargo queda claramente evidenciable la influencia del área climática en el hecho ineludible de la adaptación tipológica de la construcción a sus condicionantes externas.

Por otra parte, en el amplio arco de las experiencias llevadas a cabo por el Movimiento Moderno, también encontramos innumerables ejemplos significativamente

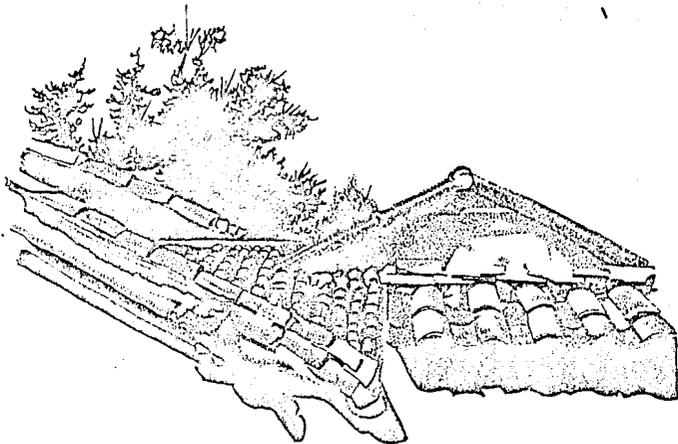
significativamente positivos. Los encontramos tanto en las obras de arquitectos orgánicos y neoempiristas como Wright, Aalto o Erskine, como en la de racionalistas como Le Corbusier en su última época. Ginzburg, Gropius, Hilberseimer, Terragni o Klein.

Así pues el interés por las implicaciones climáticas va más allá de la diversidad de tendencias y lenguajes: diversidad en cuanto a sus elementos constructivos, pero no en cuanto a sus efectos. Incluso los arquitectos menos implicados en cuestiones "funcionales" a favor de la forma, tienden a ligarla a los hechos climáticos.

En el caso de arquitectos que sondearon la naturaleza de los diferentes lugares construidos para regularizar su diseño, definiendo de este modo el portico, la galería, la cortina-pantalla, el pozzoluce, los arbolados y tantos otros elementos de climatización; también supieron sacar provecho del pasado constructivo tradicional local (4)

A nivel de Latinoamérica, en los años transcurridos desde que la cuestión ambiental cobró importancia en el mundo entero. Se han realizado estudios e investigaciones y se han vivido experiencias prácticas que han enriquecido notoriamente lo que sabemos sobre el medio ambiente y sus problemas. Basta con señalar que se han hecho progresos en el conocimiento de los efectos que sobre el ecosistema tiene las diversas formas de manifestación social -especialmente la arquitectónica-; que se han hecho importantes avances en el uso de energías a partir de fuentes renovables; que comienzan a hacerse algunos progresos en torno al hallazgo de tecnologías más adecuadas a los sistemas naturales de la región, a través del rescate de viejas tecnologías, de la transferencia y adaptación de otras y aún de la generación de unas pocas y se ha logrado la concientización de grupos de población cada vez más extensos en torno a la problemática ambien-

tal en todas sus formas, esa defensa debe traducirse en resultados explícitos y prácticos, abandonando el regodeo en especulaciones referentes a un código de lo formal y lo visivo, insustancial y a veces deformante para la creación de una verdadera conciencia ecológica en la arquitectura.



1.2 JUSTIFICACION.-

El ser humano siempre ha interactuado con el resto de la naturaleza, de una u otra forma, en busca de sustento y abrigo. Es innegable que en el transcurso de este devenir histórico se han producido cambios importantes en esa interacción, que han llevado en las últimas décadas a la aparición de la "problemática ambiental" (5) Fenómenos tales como la aparición de medio ambientes construidos o tecnoestructuras (ciudades, obras de infraestructura, tecnologías etc) han surgido como elementos de ajuste en esta interacción, pasando a constituir un ambiente artificializado o humanizado que además de representar ajustes, ha dado origen también a insuficiencias y problemas de índole física y química entre la población.

Si bien es necesario reconocer que las transformaciones de la naturaleza son inevitables e inherentes al desarrollo mismo y que la posición conservacionalista es inaceptable, es también necesario reconocer que la modalidad de desarrollo material prevaleciente conlleva un costo exageradamente elevado que comprende riesgos graves para la población, los recursos y para la sustentabilidad del propio desarrollo y el de las generaciones futuras.

La cuestión ambiental encierra una serie de problemas particulares dentro de la arquitectura, como el de los energéticos, confort y protección climática, uso de recursos materiales disponible en el medio y otros similares que presentan en común una serie de características causales y que por lo tanto lo son de la problemática ambiental, y que podrían resumirse así:

1. Interacción sociedad arquitectura-Naturaleza. Esta ha estado siempre presente y constituye claramente una dimensión histórica. Es justamente en este

proceso histórico que se han producido cambios y alteraciones hasta llegar en la hora presente a una situación de crisis.

2. Interdependencia Global. Este concepto complementa al anterior y se refiere a la constatación de que cambios drásticos y sin ningún fundamento ecológico, en alguna parte del sistema "Tierra" repercuten en la totalidad o en otras partes de él. Esto ocurre debido a que, por una parte, la biosfera se halla constituida por una serie de ecosistemas interconectados, de los cuales el hombre es integrante usual y por otra parte, a que el sistema social contemporáneo se halla interconectado económica, política y comunicacionalmente, de una forma amplia y vigorosa.

3. Horizontes de tiempo de muy largo plazo. En efecto, algunas de las acciones que realizamos hoy día pueden tener efectos apreciables solo a veinte o treinta años; tales como la ocupación de un espacio físico por un complejo urbano-industrial o la utilización de determinada tecnología. Sin embargo, no se trata de proyectar y predecir lo que sucederá a treinta años de plazo; pero si de percatarse que las decisiones que se toman hoy en día, pueden y suelen tener consecuencias a plazos muy largos que es necesario considerar como posibilidades.

Por otra parte, los grupos humanos que desarrollan sus actividades en zonas tropicales y húmedas - a los cuales esta abocado este trabajo- en general han alcanzado niveles de desarrollo socioeconómico menores que aquellos alcanzados por las sociedades del hemisferio norte, frío y templado. Esto se relaciona en gran parte con el hecho de que en las modalidades actuales de desarrollo no se encuentran tecnologías apropiadas para la interacción equilibrada con estos ecosistemas. Es así como con frecuencia se procede en el trópico a desarrollar actividades productivas en edificaciones, condiciones y con tecnologías que

le son ajenas cultural y ambientalmente. De ahí el valor que entraña para la arquitectura el rescate y aprovechamiento de las técnicas de bioclimatización e integración ambiental tradicionales y actuales - congruentes con nuestra realidad, como determinantes ecológicas en los proyectos arquitectónicos de cualquier tipo; convirtiéndose así en elemento causal y consecuente de aspectos de gran valor socio-económico y cultural. La arquitectura debe y podrá generar espacios confortables de acuerdo a una economía cada vez más crítica, ajustados además a solicitudes - de un medio exigente y restrictivo.

"El ahorro de energía, la correcta disposición de - desechos, la conformación de un paisaje natural y - urbano sensualmente grato, el respeto y mantenimiento de la tradición; son tareas de participación - donde el arquitecto de intención ecológica tiene mucho que proponer" (6)

1.3 OBJETIVOS.

1. Resaltar la importancia de los factores ambientales y bioclimáticos como determinantes del diseño arquitectónico-tecnológico.
2. Demostrar la eficacia de las técnicas de diseño bioclimático como filtros ambientales, efectivos, para la vivienda.
3. Proponer el rescate y reimplementación de técnicas, métodos y recursos tradicionales de climatización y construcción, como base para el desarrollo de una tecnología alternativa, apropiada para el área tropical-húmeda de Latinoamérica.
4. Desarrollar una metodología de planeación ecotecnológica adecuada a las características naturales, sociales y culturales del lugar y tiempo determinado, a través de un trabajo multidisciplinario-interdisciplinario.
5. Establecer criterios de diseño arquitectónico - ambiental para la zona tropical-húmeda suramericana.
6. Proponer este trabajo como una guía académica - (a través de este documento) de carácter didáctico (enseñanza-aprendizaje) como introducción a cursos de arquitectura ambiental.
7. Demostrar la importancia del objeto arquitectónico como elemento inherente al sistema ecológico, y su rol participativo en el ciclo: recursos metabolismo-desechos.
8. Contribuir a un cambio de actitud en la modalidad de interacción arquitectura-naturaleza; cambios en la mentalidad prevaeciente que conlleve a una - racionalidad distinta, que desemboque en un mejor bienestar para el usuario, en armonía y equilibrio con la naturaleza.

Alcanzar estos objetivos es compatible y esencial en la contribución a la sistematización y a la transmisibilidad que tan necesaria son a la disciplina arquitectónica.

1.4 LIMITACIONES DEL PROYECTO.

a) Naturaleza de la investigación: La investigación descriptiva, tendrá por objeto, servir de marco introductorio, de carácter didáctico, para alumnos y profesionales que incursionen en el área del diseño ecotecnológico y solar. Tratando así de cimentar una automotivación por el medio ambiente y sus componentes. Sin que por esto, se llegue a considerar este trabajo como dogmático ni especializado en cualquiera de las áreas que lo integran, a saber: climatología, biología general, etología animal y humana, ecología, energía solar y termodinámica .

b) Objeto de estudio: Este se circunscribirá exclusivamente, en un primer nivel de análisis, a la descripción de los factores que conforman la problemática, que nos atañe, en el área ecuatorial (trópico húmedo) sudamericana.

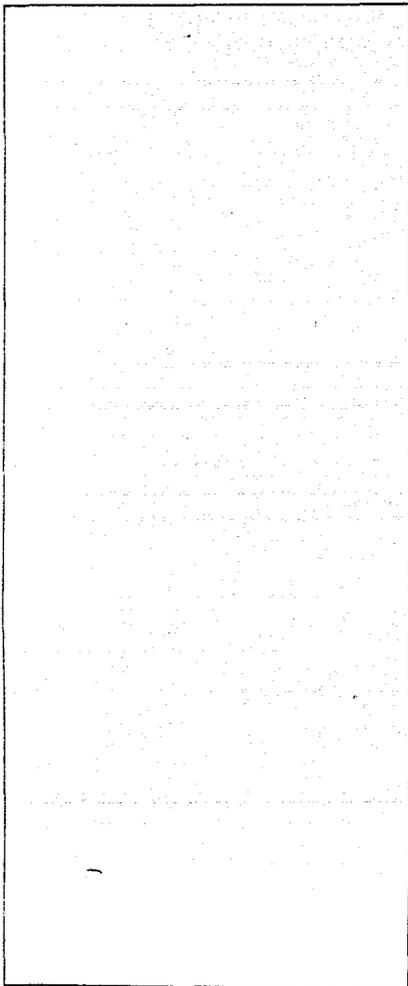
En un segundo nivel de análisis propositivo, enfocaremos la recomendación de herramientas y elementos que consideremos puedan coadyuvar, en la solución del problema; específicamente en el área de la vivienda unifamiliar colombiana, en cualquiera de sus manifestaciones socio-económicas.

c) Procedimiento seleccionado: este será básicamente deductivo, dadas las implicaciones, de tipo interaccional, del objeto de estudio, con el universo físico.

d) Recursos del investigador: revisión de proyectos realizados a nivel solo local, limitándose el estudio de trabajos foráneos a una mera revisión bibliográfica. De igual manera, en lo que respecta a experimentación y comprobaciones de campo.

Se estudiará la forma de establecer parámetros analógicos con áreas locales, geoclimáticamente similares

que sirvan de base experimental; dada la imposibilidad material de hacer comprobaciones en la región geográfica, objeto de este trabajo.



II. LA TIERRA Y LA VIDA

2.1 EL HOMBRE EN LA BIOSFERA

Todo ser viviente sostiene continuas relaciones con el ambiente en que vive, incluso el ser humano. Si cesan estas relaciones, no es posible la vida.

Se considera al ambiente como la conjunción de una serie de factores físicos y químicos, que comprende dos grandes grupos; los elementos bióticos y abióticos. A su vez, como subproductos humanos, de los elementos abióticos, tenemos los elementos artificiales (tecnestructuras y sintetizados químicos) y los elementos sociales; conformando el medio ambiente, la interrelación de todos entre sí.



2.1.1. EL HOMBRE

"El hombre vive de la naturaleza; significa que la naturaleza es su cuerpo, con la cual permanece en continuo intercambio so pena de perecer. Que la vida física y espiritual del hombre están unidas a sí mismo. Significa simplemente que la naturaleza está unida a sí misma, porque el hombre es parte de la naturaleza" (1)

En esta preclara cita, Karl Marx nos recuerda el papel del hombre como ente biológico, participante de la interacción sociedad-naturaleza, y por encima de cualquier argumento ontológico, de índole filosófica o moral.

Biológicamente el hombre no es más que una de las especies que pueblan el planeta, solo que las especiales características evolutivas humanas, permitieron que el hombre escapara a la relación: forma de vida -condiciones del medio, que limitan a las demás especies a ocupar un nicho ecológico específico; permitiéndole habitar escenarios tan diversos como - el ártico o el desierto, la selva tropical húmeda o las altas montañas.

La evolución biológica del hombre entronca con los primates, que ya habían conseguido una buena adaptación a la vida arborícola, implícita en la posición de los ojos como telémetros y en la disposición de las extremidades. Hace unos dos millones de años - los antepasados del hombre se mudan a las sabanas o los linderos del bosque, amplían su dieta alimenticia con una buena proporción de carne, iniciándose así un rápido desarrollo que lo lleva a lograr una considerable superioridad sobre el resto de la naturaleza (2)

Relación medio ambiente-ser humano: El hombre siempre ha interactuado con el resto de la naturaleza -

en busca de sustento y abrigo. para ello y para la manutención -y progreso- de la especie, se organizó en sociedad. Este tipo de organización, simple en un primer estadio, le permitió ser un cazador eficiente, de una alta potencialidad destructiva durante el período paleolítico; pero sin llegar a alcanzar niveles de peligrosidad para los demás organismos vivos, de tal forma que pudiera afectar el equilibrio ecológico del medio. Con el correr del tiempo, esa organización social humana ganó en complejidad y consecuentemente la articulación naturaleza-sociedad también.

Hace aproximadamente 10000 años, en el sur-oeste - asiático, después de la última glaciación, el hombre pasa de ser una simple especie migratoria, que se trasladaba a explotar nuevas áreas cuando ya había sobre-explotado las anteriores, a una compleja entidad orgánica de carácter sedentario. Rotura los bosques, quema, siembra y cultiva los claros hasta que el suelo queda esquilmo, dependiendo, cada vez de áreas más extensas. (3)

Hay claros indicios que la intensificación en el cultivo de la tierra y la posterior obtención de excedentes productivos, creó los antecedentes para la domesticación del ganado agrícola en la región - mesopotámica; solo así se pudo alimentar a más individuos por hectáreas que los que era posible a base de una economía basada en la recolección. De esta forma se inicia un crecimiento demográfico ligado íntimamente a la producción agrícola.

Al aumentar la población y hacerse más complejo el proceso producción-distribución, se crean las bases para los primeros asentamientos, al principio de carácter transitorio y semi-permanentes, para convertirse después en las primeras aldeas sedentarias de tipo pre-urbano, poseedoras de una estructura -social política y económica suficiente para el desarrollo - de las primeras ciudades.

La ciudad, evidentemente, transformó espacios naturales, vitales, en paisajes civilizados, procesadores de una gran cantidad de materia, proveniente - del exterior, que satisficiera una creciente demanda de energía.

Al aumentar la población y tratar de satisfacer sus enormes necesidades de materia y energía, el hombre explota "recursos naturales" produciendo un impacto depredatorio en la biosfera, mayor que el causado - por cualquier otra especie.

Esta sobre-utilización de los recursos naturales conduce, en terminos ecológicos, a una regresión de los ecosistemas, que le llevan rapidamente a etapas previas; cada vez mas simples, en el proceso de sucesión, según el grado de explotación. Transformando un ecosistema complejo en uno menos organizado, has ta hacerlo finalmente improductivo.

Hoy se considera, que en efecto, la falta de consideración de las condicionantes ambientales, no son consecuencia exclusiva de la explosión tecnológica del siglo XX. Existen numerosos ejemplos, que se remontan hasta el comienzo de nuestra era, de la destrucción del equilibrio ambiental por el hombre. Se teoriza alrededor de las causas que contribuyeron - al hundimiento de los grandes centros urbanos de Mesoamérica, y cada vez gana más fundamento la que indica una clara desarticulación ecológica entre estas culturas y su medio; Llevandolas finalmente al colapso alrededor del año 800 de nuestra era. La epidemia de peste bubónica que azotó a Europa, en el siglo XV, acabando con cerca de la mitad de la población del continente, es otro claro indicio de los intentos de la naturaleza por recobrar su equilibrio (4)

Es innegable que en el transcurso histórico de la interacción sociedad-naturaleza, esta se ha tornado cada vez mas compleja, produciendose cambios impor-

tantes que han llevado en las últimas decadas a considerar al hombre, no solo un problema para la biosfera en que le ha tocado vivir, sino en un peligro para sí mismo.

2.1.2 LA BIOSFERA

"No hay que maravillarse tanto de que cada una de las partes de los seres vivientes esté tan bien adaptada al ambiente en que vive. Más bien habría que maravillarse de lo opuesto; es decir, de que los organismos puedan vivir sin estar tan bien armonizados en sus partes o tan bien adaptados al ambiente como deberían estarlo" (5)

DAVID HUME

Hume nos hace recapacitar, -eliminando cualquier intento romántico y esteticista que pudiera considerarse respecto a la naturaleza- en la aparente armonía, idealizada, existente en ella; preconizada por las teorías naturalistas del siglo XIX, e impulsadas por Linneo, quien consideraba a la naturaleza - como un todo armónico, un sistema ordenado y estable en eterno equilibrio, producto del diseño de un creador.

Si bien, hoy, se ha confirmado que esto no es totalmente cierto, dejando científicamente establecido que el medio ambiente, en su estructura intrínseca no presenta una perfección absoluta en la conjunción de sus partes; también está demostrado que el equilibrio dinámico en el que se halla inserto, su funcionamiento, permite solo un mínimo rango de acomodación ecológica, donde la "terrible lucha por la vida", como afirmó Darwin, se convierte en el común denominador para la supervivencia de cada una de las partes que conforman la biosfera.

La parte más extensa de la corteza terrestre tiene unas propiedades especiales: primera, recibe energía externa del sol; segunda, existen en ella los tres estados de la materia en permanente relación: sólido, líquido y gaseoso, y tercera, puede existir sobre la misma, agua líquida en grandes cantidades.

Todo ello es básico para que pueda desarrollarse la vida, tal como la conocemos. En esta zona más externa de la Tierra es donde se encuentran los seres vivos, y se le denomina biosfera. La biosfera, por tanto, es la parte de la tierra donde se desarrolla la vida en forma de una compleja estructura denominada ecosistema.

Ahora sabemos que el ecosistema es la interrelación entre comunidad (biosistema) y el medio ambiente físico abiótico (no vivo) en un permanente equilibrio dinámico (6) Y, la ciencia encargada de estudiar - esa relación continúa entre seres vivos y el ambiente en que se desarrollan, -incluyendo al hombre-, es la ecología (7)

Ya a Carlos Linneo, en el siglo XIX, no se le había pasado por alto el hecho de que los seres vivos contraen relaciones entre sí y su medio; sin embargo es evidente que el conocimiento intuitivo de la ecología es mucho más antiguo, pues ya el cazador prehistórico, debía conocer muy bien el funcionamiento integral de la naturaleza, para sólo así tener éxito en sus empresas de caza, anticipar el cambio de estaciones y sobrevivir. Sin embargo, fueron las grandes expediciones de carácter geográfico las que proporcionaron un notable desarrollo de la Historia Natural y por tanto de la Ecología. Logrando su máximo avance con el viaje del Beagle, que permitió a Darwin desarrollar su teoría sobre el origen de las especies -de 1859- dedicando todo un capítulo a la ecología y varios de sus problemas actuales.

El resultado general más importante de los estudios ecológicos, es la constatación de que cada organismo viviente en un ecosistema específico, por su misma presencia, ejerce un efecto preciso sobre el equilibrio natural del sistema.

Hay que pensar en el ecosistema natural, no solamente como una unidad en el espacio, sino como un nivel

de organización de base territorial, formado por individuos de muchas especies, que más o menos se mantienen a sí mismos en un ciclo cerrado; dichos ecosistemas persisten a través del tiempo debido a su interacción, utilizando una fuente de energía externa que, en prácticamente todos los casos, es la radiación solar (8). En la época actual, el ser humano ha logrado distanciarse de esta "limitante", disponiendo, para el efecto, de importantes fuentes auxiliares de energía que lo convierten en una criatura, a la par que más vulnerable, también con un mayor potencial transformativo del medio.

Todo ecosistema está compuesto básicamente por tres grandes sub-grupos de elementos bióticos, funcionalmente importantes:

1. Los productores, son aquellos organismos capaces de elaborar su alimento a partir de un proceso fotosintético, utilizando para tal fin la energía solar.
2. Los consumidores, se caracterizan por obtener su energía vital a través del consumo de organismos productores o carne, para poder sobrevivir, ya que no son capaces de producir su propio alimento. A este subgrupo pertenece el ser humano, de aquí que se considere, como organismo "usuario" dentro del ecosistema, por encontrarse al final de la cadena trófica.
3. Los reductores, que poseen la capacidad de mineralizar la materia orgánica, consumiendo sus restos, y así de esa forma devolver a la tierra los elementos primarios básicos para el sosten de la vida; cerrando así el ciclo funcional ecológico (9)

A su vez estos elementos bióticos interactúan íntimamente, siendo condicionados, por los elementos abióticos. Integrados por:

1. Las sustancias inorgánicas, formadas por elementos como el carbono, nitrógeno, fósforo y otros minerales vitales, y compuestos como el agua, que forman parte de los ciclos biogeoquímicos del ecosistema.

2. Las sustancias orgánicas, que incluyen compuestos como los carbohidratos, las proteínas, los lípidos y las sustancias húmicas.

3. Los factores físicos, que determinan las condiciones para la existencia de organismos del componente biótico y que comprende aspectos como clima (temperatura, humedad, precipitación, etc), altitud, latitud y continentalidad.

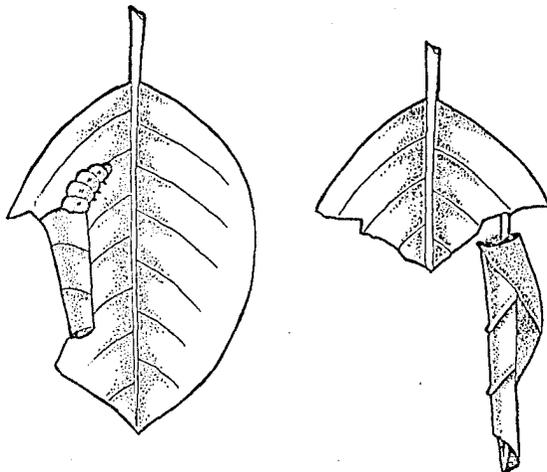
Pero además, últimamente han venido a sumarse a estos elementos, ya enumerados, otros de origen exclusivamente humano, y que -para bien o para mal- hay que considerar como componentes activos de la estructura del sistema natural. Fenómenos tales como la aparición de medio ambientes contruidos (ciudades, obras de infraestructura, etc) sustancias artificiales no presentes en la naturaleza y sintetizadas por el hombre, la utilización de energía exosomática (atómica especialmente) han surgido como elementos de ajuste de la interacción sociedad naturaleza, pasando a constituir un ambiente humanizado que además de representar ajustes, ha dado origen, en las últimas décadas, a la aparición de la problemática ambiental; derivada básicamente de insuficiencias, contaminación y sobreexplotación, causando así el deterioro del medio ambiente.

2.2 VIDA ANIMAL Y COBIJO

Quizá la práctica más ejemplarizante de integración al medio natural, nos las dan los animales a través de la construcción de sus cobijos, sin importar la función última de este; ya sea como resguardo de la intemperie, nido, sitio de invernación, etc.

Evidentemente, los animales no presentan las mismas determinantes socio-económicas que inciden en la construcción de la habitación humana, pero si buscamos atrás en la noche de los tiempos, veremos que el origen generatriz fue el mismo en la consideración de un espacio que contribuyera a una mejor protección contra las fuerzas naturales en un momento y - para una función particular. Aún hoy esto puede observarse en algunas tribus primitivas que habitan el planeta, para quienes la casa no presenta aún la connotación de "habitación permanente" inculcada por la cultura occidental. Pero lo importante aquí, es analizar la forma en que se lleva a cabo esta interacción entre la construcción animal y el medio y que a veces tan compleja y armónica.

Consideramos que la naturaleza aún tiene mucho que enseñarnos y que este es un buen ejemplo para empezar a aprender.



2.2.1. COMPORTAMIENTO CONSTRUCTIVO ANIMAL: ¿Instinto o Aprendizaje?

La definición científica de instinto ha llevado a etólogos y psicólogos a arduas polémicas que han derivado en diversas y muy variadas concepciones sobre el término.

A mediados de este siglo Tinbergen (10) llamó "instinto" a la estructura piramidal que conforma al sistema nervioso central; en cuyo vertice se encuentra un centro superior, sustentado por una base constituida por centros inferiores y termino definiendo - al termino así: "un instinto es un mecanismo nervioso jerárquicamente organizado, sensible a determinados estímulos -tanto externos como internos- que lo cargan, desencadenan y dirigen, y que responde a tales estímulos con movimientos coordinados que contribuyen a la eficacia biológica del individuo y de su prole "Vemos entonces que según Tinbergen, el instinto forma parte del equipamiento de supervivencia, en los animales; de tal forma que, actúa como un mecanismo más de defensa contra las agresiones del medio. Pero esto no es todavía suficiente para entender, como los animales adoptan algunas pautas de comportamiento, complejas y tan variadas, según el medio en que se desarrollan, como si ya lo "conocerán", perfectamente de antemano, específicamente en el campo que nos interesa, la construcción. A lo que la definición de Tinberg no ayuda mucho. Por ejemplo, podemos preguntarnos si además de un instinto reproductor, puede hablarse de un instinto constructivo o de un instinto de agresividad supeditado a los dos primeros.

Por todo ello el esquema teórico de Tinbergen no debe tratarse como una explicación cabal y única de la totalidad de los comportamientos que consideramos -instintivos, por lo que debemos remitirnos al papel que desempeña el aprendizaje en ciertas especies superiores de animales.

Un paso importante para analizar la enorme variedad de manifestaciones del comportamiento (succión, en la primera etapa de los mamíferos; cortejo, apareamiento y construcción, posteriormente, etc) consiste en distinguir entre aquellas modificaciones determinadas principalmente por la constitución del organismo y las derivadas de su interacción con el medio.

Cuando un polluelo cuco nace en el nido de otra ave de especie distinta, su primera tarea desde el primer momento en que percibe a los demás huevos será echarlos de su legítimo hogar, mediante movimientos complejos de su espalda y alas. Este tipo de comportamiento se denomina innato o instintivo.

Los carboneros son pájaros muy comunes en toda Europa, cuya base alimenticia la constituyen los insectos. Hace unos años, en Inglaterra, comenzo a observarse que los pájaros perforaban el tapón de las botellas de leche que se repartían a la puerta de las casas de campo, para beberse su contenido. Poco a poco esta costumbre se fué extendiendo entre las comarcas, de modo que hoy la leche es parte del desayuno de muchos carboneros en Europa. Es indiscutible que en este caso, la programación del comportamiento alimenticio no está fijada de antemano, sino que es el ambiente externo quien lo determina en gran medida. Este tipo de comportamiento se denomina aprendido

Para estudiar mejor estos fenomenos del aprendizaje, los etólogos han desarrollado una clasificación provisional dividida en varias categorías, de las cuales las más importantes son: - Por habituación. Este es el tipo de aprendizaje más sencillo, pues no implica la adquisición de nuevas respuestas sino la pérdida, por desuso de las antiguas. Por ejemplo la desaparición del temor al hombre en algunos animales -como las palomas urbanas- por costumbre, pero no a otras formas menos familiares por ejemplo, a las --aves de rapiña, en el caso de las palomas-.

- Por condicionante operante, tradicionalmente conocido por "ensayo y error". Algunas de estas pautas suelen ir seguidas de un refuerzo o recompensa, ya sea en forma de alimento o bienestar físico. Si este refuerzo se repite un número variable de veces, - según la especie, el animal aprende a realizar esta pauta de conducta cuando se encuentra en una situación semejante. Un ejemplo típico es el de la rata que encuentra alimento al final de un laberinto; cada vez concurrirá en menos errores hacia el camino hacia la recompensa, siempre que lo haya intentado - un número suficiente de veces. Este tipo de aprendizaje requiere contigüidad y una repetición del proceso de reforzamiento -esfuerzo - recompensa-, porque sino la respuesta condicionada se reduce y finalmente desaparece.

-Por comprensión. Puede definirse como "la capacidad de combinar dos o más experiencias de aprendizaje separadas en el tiempo, produciendo una respuesta nueva con la que se alcanza un fin deseado" El aprendizaje por comprensión, del que se ha encontrado ejemplos no solo en primates sino también en otros mamíferos y aves, puede considerarse como un verdadero comportamiento rudimentario inteligente. Este tipo de aprendizaje, solo reservado a los vertebrados superiores, es lo que permite que a los delfines se les pueda enseñar complicadas habilidades motoras; y a los chimpancés y algunas aves, se les facilite - "inventar" utensilios con los que procurarse fácilmente alimento.

Ahora cabe preguntarse: ¿se transmite este aprendizaje sin el concurso de los padres? ¿como "saben" - algunas especies de animales construir complejas estructuras, que determinaran su existencia -capullos de orugas, nidos, etc, y como saben adaptar estas - construcciones, de una forma tan perfecta, al medio?

Pues bien, gracias al desarrollo de la genética, los etólogos fueron capaces de encontrar las causas de

la transmisión del comportamiento a través de generaciones.

Efectivamente se comprobó que así como ciertas características físicas están controladas por genes, también muchos comportamientos tienden a transmitirse, de una generación a otra, según las leyes de la herencia. Donde más se manifiesta esta transmisibilidad es en los comportamientos innatos, que se supone alguna vez fueron aprendidos. Esta dependencia, en la transmisión del comportamiento, del control genético, es cada vez menor a medida que se asciende en la escala evolutiva animal; es decir, se manifiesta, prácticamente de una generación a otra, en nemátodos y otros insectos; desapareciendo totalmente en los mamíferos.

Además de la transmisión genética, comprobada por el americano W. Rothenbuhler, en abejas y gusanos, existe otra forma de transmisión del comportamiento de unos individuos a otros; la transferencia cultural, que puede definirse como la transmisión de un comportamiento, de un individuo a otro por aprendizaje - imitativo. Nosotros los humanos estamos muy familiarizados con este tipo de aprendizaje, pero se sabe que también funciona en aves y mamíferos, animales que poseen un cerebro voluminoso.

De todo lo anterior podemos deducir, con respecto al comportamiento constructivo animal, que además de que está sujeto a códigos genéticos complejos, y por lo tanto susceptible a las leyes de selección natural - enunciadas por Darwin, también puede responder a un mecanismo de aprendizaje cuasi-racional, con su respectiva carga de transmisión cultural, en un proceso interactivo de adaptación a las condiciones ambientales imperantes.

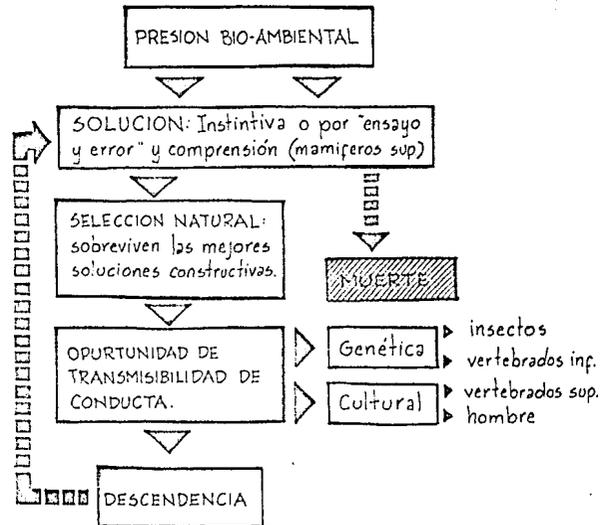
De esta forma podemos concluir este apartado, con un sencillo modelo explicativo, desarrollado a partir de las investigaciones anteriores, donde trato de -

explicar la forma en que se manifiestan e interactúan los factores ya enumerados, en el proceso constructivo animal e, incluso humano en su época temprana.

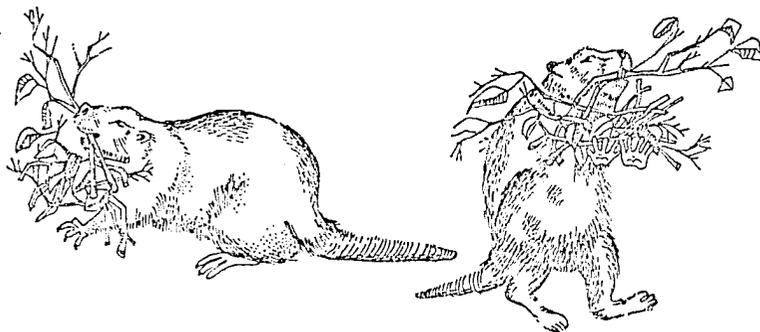
1. Presión física y biológica y ambiental; el animal experimenta en su organismo, la necesidad de - procurarse protección contra el medio o para garantizar la continuidad de la especie.
2. Se provoca una reacción mecánica, en el sistema nervioso central, que obliga al organismo a encontrar una solución al problema, al mismo tiempo lo capacita para un aprendizaje.
3. Suscitada la solución constructiva en su variante más elemental. La selección natural se encarga de escoger y permitir la supervivencia de los individuos que hallan desarrollado mejor alternativa.
4. Una vez garantizada la supervivencia del organismo, se presenta la oportunidad de transmisibilidad genética de la experiencia, a su descendencia, y/o cultural a otros individuos, durante el lapso de vida del animal.

5. La descendencia con su respectiva carga genética (si es que la hay) realimentara su herencia con nuevos ensayos y nuevas experiencias, hacia una mejor solución, haciéndose esta cada vez más compleja o mejor adaptada. En el caso de mínima transmisibilidad genética puede darse el caso de realimentación empírica durante el lapso de vida del individuo, con su respectiva transmisión cultural a su descendencia.

Podemos explicar estos mecanismos en el siguiente diagrama:



Este proceso solo es explicable, en algunas especies, los pájaros y sus nidos, por ejemplo -en terminos - de tiempo geológicos, por lo que no esperemos verlo realizado durante el lapso de vida humano. En el caso del ser humano, algunas teorías parecen indicar que, la evolución hacia un cerebro más voluminoso capaz de albergar mayor capacidad de proceso informativo y memotecnico, implicó el sacrificio de tener que nacer en etapas "subnormales" de desarrollo, con una mínima herencia genética, pero una increíble capacidad de aprendizaje por comprensión y transmisibilidad cultural.



2.2.2. EL COBIJO ANIMAL: Tipos y características - técnico-constructivas.

Como vimos en los apartes anteriores, el comportamiento constructivo animal está definido por una serie de factores, instintivos y ambientales, que a veces sería difícil diferenciar unos de otros, pero que, al final, guardan un objetivo común: garantizar la continuidad y supervivencia de la especie.

Lo más importante de estudiar el cobijo animal y, anterior las pautas que lo han determinado, es observar como de una forma "racional" y económica en términos ecológicos, los animales han solucionado su problema de integración al medio; valiéndose de los materiales disponibles en su habitat y lo más importante de todo: de sus características y escala somática para hacerlo. Así encontramos claramente identificadas, según las características biológicas del "constructor", las diferentes "tecnologías" constructivas: Tejedores, carpinteros, albañiles, cavadores, ingenieros, escultores y demás. Un ejemplo de "diseño avanzado", por todos conocido, es el pajaral. Descrito por Darwin en su "origen de las especies" y quien afirma: "Debe ser un tonto el hombre capaz de examinar la exquisita estructura de un pajaral, tan bellamente adaptada a su finalidad, sin admiración entusiasta. Los matemáticos nos dicen que las abejas han resuelto en practica un abstruso problema, y han hecho sus celdillas de la forma adecuada para contener la máxima cantidad de miel con el mínimo consumo posible de la preciosa cera en su construcción" (11)

Por otra parte, algunos etólogos clasifican a los constructores animales, en dos grandes grupos, según la complejidad de sus productos (Hansell, 1984)(12) así:

-Constructores mayores. Constituida por solo tres

clases, desde los protozoarios hasta los mamíferos.

Dado que es una tarea imposible describir, por lo menos en un acercamiento panorámico sintético toda la construcción animal, dado el inmenso número de especies involucradas, presentaremos de toda esta amplia gama, los procesos generales y la descripción particular de algunos ejemplos que consideramos interesantes.

Fases en la Construcción del Cobijo Animal

Antes de entrar a describir las fases que comprende la construcción animal, es necesario recordar, que los animales escogen siempre y por encima de cualquier otra consideración, materiales simples y económicos, para su cobijo, es decir, fácilmente disponibles y próximos al lugar en el que van a construir. Estos materiales siempre se escogen por su función estructural o térmica, de tal forma que les procura una construcción a la vez que resistente y perdurable, también, confortable contra la inclemencia exterior. La apariencia estética poco importa a los animales (a excepción del tilonorinco australiano, que "diseña" verdaderas escenografías para atraer a la hembra), y si alguno de nosotros, como humanos, tratamos de hallar belleza en estas construcciones, podemos estar seguro que no es algo buscado a propósito, sino un producto meramente fortuito dentro del proceso natural.

Las fases que comprende el proceso de construcción animal, según Peter Warshall (13) son:

- Emplazamiento. Ninguno de los mamíferos ungulados construye el propio; como tampoco lo hacen los cetáceos. Al igual que casi todas las criaturas vivientes, lo fían a sus sentidos y aprovechan las posibilidades existentes.

La búsqueda del cobijo, es simplemente el encuentro de la ubicación adecuada; lo que resulta especialmente cierto de los cobijos de temporada utilizados para dormir e invernarse. La nutria marina se enreda entre las algas para lograr el anclaje que le permite flotar dormida. Mas sofisticados son ciertos murcielagos tropicales que cortan hojas de palma con sus dientes, para despues dormir bajo una especie de "tienda" resultante de las hojas caidas en el suelo.

Numerosas arañas, grillos y otros insectos se envuelven en hojas y las cierran en forma de cono mediante la seda que segregan.

Vemos entonces que el emplazamiento varía según la técnica utilizada para su adecuación. Así tenemos la Excavación: La mayoría de los roedores excavan sus cobijos, no puede decirse que construyan exactamente. Algunos insectos, aprovechan la estructura de los tallos vegetales, los perforan hasta su canal central, donde permanecen y se reproducen -aislamiento /protección / alimento. otros mamíferos de mayor tamaño se instalan en excavaciones preexistentes. Así se ha visto actuar a jabalíes africanos y los chacales, zorros y hienas manchadas hacen otro tanto para criar a su prole. En norteamérica, el coyote utiliza madrigueras abandonadas por tejones y mofetas. Los coyotes se limitan a agrandar, limpiar la madriguera y, en ocasiones, a proveerlas de un orificio de ventilación.

En resumen, la mayoría de los mamíferos aprovechan las características autosustentantes de la tierra -misma, como estructura, y su gran capacitividad térmica como elemento confort bioclimático. Solo se consume energía en buscar el lugar correcto -lejos de corrientes de agua pluviales y aireado- y excavar.

El analogo entre los crustaceos al empleo de la ma-

driguera ajena sería el cangrejo ermitaño, que usa - el caparazón de otro y lo cambia a medida que crece, dependiendo así, de la abundancia y tamaño de estos, vacíos en la playa. El analogo entre las aves es el buho, que emplea las cavidades hechas por el pajar carpintero. pero lejos de considerar estas re-utilizaciones de cobijos ajenos, como una practica de reciclaje natural que supone un grado de conservación -energética.

La madriguera del topo europeo se ubica cuidadosamente bajo zarzas o el tronco de un arbol. La "cúpula" - se encuentra a unos 30 cm. bajo el suelo. La base del "pozo" sirve como salida de emergencia y drenaje de aguas excedentes. las paredes son de barro alisado y, a veces, enlucido. Incluso muchas madrigueras disponen de tuneles cortos a modo de retrete, separados del espacio de nidificación.

Tejido: Los pajaros son los unicos vertebrados tejedores en la naturaleza. El pajar tejedor machotrenza y cubre de paja su nido, mientras la hembra se limita a revestir de material no trenzado la camara de incubación. El macho reune hierbas largas o tiras de palma, las fija al lugar escogido y, usando su cuerpo como radio, forma el anillo estructural del nido, la camara de incubado, la antecamara y la entrada. Todo tejido y anudado. El unico instrumento es el pico, aunque con frecuencia utiliza las patas para retener el material.

Cuando el paso de la malla es tan pequeño que no se puede seguir tejiendo, comienza el techado con paja; cambia de tiras largas y estrechas a otras cortas y anchas. El trabajo termina cuando ya la luz no entra a través del techo.

El pasillo de acceso solo se añade una vez aceptado el nido por la hembra. Si esto no ocurre, el macho deshace nudos y destruye la construcción. Si por el contrario, ella comienza a revestir la cámara de in-

cubación, el ya no puede entrar; permanece afuera, completando el pasillo de entrada.

Es imposible determinar con exactitud como llegaron los pájaros tejedores a tan singular técnica. Sus nidos no tienen la habitual forma de copa sino, en general, la de retorta o riñón, con la entrada por abajo o a un lado. Eso los protege no solo de la lluvia sino de los mosquitos, cuya picadura puede provocar le malaria a los polluelos. "El rasgo mas notable es el tejido exterior, de gran flexibilidad y fuerza", observa el ornitólogo Jhon Buriell Crook; pero además de la flexibilidad y fuerza de las fibras vegetales utilizada por los pájaros en la construcción de sus nidos, también debemos anotar su característica de aislamiento termico por resistividad, lo que impide la fuga de calor desde el interior, importante factor en el proceso de incubación.

Un tipo de abejas toman la resina de los pinos heridos para procesar y obtener una sustancia llamada : "propolis"; uno de los mejores selladores que se conocen. Las abejas lo utilizan para parchar grietas en los troncos, donde habitan, dan a las entradas el diametro correcto, etc. Cualquier objeto rugoso que pudiera herir a la abeja es inmediatamente cubierto con la sustancia. Todo espacio demasiado pequeño para ser corredor o celdilla en la colmena es sellado; impidiendo así la fuga de energía.

A su vez, el papel con que fabrican las paredes de sus nidos las avispas, esta compuesto por finas capas de aire, en su interior, de tal manera que aísla tan bien como un muro de 40 cm. de espesor.

Por su parte las termitas africanas elevan sus grandes tumulos a partir de una perfecta organización social, por un lado, y al cemento a base de tierra, saliva y otras secreciones orgánicas que ellas mismas segregan. Estos elevados termiteros (de hasta 4 mt) están orientados sobre un eje norte/sur exacto.

Las termitas pasan las mañanas en la parte oriental y por la tarde (siguiendo el curso del sol) se trasladan a la parte occidental; de esta forma captan la mayor cantidad de energía calorica solar para sus funciones vitales. Pero además, hace milenios que las termitas utilizan las corrientes termicas para activar el sistema de aireación y purificación de su vivienda. El termitero está constituido por una serie de ductos especialmente dispuestos para esa función, de tal forma que el aire recalentado de la colonia asciende por ellos y a continuación circula por unos tubos de transpiración que actúan a modo de dispositivos de refrigeración. Una vez enfriado el aire desciende hacia el fondo y para repetir el ciclo. También penetra aire fresco a través de las finas paredes de los tubos. Otra manera utilizada por las termitas para mantener una temperatura constante todo el año, es disponer pequeñas cantidades de hierba y desechos que al fermentarse producen calor.

Un termitero puede contener hasta 3 millones de constructores, todos ciegos y la durabilidad de estas construcciones no es precisamente corta. Por ejemplo, un monticulo cerca de Rhodesia, sometido a las más cuidadosas pruebas, resultó ser un termitero de setecientos años de antigüedad, al que no le entraba la pica, por lo que fue preciso dinamitarlo para construir un camino.

La tierra, material básico con que construyen las hormigas sus habitaculos, manifiesta por su parte, importantes características fisico-termicas de capacidad calorica; condición que proporciona una gran inercia o desfase termico que permite conservar una temperatura altamente estable en sus construcciones.

Algunos animales actúan como agentes parcialmente pasivos en la búsqueda del cobijo de otros. el protozoo causante de la malaria es un buen ejemplo: pasa la mitad de su vida en el vientre del mosquito y la otra

en la sangre humana. Al igual que muchos otros animales, habitan un cobijo vivo.

-Transporte: En términos de energía y su conservación, vemos como los animales que utilizan materiales más inmediatos prosperan. Sin embargo, algunos de entre ellos transportan esos materiales de un lugar a otro (lo que supone un nuevo estadio en su transformación para el cobijo) Tal es el caso generalmente cuando el habitat no proporciona cobijo directo adecuado y -al mismo tiempo- es necesario proteger a las crías en ausencia de, los padres, que pueden haber muerto o verse precisados a buscar aliento lejos del cobijo. Por ejemplo, la avispa alfarera construye un pequeño vaso (con tapa), llena su base de alimento, sujeta los huevos a la tapa -de manera que cuelguen sobre el alimento- lo coloca y se marcha.

La existencias de crías solas es frecuente entre las aves. Nuevamente, la ubicación reviste excepcional importancia, pero también el transporte de materiales específicos al lugar seleccionado beneficia a las crías. Los pájaros que tejen sus cobijos lo hacen a manera que resulten inaccesibles a las serpientes y otros depredadores. Para ello enlazan largas hierbas cuidadosamente seleccionadas hasta formar un nido que después es techado también con hierba. Un caso extremo es el de las aves con cobijo formado por una pila auto-destruible de estiércol. Los huevos grandes y con mucha yema, son cubiertos de hierba y esta a su vez con arena. Al irse descomponiendo el estiércol, aumenta su temperatura lo suficiente para incubar al huevo, combinado esto con la energía calórica almacenada por la tierra. De cuando en cuando, vuelve el macho junto al monton-incubador, comprueba su temperatura con el pico y añade o retira arena para mantenerla en su justo término. Finalmente los polluelos rompen el cascaron y salen al exterior, capaces de valerse por sí mismo debido al mejor desarrollo alcanzado a partir de una mayor ye-

ma en el huevo.

-Procesamiento: Aquí nos referiremos al proceso de transformar las materias primas en materiales de construcción.

La seda quizá constituye la secreción orgánica más común el uso de construcción animal, al mismo es la que presenta, proporcionalmente, mayor resistencia a la tensión por unidad de medida. Sus características térmicas podrían resumirse en: una baja capacidad calórica y una alta resistividad térmica, que impide el paso, tanto del exterior como del interior, del calor; de aquí que sea utilizado por insectos que en su proceso de metamorfosis necesiten pasar largos periodos de tiempo incapacitados para cualquier actividad y requieran de una temperatura estable para sobrevivir y desarrollarse. Los avispones hacen papel con serrín, madera podrida y desperdicios humanos que mastican juntos mezclandolos con su propia saliva hasta crear una pulpa semi-líquida. Esta pulpa la extienden para formar la estructura interna de cartón que arma el nido y las laminas aislantes que protegeran sus camaras y galerías.

Las abejas, por su parte, quizá sean -junto con los pájaros y las termitas- los animales que construyen el cobijo mas evolucionado, por lo que consideramos que merece un análisis aparte.

2.3 VIDA HUMANA Y COBIJO

El hombre, es una especie biológica más, componente de la biosfera y como tal sujeta a las mismas regularidades que las demás. Todas estas especies no viven unas juntas a otras, aisladas, independientemente entre sí, sino que están unidas por una compleja red de interacciones, reglamentadas según leyes ecológicas.

Hace unos 40000 años (14) aparece el "homo erectus" después de una larga evolución natural de 3 a 4 millones de años, el hombre "desciende" de su hábitat arborícola y se traslada a las extensas sabanas de África meridional. El primer representante del hombre actual comienza a desarrollar una cultura mucho más compleja que la de los estadios evolutivos anteriores.

La interacción hombre-habitat, experimenta cambios sustanciales en términos de consumo energético-producción. Los cambios climáticos y por ende la aparición de mayores áreas, más fácilmente habitables, traen consigo la aparición de la agricultura, hace unos 10000 años. Se manifiestan a partir de aquí distintos niveles, inmersos en un proceso histórico, de mediación social de la naturaleza, en los cuales el hombre establece distintos nexos con esta, y según sean estos, se establecen también distintos niveles de sobredeterminación de lo social sobre lo natural.

En un primer momento que coincide con las sociedades primitivas se puede hablar del nivel más elemental de mediación social, en donde existe una casi total sobreconformación natural sobre la vida del ser humano, que se relaciona con la naturaleza, como una especie más; tomando de ella los elementos que hacen posible su subsistencia. En este primer nivel es difícil hablar del hombre bajo el concepto dialéctico

que hoy conocemos, ya que apenas empieza a gestarse en la conciencia humana esa actitud del "yo prepotente" que caracterizarían cualquier actividad y pensamiento del hombre con respecto a su entorno.

en un segundo nivel de mediación, que coincide con la sedentarización de las primeras sociedades humanas, encontramos el tipo de modificaciones que el hombre efectúa al ecosistema, con la finalidad de crear un medio/habitat, que satisfaga sus necesidades de convivencia social por un lado, y que posibilite por otra parte, la realización de las actividades productivas necesarias para la reproducción social.

Las excavaciones arqueológicas han demostrado que el hombre se estableció, hace aproximadamente unos 10 milenios, entre el mediterráneo, el Nilo, el Tigris y el Eufrate, en la región denominada "media luna fértil" (15) Ahí las condiciones ambientales fueron lo suficientemente óptimas para que prosperara la domesticación, a través de la agricultura, de plantas como los cereales, y animales como el ganado bovino y ovino. Esta "revolución de la agricultura", en el oloceno temprano, comenzó en la región del actual Irak. Hoy se han hallado ricos hallazgos de granos de cereal carbonizado y figuras de barro de ovejas y vacas en la zona de Hassuna, Jarmo, Ubad y Tepe Sarrab, que confirman esta hipótesis. Se supone así que el cultivo de la tierra creó los antecedentes para la domesticación de ganado agrícola y que una conjunción de estos dos factores motivaron una explosión demográfica que alcanzó la cifra de mil millones de individuos hacia 1825 (16)

Por último, con la fundamental intervención de los procesos industriales, encontramos modificaciones radicales en los ecosistemas, que son básicamente producto de la utilización intensiva de la tecnología y de las grandes concentraciones de población en centros urbanos. Así vemos como la cifra de mil millones de habitantes alcanzada en 1825, después de mi-

les de años de crecimiento poblacional paulatino, se duplicó solo cien años después, existiendo estos momentos unos 4000 millones de seres humanos en el planeta; de los cuales tres cuartas partes luchan por subsistir en condiciones mínimas.

Una de las características de la vida industrial ha sido la dependencia, cada vez mayor, de la tecnología para la producción de alimentos y mercancía, - para la salud, para los viajes y para la comunicación, y hasta para la vida social. Llegándose a un extremo de mediación tal, que es posible afirmar que la tecnología es necesaria para manejar tecnología (17).

La tecnología se presenta entonces, como uno de los tres entornos que rodean al hombre actual, formando así también, junto con el medio ambiente natural y el medio ambiente social, parte de la biosfera (18).

Puesto que todos estos medios están actuando entre sí y puesto que cada uno de estos medios consiste en muchísimos elementos o subsistemas que también interactúan, un cambio en un subsistema llevara a cambios mayores o menores en todos los demás sistemas. Nos encontramos así ante la consecuencia más profunda sobre el análisis de la reciprocidad entre la sociedad como producto de la tecnología y viceversa; de tal forma que la solución a los problemas del industrialismo requerirá no solo cambios en la sociedad y en el modo de vida de sus miembros, sino también cambios en los criterios empleados en la elección y diseño de sus tecnologías.

Si importante es el aumento de la población, más espectacular aún ha sido el incremento del consumo de energía. para mantener su metabolismo un hombre - gasta por término medio unos 150 V (36 cal/seg) que obtiene a partir de los alimentos que toma. Esta cantidad ha permanecido inalterable a través de los siglos. Sin embargo estos 150 v. suponen únicamente

el 7.5% de la energía que consume un hombre moderno, por término medio (19).

En efecto; además de energía metabólica, el hombre - consume también en el hogar, la calefacción, el transporte, la industria, etc, una gran cantidad de energía que se conoce en general, con el calificativo de exosomática. El crecimiento en el consumo de este tipo de energía es tal, que se calcula que manteniéndose el mismo aumento exponencial de los últimos años, su consumo se duplicará a veinte años (gráfica 1)

Evidentemente, estos consumos energéticos no son iguales para toda la humanidad; en el hombre del campo - gasta menos que el de la ciudad y los habitantes de países subdesarrollados, mucho menos que los que se encuentran industrializados.

En un 90% el hombre obtiene esta energía que necesita, de los combustibles fósiles, procedente de una fracción del superavit de la producción primaria de ecosistemas antiguos y que por lo tanto, fuentes energéticas limitadas y transitorias, ya que, por ejemplo, se necesitaron muchos millones de años para formar - las reservas petrolíferas de que disponemos en este momento.

Las tres edades ecológicas que se han distinguido en el desarrollo de la humanidad, se caracterizaron también por la eficacia del transporte y de la regulación local de la producción. Las áreas sometidas a explotación agrícola extensiva por mucho tiempo acababan perdiendo su fertilidad. pero las poblaciones - humanas basadas en la agricultura aumenta su densidad hasta cien veces mas (20) que la de los pueblos recolectores y cazadores.

En vez de mover hombres y animales de un lugar a otro, se pueden mover los productos naturales. De esta forma aparece el transporte, otro factor importante en la infraestructura de nuestra actual sociedad. Al -

mismo tiempo aparece la tecnología de intensificación productiva; es decir lo que hizo posible que una densa población pudiera ser alimentada por unas pocas personas. El reparto de alimentos se justificaba con la aparición de los servicios más inverosímiles, muchos de ellos innecesarios.

De este modo fué posible la formación de grandes asentamientos urbanos que resultaron mas cómodos para la distribución de alimento a las personas que no trabajan en el campo y son la fuente de poder político.

Así el transporte se convierte en una fuente de contaminación al trasladar recursos lejos de su lugar de origen, impidiendo que sus residuos sean depositados en donde se originaron como materia. Es imposible concentrar y volver a recoger estas sustancias, cuya propagación y difusión a través de los ecosistemas puede tener resultados insospechados.

Muchas de las sustancias sintetizadas por el hombre contemporáneo no estaban presentes en los ecosistemas naturales, por lo que la evolución no las ha tenido en cuenta. Por ejemplo; los pesticidas inorgánicos, la radiación y los desechos atómicos, representan una oposición del hombre al proceso natural de evolución.

Actualmente se busca desesperadamente nuevas fuentes de energía; la nuclear, que en la forma actual de utilización afortunadamente no persistirá por mucho tiempo, y la energía solar, que aprovechada de manera distinta que en simple calentadores, pueden garantizar un consumo considerable de manera indefinida a través de los sistemas pasivos y activos, de aplicación energética, o por lo menos reduciran considerablemente el gasto actual de energía proveniente de fuentes tradicionales hasta la total consolidación de una fuente renovable de insumo energético.

Los problemas de la dinámica poblacional -incremento demográfico geometrical, superposición generacional, conflictos sociales- aparecen unidos a la desigualdad en el uso de energía. Actualmente, la distinción entre norte y sur, países industrializados y no industrializados, en términos ecológicos y de habitat se reducen a una diversa partición en las tasas de aumento del numero de individuos. Sobre periodos de tiempo cortos que se puede sintetizar en la expresión

$$(NE) t = (NE) o^e (r + f) t$$

en la que (NE)0 representa el producto del número de individuos existentes en un determinado momento por la energía total usada por individuos; (NE)t el mismo producto una vez transcurrido un tiempo t, y r y f, las tasas de aumento neto del número de individuos y de la energía total usada por individuos, respectivamente. Pues bien, los valores de r y f para los grupos de pueblos indicados, y con las imprecisiones inherentes a una comparación muy elemental, son:

	r	f	r+f
países industrializados	0.015	0.039	0.054
países no industrializados	0.035	0.015	0.050

Desde el punto de vista ecologico, la humanidad aparece escindida en una serie de grupos que siguen diferentes estrategias de supervivencias. Unas pueden estar mas adaptadas a sobrevivir en un mundo estable; otras, en un mundo inestable.

El hecho es que actualmente se ha hecho imposible estudiar al habitat humano sin tener presente que el hombre se ha convertido en un agente fundamental en el funcionamiento y características de la biosfera.

2.3.1. ECOLOGIA HUMANA Y CULTURAL

El concepto de una estratificación de organismos biológicos proporciona un marco dentro del cual la especie humana, como cualquier otro tipo de organismo, intercambia energía y materia con su medio ambiente. Esta área que se encarga de la relación del ser humano con su ambiente se le denomina "ecología humana"

La especie humana, a diferencia de otras especies - animales, se ubica dentro de varios ecosistemas, con distintos niveles de organización. El organismo humano, o sea el individuo de la especie, forma poblaciones con otros organismos humanos. Estas poblaciones, a medidas que se interrelacionan con organismos de otras especies (plantas y animales) en una determinada región, forman comunidades bióticas, parte del ecosistema. El ser humano heterótrofo, consumidor - de vegetales y animales, tiene por lo tanto, un papel asignado en las cadenas tróficas de los diferentes - ecosistemas donde se encuentra.

Además de las particulares características biológicas del hombre, que le han permitido adaptarse y desarrollarse dentro de una gran variedad de condiciones ambientales de la Tierra, también el hombre se ha adaptado a través de la cultura; otro fenómeno exclusivamente humano.

El estudio de la cultura humana en sus diversos aspectos ha sido de interés para el hombre a lo largo de toda su historia. Comúnmente se define el concepto - "cultura" como; la suma de los conocimientos inculcados a los individuos de un grupo social específico, a través de las generaciones, identificándolos. Esta - suma de conocimientos, podría decirse que, son los que en definitiva permiten la sobrevivencia dentro de su medio ambiente específico.

Desde el punto de vista cultural, la ecología señala

tres niveles de relaciones entre el medio ambiente y el hombre (Sandres y Price 1968) :

1. La relación entre una comunidad humana y su medio inorgánico.
2. La relación entre una comunidad humana y las - plantas y los animales, silvestres y domesticados de que depende.
3. Las interrelaciones entre seres humanos dentro de una comunidad local y entre comunidades humanas.

Además el ecólogo humano considera a la cultura de un pueblo como un subsistema de interacción con -- otros subsistemas, como ya vimos en el aparte anterior. La red de interrelaciones entre estos subsistemas es el ecosistema humano o cultural.

Steward nos da tres pautas para el análisis ecológico cultural:

1. El análisis de las interrelaciones de tecnología (explotación o producción) y el medio ambiente.
2. El análisis de los patrones de comportamiento, - relacionados con la explotación de un área determinada por medio de una tecnología específica.
3. La determinación del grado en que los patrones - de comportamiento relacionados con la explotación del medio ambiente afectan otros aspectos de la cultura.

Con respecto al primer paso, Steward resalta la importancia del clima, topografía, suelos, hidrografía, vegetación y demás determinantes físicas, considerando que la importancia de estos factores varía de una cultura a otra, debido a que las sociedades menos - avanzadas están más condicionadas directamente por -

el medio ambiente que las sociedades con un avance mayor.

Como ejemplo del segundo punto, Steward habla de los aspectos competitivos de recolección que favorecen al individualismo en contraste con ciertos tipos de cacería que son mas efectivos por el esfuerzo en conjunto. con respecto al tercer punto, da importancia a la consideración de una multiplicidad de factores y sus interrelaciones: demografía, patrones de asentamiento, estructuras de parentesco, tenencia de la tierra, el usufructo de la tierra y otros rasgos culturales, que no vienen al caso analizar en este trabajo.

Asi vemos como la ecología humana se presenta como una herramienta metodológica para investigar los cambios en la adaptación del hombre al medio ambiente.



2.3.2. VARIABILIDAD EN LAS ADAPTACIONES HUMANAS A LOS ECOSISTEMAS DEL MUNDO.

A partir de un amplio conocimiento del medio ambiente y los recursos disponibles para la subsistencia, podemos analizar algunos aspectos de como el hombre pudo adaptarse a los diferentes ecosistemas.

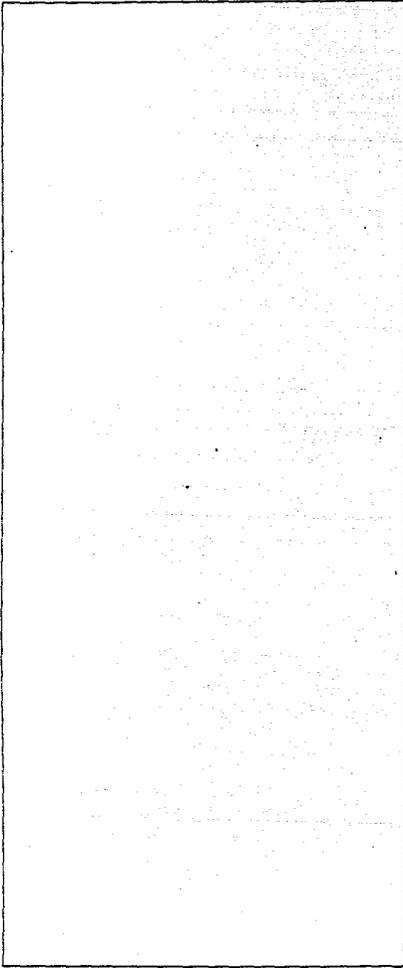
Evidentemente el hombre solo ha podido manipular al medio ambiente utilizando tecnología, pero esta solo pudo crearse de acuerdo a los materiales disponibles; sin embargo, la ausencia de uno u otro de estos materiales determina la selección del lugar para vivir. En el caso de tener acceso a todos los materiales, el hombre a solido escoger los de mayor productividad inicial y mejor disponibilidad. Tenemos el caso de materiales para construcción de su vivienda, estos se han seleccionado primero, por su disponibilidad y despues por sus características físicas. Evidentemente con el desarrollo de los medios de transporte y comunicación, y con la industrialización y el urbanismo, el hombre ha estado en condiciones de hacer una "mejor selección" de los materiales que habran de llenar sus necesidades -lo que en el caso particular de la vivienda, no ha sido del todo afortunado como ya sabemos, en los últimos tiempos- Las posibilidades que ha tenido el hombre para obtener materiales y productos fuera de su ecosistema, han variado de acuerdo con su nivel de organización sociopolítica y económica, determinando así el mayor o menor grado de desarrollo tecnológico.

Las sociedades más ligadas a una economía rural han tenido menos acceso a los medios esenciales para un despegue tecnológico, que las sociedades urbano-industriales, lo que recíprocamente a significado, a la vez, una mayor y mejor relación de las primeras, con su medio ambiente.

El hombre prehistórico, el hombre rural y el hombre

urbano, tienen las mismas necesidades básicas. Podríamos ver estas necesidades como factor de unidad entre la especie humana, mientras que las diferencias en modos de satisfacerlas representa la diversidad.

Hay que señalar que el hombre rara vez ha explotado un solo ecosistema, más bien lo hace con una serie de ecosistemas adyacentes, excepto en casos extremos de ecosistemas tan extensos como la tundra o áreas sumamente aisladas que requieren una adecuada selección de recursos. Generalmente, el hombre busca recursos según su disponibilidad y sus necesidades lo han llevado a los diversos ecosistemas. Por ejemplo una comunidad de pescadores ubicada en la boca de un río, puede tener campos de cultivo más retirados de la orilla, o quizá tenga un territorio boscoso en donde cazar. Al mismo tiempo, esta comunidad buscará el intercambio con otras comunidades, lo que le permitirá recibir artículos secundarios que suelen producirse en lugares más alejados. Más o menos este ha sido el modelo genérico, utilizados por la humanidad, a lo largo de los siglos, en la búsqueda de una adaptación al medio que le permita una cómoda supervivencia. Lo único que han variado son las herramientas de que se ha valido para lograr esa acomodación a los diferentes ecosistemas y esto basicamente ha estado determinado por la fuente primaria de su economía, más que por cualquier otra cosa.



III. ENFOQUE ECOLOGICO EN LA ARQUITECTURA

Evidentemente el interés que se ha suscitado en las últimas décadas, que propugna por una arquitectura más humanizada y congruente con su entorno, no es de ninguna manera novedoso. Se trata, solo de retomar un camino, un derrotero que el hombre, como especie, perdió hace mucho tiempo, y que hoy, vistas las consecuencias que esto ha tenido para la humanidad y el medio ambiente, tratamos de corregir buscando la reconciliación con nuestro entorno físico.

La orientación de los edificios, la utilización de materiales y técnicas adecuadas al medio, fueron durante siglos determinantes primordiales del quehacer constructivo del hombre. Quizá durante mucho tiempo esto estuvo supeditado más por razones de índole místico-religiosas que climáticas, pero es innegable que, en conclusión, proporcionaba al hombre un alto nivel de confort ambiental.

Ya en la Antigüedad Clásica, Vitrubio toma nota de esto y trata de institucionalizarlo en sus "X Libros de Arquitectura", cuando nos indica la importancia que debe tener la orientación de las viviendas con respecto al sol. Vitrubio sugería, por ejemplo, que una casa habitación debería tener las recámaras y la biblioteca orientadas al Este. Los baños y las salas de invierno hacia el Sureste, los talleres o cualquier otro espacio que requiriera de condiciones especiales de iluminación, hacia el norte (1)

Para Sócrates, la casa ideal debería ser fresca en verano y cálida en invierno. pero obviamente el ideal de Sócrates no era fácil de obtener en la antigua Grecia de hace 2500 años, dadas las carencias que, en materia de combustible, sufría la región; sin embargo, las excavaciones modernas de numerosas ciudades clásicas griegas muestran que la "arquitect

tura solar" floreció en toda la región. Las viviendas se orientaban al Sur y se planificaron ciudades enteras para permitir a todos los habitantes igual disfrute del sol de invierno. Se reducía así, en una casa orientada solarmente, la dependencia de sus habitantes de los braseros de carbón, conservando combustible y ahorrando recursos (2).

En la antigua Roma de a.d. C., el problema por la obtención de madera como combustible, no era menor que en Grecia y hasta podría decirse que proporcionalmente comparable a la crisis energética de nuestro tiempo. Ya para el Siglo I a. C. la madera había que importarse de regiones tan lejanas como el Cáucaso, distante 1500 Km. El filósofo Plinio el Viejo describe por su parte los efectos adversos sobre la industria local del metal de la escasez de madera en la Campania.

Estas primeras crisis de combustible decidieron a los romanos a adoptar las técnicas griegas de arquitectura "bioclimática"; desarrollaron una tecnología que permitía adaptar los diseños constructivos de las casas a diferentes climas, empleando cerramientos transparentes para ventanas, invernaderos, materiales térmicos, etc.

La arquitectura solar se convirtió en parte tan sustancial de la vida que la garantía de los derechos al sol quedaría eventualmente incorporada a la ley romana.

Volviendo a Vitrubio, el eminente arquitecto romano del siglo I a .C., ya aconsejaba con respecto al diseño solar en diferentes climas:

"Si deseamos que nuestros diseños de casas sean correctos, debemos empezar por tomar buena nota de los países y climas en que éstas van a construirse. Un tipo de casa parece apropiado para Egipto, otro para España....otro aún diferente para Roma, y así suce-

sivamente con las tierras y países de características diferentes. Ello es tal porque una parte de la tierra se encuentra directamente situada bajo el curso del sol, otra dista mucho de él, mientras otra se encuentra a medio camino entre las anteriores... Es evidente que los diseños de las casas deberían conformarse a las diversidades del clima." (3)

Este par de ejemplos del pasado, nos instruyen sobre lo importante que era para el hombre de la antigüedad, su armonía con las condiciones del medio, y sin ir mas atras -lo cual implicaría dejar de hablar de arquitectura, como actividad constructiva proyectada- vemos como ya en el pasado lejano, se han sentado las bases para lo que hoy llamamos bioclimatismo arquitectónico o arquitectura solar, dejando constataado el compromiso de esta rama del quehacer humano, como intermediario entre el medio ambiente y el hombre.

El interés por las condiciones del medio decae en el transcurso del desarrollo de la arquitectura occidental, hasta llegar a la etapa del Racionalismo contemporáneo. El racionalismo "descubre" la importancia del soleamiento, por ejemplo, fomenta su estudio científico y establece directrices para su diseño. El interés por el soleamiento se enmarca en el movimiento de vuelta a las determinaciones "naturales" propio de un período en que las condiciones "culturales" habían entrado en crisis, y se asocia con el afán de lograr un diseño "exacto" preciso, basado en una "nueva objetividad"

El racionalismo arquitectónico europeo retoma la preocupación higienista manifestada en el último tercio del siglo pasado época de importantes descubrimientos en medicina y puericultura. El dato de que un bacilo de Köch -causante de la tuberculosis- tarda

quince minutos en morir expuesto al sol, causó gran impacto entre los arquitectos, generando la "preocupación" central por "meter al sol en cada hogar" Esta preocupación por el soleamiento se institucionaliza teóricamente, en el 4º Congreso CIAM (Atenas), cuyas conclusiones redactadas bajo la supervisión de Le Corbusier, se difundieron mediante un documento - conocido como la "Carta de Atenas", que representa el acta de nacimiento del urbanismo racionalista(4)

El Congreso de Atenas había planteado, como postulado que "El sol, el verdor, el espacio son las tres materias primas del urbanismo", La Carta de Atenas, tras identificar al sol como "el señor de la vida" propone lo siguiente: "La medicina ha demostrado que la tuberculosis se instala allí donde el sol no penetra; pide que el individuo sea en lo posible vuelto a colocar en condiciones de naturaleza.

El sol debe penetrar en cada vivienda varias horas - diarias, aún durante la estación menos favorecida. La sociedad no tolerará más que familias enteras sean privadas del sol, y por ende, destinadas al debilitamiento. Todo plano de casas en el que una sola habitación estuviera mal orientada o privada del sol, por causa de sombras proyectadas, será rigurosamente condenado. Debe exigirse a los constructores el plano demostrativo de la penetración del sol en cada vivienda durante dos horas como mínimo en el solsticio de invierno. Sin lo cual se negará la autorización para construir. Introducir el sol es el nuevo (" ") y mas imperioso deber del arquitecto" (Carta de Atenas, punto 26). Entre los grandes maestros del Movimiento Moderno. Le Corbusier fué quizá el único interesado no solo en los espacios arquitectónicos en relación a la penetración solar, sino también a las otras variables climáticas. Su punto de vista, sin duda fué influenciado por su actuación profesional en países de bajas latitudes (Argelia, Brasil, India Colombia). pero podemos abrigar hoy la sospecha de

que el diseño de algunos de sus dispositivos de control solar no quedaba determinado exclusivamente por razones funcionales basados en un estudio científico de soleamiento, como lo demuestran la relativa inutilidad de algunos elementos partesoles de la "Unidad de Habitación" en Marsella, en cuyo diseño parece haber influido considerablemente las motivaciones de índole estético. Lo mismo ha de decirse de gran parte de la producción arquitectónica mundial posterior a la Carta de Atenas, como lo ha demostrado la historia; las loables intenciones ambientales que guiaron al Movimiento Moderno en un principio, quedaron relegadas a una mera teorización diluida tras un formalismo gratuito en la materialización edificatoria sustentada por la prosperidad económica de las potencias industriales.

A partir de la crisis del Movimiento Moderno se ha venido redimensionando el problema de la integración arquitectónica a las variables ambientales. Hoy ya no se piensa que pueda ser "el sol y solo el sol, el que decida la orientación de la casa". Se cuestiona abiertamente la validez de las simplificaciones racionalistas. El soleamiento solo pasa a ser un factor más, cuya jerarquía habrá que establecer en cada caso particular respecto al conjunto de factores que determinan una forma. Lo que hace inadmisiblemente desconocer en forma absoluta la problemática ambiental. La crítica posracionalista al método cartesiano de resolver los problemas por separado no puede implicar el puro y simple olvido de algunos problemas cuya relevancia se encarga la experiencia cotidiana de recordarnosla.

En el contexto de América Latina, el estudio de los determinantes de soleamiento y clima, ha demostrado la irracionalidad de construcciones, de indiscutible herencia "racionalista", que aspiran a presentarse como imponentes monumentos al poder económico, pero también al derroche energético. Y que con tan lamentable frecuencia vemos surgir día a día a los lados

de nuestras grandes avenidas. Quizá en el contexto europeo de la I Guerra Mundial y de la inmediata posguerra es perfectamente comprensible la emoción que producía la propuesta ideológica de la Arquitectura de cristal (5) Se trataba entonces de "inmaterializar la arquitectura", de "conquistar la luz". Pero el traslado acritico y obsoleto, efectuado todavía hoy (medio siglo más tarde), por nosotros, arquitectos, de aquella actitud ideológica al contexto actual latinoamericano solo puede ser explicable por las condiciones de dependencia cultural que padecemos, aunadas a la desidia por una identidad arquitectónica en nuestras escuelas, promulgadas silenciosamente bajo la inercia y el facilismo tecno-conceptual que nos corroe.

3.1. SOLUCIONES SIMILARES AL PROBLEMA DEL COBIJO - HUMANO ALREDEDOR DE LA TIERRA.

Las similitudes de formas construidas, en dos sociedades ampliamente separadas en el espacio y el tiempo, han sido frecuentemente atribuidas a algún tipo de herencia prehistórica común o a influencias cruzadas e incluso a la coincidencia. En la mayoría de los casos sin embargo, estas hipótesis no se han basado en hechos y obviamente no han podido ser demostradas. Hoy, sin embargo, podemos hallar una explicación mas realista y lógica, en la teoría que sustenta el hecho de que fuerzas ambientales determinantes similares producen formas constructivas también similares; lo que en términos científicos podría denominarse " evolución convergente ". Naturalmente, no sustentamos aquí un determinismo ambiental, también es importante considerar las fuerzas culturales como un factor influyente en la producción edificatoria humana; así podemos ver como los elementos físicos del ambiente clima, vegetación, topografía, etc confluyen con los elementos sociales, políticos y económicos para lograr, a fin de cuentas, una transparente armonía entre la vivienda y el medio.

El fenómeno de la similitud solo lo consideraremos aquí desde el punto de vista climático, dada la falta de espacio y el objetivo de este trabajo, pero no dejaremos de presentar una sucinta reseña de las características culturales de las comunidades que estudiemos.

La analogía constructiva puede ilustrarse facilmente tomando formas de viviendas pertenecientes a las organizaciones sociales mas sencillas, como por ejemplo los bosquimanos africanos y las de los aborígenes australianos. Ambos grupos habitan cabañas en forma de colmena practicamente indistintas las unas de las otras, siendo formas simples arquitectónicas que responden a un grupo de fuerzas causales idénticas.

cas .

Comparese, por ejemplo, la vivienda construida en la región desértica del altiplano mexicano, en donde medra el chaparral y los materiales de construcción asequible son la piedra suelta, el caliche, el barro y la tierra; y la vivienda construida de piedras calizas, acomodadas con barro, en los desiertos egipcios. Ahí puede apreciarse la semejanza en la forma materiales y entorno ambiental de estos dos ejemplos

Debe tenerse en cuenta que el parecido en la forma de la vivienda decrece proporcionalmente al aumento de la complejidad de las variables que la determinan pero que de todos modos no llega a ser suficiente para ocultar un indiscutible origen común afianzado en las determinantes ambientales. Así por ejemplo, es posible que la hermosa casa rural danesa, en un remoto pasado, haya sido una vivienda parecida a la actual casa de bahareque y paja mexicana, pero en el presente, es obvio, que la casa danesa es producto de un poderoso desarrollo cultural y económico innegablemente reflejado en su aspecto exterior. No obstante que ahora se encuentran en ella muchos materiales modernos, persiste el uso de la paja de heno, bálago y paja de centeno en sus techos y madera en los muros; claro ejemplo de una fuerte tradición constructiva congruente con su entorno natural (6)

Es por todo esto que no parece lógico, ni tampoco deseable, el olvido radical y súbito, de la vivienda tradicional y sus características tecno-climáticas por las incontables y antieconómicas tecnologías con temporáneas, como ya ocurre en algunas partes del mundo no-industrializado -desafortunadamente-

El alto desarrollo constructivo y bioclimático alcanzado por la vivienda tradicional en el mundo, es claro ejemplo del marcado apego del hombre a la tierra, al lugar en que nace y a su hogar, asegurando -

el uso de materiales locales la persistencia de antiguos métodos de construcción transmitidos de generación en generación en un paulatino ajuste a los requerimientos de confort y perdurabilidad al tiempo y a la inclemencia, producto de un lento proceso de "ensayo y error"; lo que ha permitido una gran experiencia acumulada por siglos en algunos lugares. (7)

Es necesario y útil estudiar en este aparte, aunque sea en forma sucinta, la vivienda tradicional y sus componentes, en diferentes lugares de similares características climáticas, como una forma de abordar un análisis crítico comparativo con nuestras propias viviendas, en lo que a desarrollo e implementaciones futuras se refiere; de tal forma que podamos catalizar una objetiva retroalimentación entre la experiencia constructiva vernácula y la producción edificatoria contemporánea.

Solo se ha limitado este análisis a algunas regiones -sin límites políticos- geoclimáticas que guardan alguna similitud con nuestras regiones, de ahí que no se mencione el igloo de los inuits, la tienda de lana de cabra de los beduinos del Sahara, ni la yurta de los mongoles.

Los ejemplos analizados en este aparte han sido escogidos, en lo que respecta a su localización climática, considerando su similitud con los climas de la América tropical -climas cálido-húmedo de selva y de sabana, y clima de altitud- De ahí que no se hallan tenido en cuenta climas polares o comunidades nómadas de desiertos cálidos.

3.2 CARACTERES TIPOLOGICOS DE LA CONSTRUCCION - VERNACULA COMO RESPUESTA AL CLIMA.

La explosión demográfica y las comunicaciones modernas han acelerado el antiguo intercambio de ideas, lo que evidentemente ha tenido repercusiones en el desarrollo tecnológico de los pueblos, si tenemos en cuenta que este depende, en gran parte, de los tipos y modalidades de transmisión cultural que se manifieste.

En el caso de la arquitectura; esta experimentó un "boom" difusorio a partir de la internacionalización de alguna de las pautas que se consideraban intrínsecas a cada cultura, como son: tecnología constructiva, percepción espacial, relación edificio-entorno. Estos parámetros de diseño y construcción se difundieron sin ninguna cautela ni proporción y peor que esto, fueron adoptados sin un razonamiento objetivo previo, por las más disímiles culturas, no considerando que las formas y tecnologías promulgadas por la "nueva arquitectura" fueron desarrolladas en un contexto y para un espacio y lugar cultural específico; sin embargo fueron adoptadas como indigestos e inapropiados símbolos de progreso socio-económico.

Hoy somos conscientes de este gran cisma socio-cultural y tratamos de reconsiderar la valiosa visión que del uso de los materiales locales y las formas constructivas genuinas pudieron haberse en algunos casos perdido o desvirtuado al descartarse la herencia constructiva tradicional.

De seguro, a la luz de la experiencia, todo esto ha de ser cuidadosamente examinado desde diversos puntos de vista. Las creencias y costumbres de la región deben aislarse delicadamente de las tradiciones heredadas en materia constructiva como la incorporación de supersticiones y tabúes que terminan encauzando y condicionando el quehacer constructivo

de algunos pueblos.

En Malaya -por ejemplo- cavar, una zanja delante de una casa, es señal de mala suerte para sus habitantes; una habitación no puede tener aberturas opuestas, lo que puede ser deseable para una correcta ventilación cruzada; y una entrada no puede estar orientada de tal forma que la sombra del visitante caiga hacia el umbral de la casa, lo que indica claramente una oposición mística hacia la orientación levante-poniente, no recomendable en latitudes bajas, como es el caso malayo; Por otro lado, en otras áreas las pocas ventanas deben estar cerradas de noche para evitar la entrada de los espíritus malignos. De esta forma vemos como la transmisión de ideas de tipo metafísico o religioso va indisolublemente ligada a la tradición constructiva, entablandose una realimentación que al final puede terminar por , no siempre, redundar en un mayor bienestar ambiental comunitario y doméstico.

La relación religiosidad-construcción a veces están tan íntimamente ligadas a la naturaleza humana que terminan por ser comunes a sociedades separadas temporal y espacialmente sin ningún vínculo de contacto directo o indirecto. Así observamos la misma idea generatriz de las "casas comunitarias" en las comunidades amazónicas que en el sureste asiático o el África meridional; o por el contrario la idea de aislamiento y unidad habitacional familiar, en los climas fríos y templados. Las repercusiones que esto proyecta sobre la estructura social de los grupos humanos afines, es inherente a su evolución cultural, luego no puede ser obviada de una manera subjetiva e irracional; además el análisis detenido de estos patrones de comportamiento edificatorio podría yudará a valorar mejor nuestras propias practicas a la luz de una reevaluación global, que ayuda a reencontrarnos con nuestra unidad social, en contra de la descuidada uniformidad constructiva que impera en nuestras ciudades modernas- a pesar de las grandes diferencias climáti-

cas y sociales del entorno en el cual se levantan.

Debemos evitar, sin embargo, el peligro, o mejor la tentación de caer en el romanticismo gratuito o en la nostalgia gratificante que nos lleva a implementar diseños y elementos constructivos, de origen tradicional, que desafortunadamente no presenten ninguna relevancia ni relación con el medio ambiente nuestro. Muchas veces el afán esteticista prima sobre la funcionalidad constructiva sin reflejar el carácter regional de la edificación, una causa de esto es, por ejemplo, el trasplante cultural de poblaciones inmigrantes (lo cual puede ser saludablemente utilizado); o por otra parte la incondicionalidad formal de algunos arquitectos a los vaivenes estilísticos del comercio constructivo. Pero con los avances tecnológicos en la calefacción y refrigeración del aire en la vivienda, se dio el golpe más decisivo contra la autenticidad de la vivienda.

De todo esto podemos concluir con una preclara advertencia de Walter Gropius que suscintamente resume el compromiso de la arquitectura con la tradición, al decir: "...los verdaderos caracteres regionales no pueden estar basados en sentimientos ni acercamientos imitativos en la incorporación gratuita de viejos símbolos, ni tampoco en las modas locales tan pronto como aparecen. Pero si se toman...las diferencias básicas impuestas por las condiciones climáticas al diseño arquitectónico...el resultado será de una gran variedad expresiva...si el arquitecto emplea racionalmente los contrastes entre interior y exterior... como enfoque para la concepción del diseño"

3.2.1 CLIMA CALIDO-HUMEDO DE SABANA :

a) Morfología de la vivienda: Hay un claro predominio por la planta rectangular de cabeceras semicirculares, o definitivamente circulares como ocurre en el Africa central. Esto sin duda obedece a la necesidad de ofrecer una menor resistencia a los vientos, a falta de una protección natural como pueden ser grandes arboles o accidentes orográficos. Los vientos pueden tomar características potencialmente peligrosas en las llanuras del Caribe y Africa, en algunas épocas del año, pero además, durante la época de sequía -que puede llegar a ser particularmente larga- los vientos dominantes suelen llegar cargados de arena y otras partículas altamente erosionantes para cualquier material constructivo, de ahí que la forma curva se presenta como la más apropiada, dada su menor resistencia al paso del viento, para la planicie .

El techo a dos aguas y mediana pendiente es resultado de dos factores determinantes. Primero, la necesidad de disponer de un espacio superior "suplementario que facilite la circulación convectiva del aire interior proporcionando así un área de circulación fría a bajo nivel y almacenando aire cálido en la parte superior al que puede dársele salida fácil por medio de una simple abertura orientada a sotaventos; en algunas viviendas evolucionadas el uso de "cielo raso" conforma una cámara de aire estático, entre la cubierta exterior y las habitaciones, que actúa como un aislamiento natural contra la radiación térmica. Segundo, la pendiente es producto de la necesidad de proporcionar un desagüe rápido a las torrenciales lluvias que se presentan dos veces al año.

La vivienda colonial Americana se caracteriza por su solución plantigrada sensiblemente ortogonal.

b. Materiales de construcción:

En la construcción rural o indígena, la disponibilidad de materiales vegetales, aunado, a su magnificas características físico térmicas, hacen que estos predominen en la construcción. Su uso se generaliza a toda la edificación y sus características físico-térmicas son optimamente aprovechadas en toda la estructura; así su gran resistencia y flexibilidad los hacen apropiados para su utilización en cubiertas y muros; Su bajo peso y fácil manejo facilitan su uso en acabados y techumbres; y su alto índice de resistividad al paso del calor, lo hacen indiscutiblemente adecuado para estos climas. Sin embargo en los días soleados secos y arenosos, los intersticios dejados por las piezas de madera pueden ser un grave inconveniente para los habitantes de estas viviendas, de aquí que se use la teja el lodo y la tierra como protección, contra la intensa luz solar y la brisa excesiva, sobre la estructura de muros exteriores.

La piedra es usada en menor cantidad y su uso está restringido a pisos -cubiertos- sobrecimientos y muros de contención.

En viviendas evolucionadas rurales o urbanas, hay un evidente predominio del mortero, barro vitrificado en forma de ladrillos, cal y yeso, en los muros y tabiques, todos estos materiales altamente capacitivos, - pero que al estar a resguardo de radiación solar, - actúan como muros fríos refrigerantes en la circulación de aire interior.

En las cubiertas es común observar teja de barro o de cemento, que permiten menor pendiente a los techos, pero que a su vez hacen necesaria la ejecución de una techumbre impermeable anterior, consistente en un "entortado" de barro y chapopote sobre tablas de madera y que sirvan de base a las tejas.

En las casas poscoloniales se generalizó el uso de - "cielo raso" consistente en un simple tapanco de madera, que en la época moderna vino a ser reemplazado por laminas planas de asbesto-cemento.

c. Acabados:

Es común, en toda el área calido-humedo de sabana, - la práctica de recubrir la estructura de madera de los muros con un embarre de tierra o lodo mezclado - con paja y estiércol de vaca, para finalmente pintar se con cal o estucarse en yeso.

En las viviendas evolucionadas se siguen encalando - los muros exteriores sin diferenciar que sean estos de tabiques de barro o cemento; en los que el estucado sigue siendo imprescindible, especialmente en interiores. A falta de yeso, se usa una revocado de mezcla pobre de cemento, arena y agua, que cumple la función del estuco y sobre la que se aplica el acaba do final, generalmente en estas áreas, en colores - fuertes.

Los pisos de las viviendas indígenas son invariablemente en tierra apisonada que con el uso va adquiriendo una resistencia especial. La vivienda popular actual, por el contrario, sigue la influencia - mediterránea de emplear baldosas-blancas o con diseños bicolores de cemento prensado, de perímetro cuadrado y superficie muy lisa semi mate, que tiene la característica de reflejar muy bien la luz en interiores sin que llegue a ser molesta; además de conservar una temperatura estable dada su alta capacidad térmica y su bajo calor sensible, produce un agradable efecto.

El cemento y el yeso pasan a ser con la influencia - hispano-morisca elementos materiales imprescindibles en la construcción y acabados de muros divisorios,

calados (celosías ventanas), accesorios decorativos (macetas, balustradas, etc) y dispositivos de control y adecuación ambiental. Su bajo costo y fácil manejo permiten su difusión en forma vertiginosa, contribuyendo así al reemplazo de la tierra, el adobe y la maderera en la construcción.

Los techos en el campo invariablemente siguen siendo de paja o palma, sobre una estructura de troncos rollizos sin aserrar; aunque últimamente se aprecia un incremento en la sustitución de estos por laminas onduladas de zinc o asbesto lo que obliga necesariamente a la construcción de un cielo raso que aisle, al interior de las habitaciones de la refracción térmica por medio de la cámara de aire contenida entre este y la cubierta exterior.

La vivienda colonial de la región calido-humeda generalmente era de dos pisos, y se generaba alrededor - de un patio central, reminiscencia de la influencia árabe en España, y que pasa a América con la colonia adaptándose perfectamente a las rigurosidades del - clima tropical, sufriendo solo mínimas adaptaciones que no variaron fundamentalmente el funcionamiento pa sivo del edificio. Los techos siguen siendo con estructura de maderos gruesos aserrados en secciones - rectangulares, sobre los que se construía un entablado que resistiera la torta de tierra y lodo, para - finalmente colocarse la teja de barro cocido que sola mente cumplía una función protectora contra la erosión -por lluvia y arena- y decorativa.

Con la llegada de la construcción moderna republicana los entresijos y cubiertas -planas- pasaron a ser - las macizas de concreto sostenida por travesaños inmensos del mismo material que sobresalían por debajo de estas losas. El efecto psicológico de estos techos - se contrarrestaba con la altura, lo que a su vez contribuía a un mejor confort térmico interior. La altura promedio oscilaba entre los 3 y los 3.50 mt., lo

que permitía un fácil movimiento convectivo del aire, en las habitaciones.

d. Dispositivos de control y protección ambiental

En la vivienda rural indígena y popular no hay una clara diferencia entre dispositivos y edificación, a excepción de algunos elementos constructivos como el rodapie -sobrecimiento-, orificios de salida en la techumbre de paja, etc. De tal forma que podría decirse que es todo el edificio el que actúa como un gran filtro ambiental de manera integral. Por el contrario en la vivienda colonial se aprecia el uso de patios interiores con profusión de vegetación, alturas interiores superiores a 3 metros, balcones, puerta-ventanas, ventanas-balcones, persianas y demás elementos que hacían mas confortable la estancia interior.

Estas antiguas casas se caracterizan por sus inmensos patios sombreados, que trabajaban a modo de grandes refrigeradores; sus caleadas paredes exteriores y sus altas ventanas apersianadas que impedían el sobrecalentamiento de las fachadas soleadas, y el libre paso de la brisas térmicas a través de sus habitaciones.

Las terrazas exteriores cubiertas por extensos aleros, prolongaciones de la cubierta principal, son imprescindible como protección solar y cámara de enfriamiento del aire de ventilación.

3.2.2 CLIMAS CALIDO-HUMEDO SELVATICO

a) Morfología de la vivienda:

Sigue prevaleciendo la forma circular o rectangular de cabeceras semi-circulares, en las viviendas indígenas, y en menor media -generalmente en la periferia de la selva- las viviendas de planta rectangular; salvo un elemento particular como es el que estas viviendas esten construidas sobre pilotes o zancos, la vivienda de la selva tiende a ser muy similar a la vivienda de la sabana, en su forma.

Es claro el predominio de los techos inclinados de forma cónica o a dos y mas aguas y la casi nula - concepción de ventanas en el sentido que nosotros - lo percibimos. cuando la vivienda es comunal, la forma prevaliente en su planta es la circunferencia y a medida que su uso se va restringiendo más a la familia nuclear, su planta se va alargando evidentemente.

Es extraño encontrar asentamientos humanos, de caracter permanente, en el interior de la selva, más bien son practicamente inexistentes dada la inclemencia - del medio y su baja productividad, pero cuando los hay se encuentran a la orilla de un rio importante -unica via de comunicación a veces- o en el perímetro selvático. La localización de viviendas en las margenes fluviales puede llegar a condicionar sobremanera la construcción humana; Se supedita el diseño a los ciclos anuales de crecidas y sequías, y a la actividad productiva del poblado, la pesca y el comercio fluvial. Las viviendas evolucionan rapidamente hacia la forma rectangular, también sobre pilotes, y se hace frecuente la adición de habitantes - suplementarios especializados, como son: la cocina, estancias y deposito de aparejos de pesca, que vienen a reemplazar los graneros, de los climas de sabana, de comunidades agricolas.

La forma rectangular en las viviendas, se presenta - asociada a la falta de vientos fuertes en la zona, como factor determinante, mas que a causas de indole cultural o mistica.

b) Materiales de construcción:

Es imprescindible el uso de materiales de procedencia natural vegetal y estan vedados los materiales - pétreos o metálicos. Esto obedece a una sencilla razón: el alto porcentaje de humedad ambiental y las caldeadas temperaturas, factores estos invariables a través del año.

Cualquier material inorganico con la más mínima capacidad calórica, supone una alta densidad molecular, lo que supondría un importante desfase térmico y el peligro de sobre humidificación interior por capilaridad y condensación agravado por la baja movilidad atmosférica, lo que contribuye a un ambiente definitivamente insalubre sino se mantienen estrictas medidas de regularización ambiental higienica en las - viviendas.

c) Acabados:

La inclemencia ambiental; la alta humedad, el exceso calor y la intensa lluvia, a lo largo de todo el año, restringe mucho el uso de acabados sobre todo en exteriores, a no ser los que puedan proporcionar el mismo material tras su proceso de elaboración.

Al afan estético se suple con capas de pintura oleosa en las viviendas actuales- aplicadas directamente sobre la madera que además de cumplir su cometido decorativo, protege al material contra el ataque de insectos, que son bastante numerosos en el área.

La falta de radiación solar directa, debido a la -

alta nubosidad en todo el año o a la foresta arborea, obvia el uso de acabados reflejantes en exteriores. En cambio hay un importante incremento en la radiación difusa lo que aumenta la evaporación convirtiendo a las viviendas y al ambiente en si en un verdadero sauna que solo puede ser controlado a base de ventilación directa, por lo que se eliminan al máximo cerramientos verticales que obstaculicen la circulación del aire.

d) Dispositivos de control y protección ambiental:

El mas importante de estos elementos, en este tipo de climas, quizá sean los pilotes sobre los que se asienta la construcción, debido a las periódicas inundaciones y el alto nivel de las aguas freáticas.

La utilización de aleros se maximiza para reducir la penetración de la lluvia y el sol, combinación que puede llegar a ser fatal para la madera, además de provocar un ambiente insostenible en el interior de las viviendas.

La ventilación debe necesariamente forzarse por convección o venturi, mecanismos implementados rudimentariamente en la vivienda popular a partir de aberturas que se dejaban en el proceso de construcción de las cubiertas y que a veces perseguían fines paralelos, como era el de servirse de la penetración de luz solar para la disposición de actividades productivas o religiosas, tal es el caso de los indios del Amazonas.

La celosí natural integrada en los muros exteriores o como ventanas son elementos esencial e infaltable en las viviendas de estos climas.

3.2.3 CLIMAS DE ALTITUD (DE MONTAÑA)

a) Morfología de la vivienda:

Invariablemente es de planta rectangular en agrupaciones de dos a tres edificios sin un vínculo espacial y con funciones semi-especializadas según la época del año. En Europa la organización plantigrada está determinada por la pendiente de la montaña y ubicación en ella del edificio.

En los amplios altiplanos americanos por el contrario dependen más del asoleamiento que del terreno, siendo imprescindible el "control visual" del entorno inmediato.

Estas viviendas por ser de carácter permanente, ligadas a la agricultura y a la ganadería, tienden a tener un proceso "vivo" de desarrollo, es decir crecen con las necesidades de sus habitantes; lo que empezó siendo solo un espacio único múltiple o a lo sumo con una división interior, con el tiempo puede llegar a ser una edificación de tres o más edificios.

La cubierta depende mucho de la ubicación de la vivienda. Así tenemos en las alturas de latitudes medias, cubiertas inclinadas de fuerte pendiente que permitan el desalojo rápido de la nieve en invierno, en los altiplanos húmedos de las latitudes bajas, también cubiertas a dos o cuatro aguas para el fácil escurrimiento de lluvias; por último, en los altiplanos semi-secos y secos de trópico, la pendiente tiende a desaparecer siendo casi inexistente o eliminándose definitivamente, observándose así una gran profusión de techos planos, techos a una sola agua y cubiertas a 4 aguas con pendientes mínimas.

El patio interior prácticamente no existe en estas -

viviendas y por el contrario la organización espacial tiende a ser compacta y rotunda, sin demasiadas prolongaciones ni huecos que contribuyan a la pérdida de energía.

b) Materiales de construcción:

Fundamentalmente son de dos tipos pétreos y vegetales, pero con una característica común: alta densidad molecular de tal manera que su capacidad calórica y su resistividad térmica inherente (en el caso de la madera) sea máxima. La madera, abundante en estos climas, procede básicamente de grandes árboles que proporcionan un material altamente resistente para la construcción y con unas magníficas características de manejabilidad, perdurabilidad y características térmicas.

El uso de la madera en la construcción en estos climas, es prácticamente ilimitado. Igual se usa en la estructura portante de muros, entrepisos y techo, que en el recubrimiento de pisos, construcción de balcones y demás accesorios, recubrimiento de muros exteriores y en menor medida de cubiertas en su terminado. Esto es consecuencia de la gran variedad de tipos y formas de maderas y del alto desarrollo tecnológico alcanzado por el hombre en su utilización.

La piedra por su parte, comienza a ser apreciada en su uso y cualidades cuando la madera es escasa o, desgraciadamente, cuando su explotación extensiva y desmedida ha llevado a límites de extinción a los bosques de grandes árboles madereros. Así ha ocurrido desde la antigüedad hasta nuestros días; lo que paradójicamente impulsó el desarrollo de la construcción pétreo y todas sus variantes.

Quizá en algunos aspectos el uso de la tierra, la piedra, el barro, la arcilla, el lodo y la arena y tantos otros materiales similares, rebacen a la madera en lo que a características físico-térmicas se refiere, pero

es indudable que la flexibilidad y manipulación de la madera difícilmente podrá ser superada por otro material -aparte de otras cualidades intrínsecas- De aquí que se halla llegado a una construcción óptima donde la perfecta combinación de estos dos tipos de materiales, aportando sus mejores cualidades, producen verdaderos ejemplos de edificaciones confortables y de gran belleza estética, hasta tal punto de trasplantarse su estilo a medio ambientes completamente disímiles con su lugar de origen.

La combinación de madera y piedra resulta en edificaciones de pisos, balcones estructura de techos, acabados interiores de muros, puertas y ventanas, tejamaniles y mobiliario en madera; y por otra parte, - muros exteriores, tejas, fogones y cimentaciones en piedra. De esta forma actuando como un todo orgánico, perdurable y cómodo.

c. Acabados:

Se acostumbra a dejar el material con sus características naturales sin pulimentar; lo que aumenta su captación calórica. Los colores y el blanqueo son más bien inexistentes, resultando de esto viviendas grises y "terrosas", con olor y aspecto a tierra, - lo que contribuye aún más a su integración al paisaje y a la ganancia y conservación calórica.

d. Dispositivos de control y protección ambiental:

En las latitudes medias el fogón y la chimenea u hogar es común denominador de la vivienda familiar. Generalmente es construido en piedra natural y algunas veces recubierto decorativamente con lajas o piedras talladas, pero siempre adosado a unos muros principales por donde se conduzca parte del calor y se transmita al resto de la casa. Los balcones de

verano son mas de utilidad agricola que cualquier otra cosa, cumpliendo la doble función de permitir la entrada de sol y el secamiento de granos y frutos cosechados.

Se encuentran utilizaciones comunes, entre Europa y América, en el aprovechamiento del calor natural animal; disponiéndose para esto la ubicación del establo lo mas próximo a las habitaciones de dormir o estar.

Es importante analizar como algunos pueblos, de manera aparentemente paradójica, aprovecharon la proximidad de grandes cuerpos de agua, para lograr un beneficioso balance térmico a su favor. Las características capacitivas de ese elemento fueron igualmente utilizadas en altitudes a nivel del mar (litoral Caribe) que en las cumbres andinas (indios uros y aymarás del Titicaca).

A MODO DE CONCLUSION SOBRE "LA VIDA EN LA TIERRA" Y ARQUITECTURA.

La tierra, ese escenario matizado de colores, ambientes y climas diferentes donde tiene lugar día a día el gran acontecimiento de la vida, enfoca ahora toda nuestra atención. Hemos analizado los distintos y algunas veces contrastantes aspectos físicos que conforman y soportan la vida en el planeta y del cual el hombre, sea cual sea su condición actual, ha formado parte desde su "aparición" en ella.

Evidentemente todo este macrosistema ha estado regido desde siempre por todo un perfecto mecanismo que mantiene en un constante balance dinámico las distintas fuerzas que se generan en su interior, es decir, en la biosfera, tanto en sus partes bióticas como abióticas. El hombre acrecentando su poder de manipulación sobre el medio, a través del uso de su inteligencia, emprendió un camino que supuestamente le permitió una superioridad sobre el resto del universo, pero que, al mismo tiempo, lo introdujo en una paradójica relación con su medio natural. La arquitectura como producción típicamente humana, no fue ajena a esto, por el contrario podría decirse que si bien no contribuyó directamente al cambio, se manifestó como un fiel reflejo de ese cambio. Así con la agricultura surgieron los primeros asentamientos permanentes conformados por construcciones de materiales imperecederos; surgen las primeras ciudades, consolidando desde entonces su papel dentro de la estructura económica de estas primeras sociedades urbanas, como centros ya no de producción primaria sino como centros de procesamiento y servicios que vendrían a conformar el meollo de la desarticulación hombre-naturaleza a partir de la necesidad constante de energía lease recursos naturales- por parte de la ciudad, y generando a la vez, una gran cantidad de desechos y residuos productos de los procesos que se llevaban -

a cabo en ellas.

Asimismo, con la Revolución Industrial y con el "boom" tecnológico del siglo XX, vemos que ocurren similares cambios en la producción arquitectónica que reflejan claramente el nivel de relación de la sociedad humana con su entorno natural. En otras palabras, podemos resumir que entre mayor fué el potencial de control sobre el medio, por parte del hombre, mayor fué su distanciamiento del rol, que como parte del gran ecosistema que es la Tierra, le fué asignado en el inicio de los tiempos. Este distanciamiento generó la llamada "problemática ambiental" (8)

Sin embargo, hoy está claro que ha sido toda una gran falacia que el hombre como animal que es, pueda establecer una absoluta independencia de cualquiera que sea el ecosistema en que se desarrolle. En el mismo medio el ser humano encuentra las mismas presiones que la demás fauna; la naturaleza día a día así se lo hace experimentar, a veces en forma por demás dramática. Desde Aristóteles hasta Montesquieu muchos estudiosos creyeron que el clima tenía un efecto fuerte en el temperamento y fisiología humana, generando así toda una filosofía determinista que consideraba al ambiente físico como el factor generados de los distintos elementos somáticos humanos. Más hacia nuestra época hemos visto que el interés se ha centrado en la energía humana en relación con el ambiente. Ellsworth Huntington (9) tiene la hipótesis de que el clima, como uno de los tres grandes factores que determinan las condiciones de la civilización, está de acuerdo con la herencia racial y el desarrollo cultural.

Otro contemporáneo, J.D. Hughes (10), relaciona la historia de las grandes civilizaciones con la articulación que mantuvieron con su entorno. Opina que el uso racional o intensivo que hicieron de los recursos naturales contribuyó en gran parte al esplendor y -

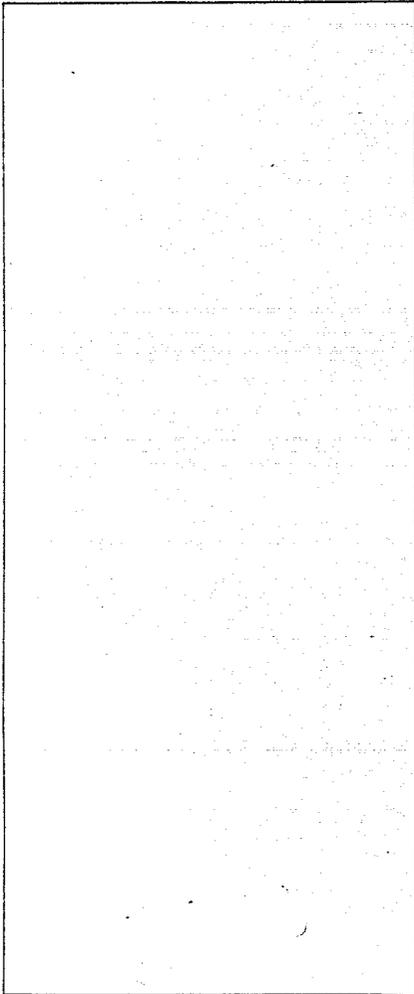
caída de estas sociedades. Así, la gran cultura egipcia, los griegos y el Imperio Romano vieron decaer su tremenda influencia y poderío sobre el mundo Antiguo, después de arrasar literalmente con sus fuentes de materia y energía.

El mundo contemporáneo revive estas antiguas crisis con el encarecimiento de los energéticos ante su inminente agotamiento e inevitable escasez. Volvemos a retomar nuestra hipótesis: sobre que la arquitectura de ninguna manera es extraña a estas simas, y que por el contrario entraña para ella -la arquitectura- una gran responsabilidad y por ende para nosotros, los arquitectos. Hoy como nunca el compromiso ecológico de la arquitectura se patentiza más. La concientización hacia un enfoque ecológico en el desarrollo de edificaciones es más importante que nunca. El retorno a la "continuidad histórica" de que habla Victor Papanek (11) y que se rompe con el advenimiento de las tesis que guiaron a la arquitectura moderna, es ahora una de las metas primordiales.

En conclusión, reencontrar nuestro puesto en la macro estructura ecológica que conforma la biosfera. El conocimiento íntimo de los elementos que entran en juego en el equilibrio ecológico, se convierte en este modo en un paso trascendental. La objetiva observación de los parámetros ecológicos que rigen la convivencia/competencia de las comunidades biotópicas -flora, fauna- nos darán pautas de acción a seguir hacia la consecución de un habitat y un cobijo armónico. Así nos lo han demostrado las pequeñas comunidades humanas aborígenes que quedan, aún, dispersas por el globo. La vivienda tradicional, indígena y rural nos lo demuestra en cada ejemplificante estructura que se yergue silenciosa y humildemente en el paisaje, casi confundándose materialmente en él.

No podremos los arquitectos del presente y del mañana obtener realizaciones satisfactorias en nuestro que-

hacer si no tomamos relevantes notas sobre estas determinantes naturales. La óptima conjugación de las necesidades humanas, particulares y generales, con las limitantes ambientales debe generar el verdadero equilibrio característicos de la vivienda que nace del medio. Pero repito, la raíz de una solución armónica está en un cambio de actitud en el enfoque de nuestras decisiones, y esto solo puede ser posible a partir del conocimiento plenamente concientizado de nuestro compromiso: De ahí el interés en abordar cuestiones tan aparentemente disímiles - a la luz de la super-especializada ciencia contemporánea- como la climatología, la biología, la ecología, la etología o la física. la conjugación, manejo, interpretación e implementación de estos conocimientos no es otra cosa que la explicación de la vida misma y los distintos elementos que en ella inciden, luego en la correcta traducción de estos principios está la clave de nuestro futuro; razón tiene Hughes cuando afirma que "...las buenas intenciones no son suficientes si no están acompañadas por conocimientos exactos sobre la naturaleza y su funcionamiento" La humanidad tiene desde los tiempos antiguos un reto para encontrar un modo de vida en armonía con la naturaleza y ese reto es hoy por hoy más urgente de enfrentar que nunca: - en su desenlace nos va la existencia misma de la especie humana y quizá del planeta.



IV. ELEMENTOS CLIMATICOS

4.1 CONCEPTO DE CLIMA Y TIEMPO

Para comprender y, posteriormente intentar utilizar los elementos climáticos, es necesario, primero, conocer los mecanismos que rigen su funcionamiento; en lo que una primera fase sería establecer una clara definición de dos de los conceptos, quizá, más utilizados en nuestro lenguaje cotidiano: Tiempo y Clima.

Es nuestro menester aclarar aquí que cuando nos referimos a "tiempo", es evidente que no aludimos al tiempo espacio-temporal de claras connotaciones metafísicas; ese tiempo relativo y fluido, susceptible de ser medido, y que se articula en función del espacio para establecer una continuidad unidireccional entre el pasado-presente-futuro (1)

Nos limitaremos aquí a tratar de analizar los parámetros físicos que determinan el estado particular de la atmósfera en un momento o sucesión de momentos específicos y que se le han denominado " tiempo" atmosférico.

A continuación veremos algunas de las definiciones - que han tratado de explicar suscitadamente las características que componen al clima en su sucesión de tiempos (2)

.JULIUS HAHNN (1882): "Clima es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre; es la totalidad de tiempos"

.MAX SORRE (1934) "Clima es la serie de estados de la atmósfera en un lugar, en su sucesión habitual. Es pues, la serie de los tipos de tiempo"

. JOSE M.JANSA (1969) "La climatología tiene por objeto el estudio del régimen normal de intercambio entre el suelo y la atmosfera"

. FRANCOIS DURAND-DASTE (1969) "El clima, es la sucesión frecuente de tiempos"

. PEDELABORDE (1970): "El clima, como el tiempo, es el resultado de una combinación de elementos, pero una combinación de las tendencias dominantes y permanentes, es decir de los elementos más generales de la atmósfera en un determinado lugar."

Hemos visto que el clima vendría a ser, algo así, - como una sucesión de tiempos, y si analizamos que el tiempo es el estado pasajero de la atmósfera en un momento y lugar determinado, traduciendo algo que es instantáneo, cambiante y en cierto modo irrepetible; podemos concluir que el clima es algo más complejo - que el tiempo.

En cierta forma el clima "contiene" muchos tiempos. Por lo que se define como: la sucesión periódica de tipos de tiempos, en un área geográfica específica.

Sin embargo, estas aseveraciones son todavía muy generales y no nos dicen nada sobre los mecanismos internos que la rigen. Para esto es necesario profundizar en los elementos que lo conforman. Por ejemplo: la radiación solar y terrestre, temperatura del aire, humedad ambiental, precipitación atmosférica, vientos y presión atmosférica. Y por otra parte los factores que en ellos inciden, así por ejemplo: la altitud y continentalidad, entre los más importantes.

4.2 NATURALEZA DE LA RADIACION SOLAR Y TERRESTRE

Con el objeto de aprovechar la energía solar incidente de la superficie terrestre, es conveniente - examinar de manera breve la naturaleza de las radiaciones que nos llegan del sol, su procedencia, así como las características de esta energía, al ser absorbida por la Tierra.

4.2.1 EL SOL

El sol es una estrella que tiene aproximadamente - una masa 334000 veces mayor que la Tierra. Su esfera de materia gaseosa inmensamente caliente, tiene un diámetro de 1.39 millones de Km. y en promedio, se encuentra a una distancia de 150 millones de Km. de la Tierra. La distancia mínima (perihelio) se alcanza alrededor del 15 de enero, mientras que la máxima (afelio) se tiene a finales de junio. A una distancia media, desde la órbita elíptica que describe la Tierra alrededor del sol, éste es visto con un ángulo de 32' (3).

La estructura solar es enormemente compleja. Se estima que la temperatura en el núcleo central varía entre 8 y 40 millones de grados Kelvin (equivalente, menos 273.15°, a la escala celsius), tiene una densidad entre 80 y 100 veces la del agua, y se genera, ahí, cerca del 90% de la energía total. En esta región central, comprendida entre 0 y 0.23 R (donde R es radio solar), está contenido el 40% de la masa total del sol. A una distancia radial, a partir del centro, igual a 0.7 R la temperatura disminuye sensiblemente hasta unos 130000 K, en donde la densidad es del orden de 0.07 g/cm³. Por encima de la región "convectiva", entre 0.7 y 1.0 R, la temperatura desciende hasta 5000 K, y la densidad hasta 10⁻⁸ g/cm³ aproximadamente. Esta capa bien definida de aproximadamente 300 Km. de espesor y que envuelve a la zona convectiva, se conoce como "fotosfera", y es la región en donde se origina la mayor parte de la radiación solar que recibimos. La presión en la fotosfera es aproximadamente de 1/100 par. (4).

La longitud de onda que nos llega desde el sol, en forma de luz, es en gran parte onda corta, comprendida en un rango entre 400 y 2500 nm (nanómetros). Y es ésta, precisamente, la que denominamos "energía solar", susceptible de ser utilizada; el resto

de radiación procedente del sol, está compuesta por rayos X, gamma, beta, ultravioletas y demás, que son eficazmente filtrados, para fortuna nuestra, - por la capa de ozono de la atmósfera.

Durante los últimos 4600 millones de años, la Tierra ha estado gravitacional y biológicamente unida al sol, y desde siempre éste la ha bañado de energía. La vida, tal como la conocemos, ha sido posible gracias a que las plantas pueden capturar y almacenar químicamente la luz visible.

Para terminar, podemos decir que las reacciones nucleares que se originan en el interior del sol continuarán como el presente, durante otros 4500 millones de años, después de los cuales ya se habrá agotado el hidrógeno en el núcleo solar y la estrella pasará a ser una "enana roja" para finalmente apagarse.

ESPECTRO DE RADIACIONES ELECTROMAGNETICAS.

Frecuencias en Hertz	Longitud de onda en mts		
0,003 — 10 ¹¹			
0,3 — 10 ⁹		Micropulsaciones	
3 — 10 ⁸		Perlas	
30 — 10 ⁷		Resonancias de Schumann	
		Ondas de frecuencias Sonoras	
3.10 ³ — 10 ⁵			
3.10 ⁴ — 10 ⁴		Ondas muy largas	
3.10 ⁵ — 1000		Onda larga	
3.10 ⁶ — 100		Onda media	
3.10 ⁷ — 10		Onda corta	
3.10 ⁸ — 1		Onda muy corta (VFH)	
3.10 ¹⁰ — 0,01		Onda ultracorta (UHF)	
3.10 ¹² — 10 ⁻⁴		Infrarrojo	0.710 m rojo
			0.647 m naranja
			0.585 m amarillo
			0.575 m verde
			0.491 m azul
			0.424 m violeta
			0.4 m
3.10 ¹³ — 10 ⁻⁵		Luz visible	
3.10 ¹⁵ — 10 ⁻⁷		Onda de Schumann	
3.10 ¹⁷ — 10 ⁻⁹		Rayos X	
3.10 ¹⁹ — 10 ⁻¹¹		Rayos	
		Rayos Cósmicos	

Tomado de Tudela (1982), Toharia (1981)

4.2.2. RADIACION SOLAR SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE

No toda la radiación solar extraterrestre que intercepta la tierra llega a la superficie de la misma, aún en condiciones de cielo despejado.

La atmósfera terrestre está constituida por una masa gaseosa estratificada. Su altura es indeterminada, y se supone, algo menor de , la millonésima parte de la masa del planeta, cuyo diámetro es de 12700Km. La variación vertical de la temperatura permite distinguir distintas regiones: la troposfera hasta una altura de 10 - 15 km; en ella la temperatura disminuye con la altura hasta alcanzar de -30°C a -90°C; la estratosfera, se encuentra situada encima de la troposfera, contiene una capa de ozono entre los 20 y 40 Km. de altura, tiene muy baja humedad relativa y la temperatura permanece estable; la ionosfera, de altura superior a los 100 Km. tiene capas de temperaturas indeterminadas. Finalmente, la exosfera es la última capa atmosférica. hasta los 80 Km. de altura, aproximadamente. Cabe anotar que todo el vapor de agua se encuentra concentrado en la proximidad de la superficie, encontrándose 95% del total entre 0 y 5000m. de altura. Así, en los primeros 2000m. se encuentra ya el 50% del total. El ozono (O_3) proviene de las reacciones que se producen por la acción de los rayos ultravioletas en el espectro lejano y medio (2 0.20 μm), de descargas eléctricas y radioactividad. Una propiedad importante del ozono es que absorbe casi totalmente las radiaciones ultravioletas de longitud inferior a 0.35 μm ; por lo tanto, la existencia del gas en la atmósfera es lo que hace posible la existencia de seres vivos en el planeta(5)

Por otra parte, el vapor de agua absorbe fuertemente la radiación solar en las bandas infrarrojas. Más allá de 2.3 μm ., la transmisión en la atmósfera es muy baja, debido fundamentalmente a la absorción de la energía por el vapor de agua y el dióxido de carbono, producto de la combustión y la respiración or-

gánica, en su mayor parte.

Dado que la radiación solar más allá de 2.3 μm es menos del 5% del total de espectro, la energía recibida sobre la superficie de la tierra es todavía - más pequeña: solo el 45% aproximadamente del total de la radiación solar que llega a la atmósfera superior, que a su vez equivale a unas dos mil millonésimas partes de la energía total emitida por el sol (6) Sin embargo, este aporte de energía es suficiente para mantener a la biosfera en un promedio de 14°C

Por otra parte se define como radiación directa, - aquella que no experimenta cambios en su dirección - la que es posible captar en días excepcionalmente despejados-. Similarmente, la radiación difusa es la que sufre dispersión en la atmósfera y no tiene una dirección única o preferente. En el caso de una superficie horizontal sobre la superficie de la Tierra, la radiación global está constituida por la suma de la componente vertical de la radiación directa y la radiación difusa que proviene de la bóveda celeste.

Cabe mencionar que la radiación difusa que proviene de la bóveda celeste depende de las condiciones atmosféricas y se desvía hacia longitudes de onda más cortas, en comparación con las de la radiación directa, debido fundamentalmente a la dispersión que los distintos componentes atmosféricos producen en el espectro solar.

4.2.3. RADIACION TERRESTRE.

Hasta aquí se ha considerado una constante solar y - una tierra que se comporta como elemento uniforme tanto en la recepción como en la irradiación de calor. Evidentemente este esquema no puede generalizarse a toda la superficie terrestre, debido básicamente a - dos elementos que introducen variaciones en la recepción de la radiación solar:

a) La Tierra no presenta un comportamiento térmico - uniforme de la materia -sólida, líquida y gaseosa- que la componen.

En su órbita elíptica alrededor del sol, hay momentos de mayor o menor alejamiento a este, lo que implica - que la recepción de energía será proporcional a la - distancia al sol. pero esta variación es tan pequeña que carece de importancia en términos climatológicos.

b) Mucho más importante es el hecho de que el eje de la tierra no es perpendicular al plano de la órbita, determinando así que según la posición del planeta en la elíptica, así será la mayor o menor radiación solar recibida por una superficie dada de la corteza - terrestre; ocasionándole esta manera los cambios térmicos o estacionales, a lo largo del año en la distribución latitudinal de los continentes.

Una superficie de 1 cm^2 perpendicular a la línea que los centros de la Tierra y del Sol, colocada en el límite exterior de la atmósfera habitable, recibe un flujo de radiación electromagnética igual a 139 Mw, o a 1.99 calorías por minuto. Puesto que el círculo máximo de la Tierra mide 127 millones de kilómetros cuadrados, La energía solar que la tierra intercepta es de 177239 millones de MW (7)

La energía procedente del sol llega relativamente -

concentrada; la Tierra se mantiene en un relativo equilibrio térmico; parte de la energía se refleja directamente; otra se emite en forma de radiación de onda larga -11000nm-, que se pierde en el espacio.

El porcentaje de energía reflejada recibe el nombre - de "albedo" , el cual varía según la naturaleza física de la superficie del cuerpo reflejante. El albedo oscila entre un mínimo para las superficies negras y un máximo para las blancas. Así la nieve y el hielo tienen un albedo aproximado del 80% al 90% ;la superficie de los océanos, del 2 al 10%; los bosques del 18% ; los suelos cultivados del 10 al 25%, y las - arenas del 30% (8) Por ello, el que en la zona ecuatorial aparezca cubierto por selvas y en las zonas - polares por casquetes de hielo; repercute sobre el - grado de insolación y a la vez es su consecuencia.

TABLA DE ALGUNOS ALBEDOS APROXIMADOS

Superficie	Albedo (%)
Nube densa (cúmulos)	70 - 80
Nube delgada (estratos)	25 - 70
Agua (según ángulo de incidencia)	2 - 80
Arena mojada	10 - 20
Arena seca	18 - 35
Desierto	25 - 30
Tierra seca	10 - 25
Tierra removida húmeda	15
Roca desnuda	10 - 20
Zona pantanosa	10 - 15
Monte bajo desértico	20 - 30
Sabana	15
Hierba verde	10 - 25
Hierba seca	25 - 30
Bosque tropical	20
Asfalto	15
Ladrillo, tabique	25 - 50
Áreas urbanas de edificación muy densa	15 - 25

Tomado de Critchfield (1974), Olgay (1963), Lockwood (1974), Weiburger et al (1973), Tudela (1982), entre otras fuentes.

4.3 TEMPERATURA DEL AIRE

La temperatura es una propiedad física de los cuerpos, consistente en la mayor o menor capacidad de energía térmica apropiada por el, y, que a la vez es susceptible de ser registrada y percibida. Esta definición quizá no nos ayude mucho climatológicamente pero nos permite hacer una cercamiento a sus características intrínsecas.

La temperatura ambiente podemos considerarla como el resultado de la ganancia calórica obtenida por la atmósfera a través de la acción radiante del sol - sobre la superficie terrestre. La temperatura del aire y su variación, a su vez, están en estrecha relación con tres elementos importantes, desde el punto de vista ambiental, estos son: la latitud, altitud y los distintos comportamientos térmicos de tierra y mares.

La latitud, es la posición geográfica de un punto - cualquiera sobre la superficie de la tierra; determinado por su distancia, perpendicular, desde la línea ecuatorial. De la latitud depende que un área determinada reciba mayor o menor cantidad de energía procedente del sol, según la época del año.

La latitud determina la "insolación terrestre. La zona intertropical es la que recibe mayor insolación por unidad de superficie, al incidir perpendicularmente sobre los rayos solares. Por otro lado, los días tienen casi la misma duración que las noches, por lo que las variaciones térmicas estacionales - son muy pequeñas. Al mismo tiempo, las amplitudes térmicas se ven también moderada por la existencia de gran cantidad de vapor de agua en la atmósfera.

A medida que nos alejamos del Ecuador hacia los trópicos, si bien las temperaturas medias se mantienen

altas, las amplitudes térmicas, tanto diurnas como anual -diferencia entre la temperatura media del mes mas calido y la del mes mas frio- se van marcando - mas. Comienza a diferenciarse la desigualdad térmica entre los días y las noches. Ello supone que el régimen térmico de estas zonas es menos regular que el ecuatorial.

Por otro lado, sabemos que la Tierra al describir su órbita elíptica alrededor del Sol y, a su vez, girar sobre su propio eje, no lo hace perpendicularmente al plano de la órbita, sino con una inclinación aproximada de 23°45'. Por lo tanto, la inclinación del eje es lo que determina que la insolación recibida - en las latitudes media, varíe según la posición orbital del planeta, generándose así los ciclos estacionales anuales en las regiones comprendidas entre los trópicos y los círculos polares.

Si el eje de rotación de la Tierra fuera perpendicular a la órbita de traslación, los polos no recibirían insolación alguna durante el año, mientras el Ecuador recibiría un máximo constante, lo cual no es así. En la realidad, las diferencias de temperaturas se van haciendo cada vez mayores a medida que - avanzamos hacia los polos, donde son enormes, esta diferencia se atenúa y equilibra por las grandes distorcionas producidas en los flujos de aire y oceanos debido a la distribución de los continentes. La mayor inercia térmica del agua determina que los - oceanos se calientan y se enfrian dos veces más lentamente que los continentes, disminuyendo así los contrastes térmicos. Por el contrario, la amplitud térmica aumentará con la continentalidad.

La altitud, como su nombre indica, es la condición - de relativa desubicación de un punto cualquiera, verticalmente con respecto a el nivel medio del mar.

Al tratar la radiación solar vimos como sobre la vertical de un punto sobre la tierra, la temperatura disminuye a medida que se asciende hasta el nivel de la tropopausa (separación troposfera-estratosfera) a la razón constante de 6.4 °C por Km promedio. Esto ocurre porque, a pesar que las capas superiores de la atmósfera, evidentemente, reciben mayor insolación que las situadas a nivel del mar, hay un elemento que cambia proporcionalmente a medida que se asciende en la atmósfera, y es la humedad retenida por esta en términos de gramos de vapor de agua por unidad cúbica de medida; es decir a mayor altura menos vapor de agua.

Ahora bien, ¿a que se debe que la temperatura descienda con la altura hasta cierto nivel- si a mayor distancia de la tierra mayor radiación solar? Esto obedece a dos razones principales:

a) La menor capacidad de retención de vapor de agua, por la atmósfera, disminuye su propiedad de capacidad energética; es decir: la cualidad que le permite almacenar energía calórica, y por otra parte,

b) La atmósfera actúa como un inmenso invernadero, que es transparente a las radiaciones de onda corta procedente del espacio exterior, pero se comporta como un cuerpo opaco a la reflexión de radiación infrarroja -onda larga-, resultado del calentamiento de la superficie terrestre. Esta radiación de onda larga es absorbida por las capas inferiores de la atmósfera, en su gran parte; de ahí que esta se caliente de abajo hacia arriba y no lo contrario.

Sin embargo, a partir de la troposfera aparece una capa en la que la temperatura comienza a aumentar desde los 10 a 15 Km. de altura), primero lentamente hasta una altura de treinta kilómetros, luego rapi-

damente hasta los cincuenta kilómetros. La capa que se comporta de este modo es la estratosfera, muy rica en ozono. Esto obedece a que en esta capa el ozono actúa como un filtro que retiene la mayor parte de rayos ultravioleta; de ahí que aumente la temperatura.

Sigue después la mesosfera que se expande hasta los ochenta kilómetros de altura y en la que la temperatura desciende hasta los -100°C. De nuevo el ritmo cambia y la temperatura asciende rápidamente hasta alcanzar los 500° C a la altura de 500 Km. Esta banda es la termósfera.

Mas allá aparece la exosfera, formada por moléculas sueltas cuya concentración va disminuyendo progresivamente hasta los dos mil kilómetros de altitud, límite en el que se suele fijar la barrera entre la atmósfera y el espacio exterior.

La continentalidad, es el nombre técnico que se le da a los distintos mecanismos de movimiento oceánico y eólico, debido a las distorsiones producidas por la distribución de continentes y océanos, y sus efectos en el clima; y que comunmente se conocen como vientos dominantes y corrientes marinas. Estos dos factores, ligados recíprocamente, vienen a servir como un sistema de equilibrio entre las distintas zonas térmicas del planeta, evitando las enormes diferencias de temperatura y presión atmosférica debido a la discontinuidad existente en la distribución de la radiación solar sobre el planeta.

-Las corrientes marinas: Estas son flujos de grandes masas de agua que se trasladan a través de los océanos debido a las diferencias de temperatura y salinidad y por el impulso de transmitido por la rotación terrestre. Las diferencias de temperaturas originan movimientos verticales del agua, mien-

tras que el viento ocasiona movimientos horizontales, cuya dirección está determinada, además, por la desviación inducida por la "fuerza de Coriolis". Cuando la temperatura de una corriente es superior a las de las aguas adyacentes se considera cálida, y si es inferior, fría. Las corrientes cálidas proceden en general de zonas ecuatoriales y tropicales (corriente del Golfo, de Kuro Shivo); estas alcanzan las zonas polares y dan lugar al movimiento de las frías (corriente del Labrador, de Groenlandia, de Humbolt, de Benguela, de Oya-Shivo).

La acción climatológica más importante debido a las corrientes marinas, se da en las distintas fachadas marítimas de los continentes. En latitudes altas y medias, las corrientes marinas frías originan un descenso en las temperaturas en las zonas costeras orientales del Hemisferio Norte. En latitudes tropicales, por el contrario, las corrientes marinas frías inciden sobre las costas occidentales, refrecándolas. De ello resulta una doble desimetría térmica entre las regiones costeras de los continentes, lo que influye en la distribución de la población en dichas zonas; un ejemplo claro de esto nos lo proporcionan las fachadas Este de América del Norte y la oeste de Europa, entre los paralelos 45° N y 60° N

4.4 VIENTOS

Las diferencias horizontales de presión atmosférica, implican la necesidad de un movimiento compensatorio que desplace aire desde las zonas de mayor presión - (anticiclones), a las de menor presión (depresiones o borrascas); produciéndose de esta manera el fenómeno que denominamos "vientos" o flujo eólico.

A su vez la rotación de la Tierra introduce otro factor, de inercia, llamado "aceleración de Coriolis", que hace imposible que la trayectoria de las corrientes eólicas sean en línea recta; resultando una desviación que origina una desviación, sensiblemente paralela a las líneas isobaras (líneas imaginarias que señalan las zonas de igual presión atmosférica alrededor de la tierra), aunque cruzándolas ligeramente por influencia del rozamiento con el suelo en las capas más bajas de la atmósfera.

El viento va pues, de las altas a las bajas presiones siguiendo trayectorias elípticas excéntricas en los anticiclones y concéntricas en las borrascas.

Conociendo, entonces, la disposición del campo de presiones se puede saber, con cada punto, la dirección y el sentido aproximado del viento; es más, conocer incluso su velocidad exacta, ya que esta es proporcional al gradiente de presión, fácilmente calculable en un buen mapa de isobaras. Cuanto más próximas aparecen las líneas en el mapa más veloz es el viento.

En muchas ocasiones se producen vientos locales que se superponen a estos vientos de origen dinámico. Tales vientos locales suelen tener un origen, casi exclusivamente, térmico; un movimiento de carácter convectorio, que hace ascender al aire cálido y descender al frío. Así se origina una "brisa térmica". Las brisas son vientos de origen térmico bien conocidos por los que habitan en litorales; el mar con mayor

capacidad calórica que la tierra, se comporta - durante el día como una zona fría (inercia-desfase térmico), de la que prodrá una brisa fresca y húmeda que se dirigirá hacia la costa a reemplazar al aire recalentado por el día, tierra adentro. Por la noche las tierras se enfrían más de prisa que el mar, y este se comporta entonces como zona cálida; la brisa que se forma en ese momento es la de la tierra, fresca y seca, que sopla en dirección al mar. El mismo fenómeno se produce en las laderas de las montañas el valle actúa como el mar, y la clima como la tierra

4.5 HUMEDAD AMBIENTAL.

El vapor de agua es uno de los gases atmosféricos - que mas variaciones presenta en el espacio y en el tiempo en cuanto a su cantidad en el aire. En efecto, el vapor es solo una de las etapas de transformación que experimenta el agua, en su ciclo continuo de cambios de estado, desde el gaseoso, producto de la respiración de los seres vivos, hasta el líquido por condensación y posterior precipitación. De todas formas, el aire atmosférico no aparece nunca totalmente desprovisto de vapor de agua, sin embargo, el grado de humedad si puede variar desde valores muy bajos -en los polos y desiertos- y valores muy elevados -pluvioselvas ecuatoriales-, hasta alcanzar lo que se denomina "saturación" es decir la cantidad máxima de vapor de agua que puede contener el aire a una determinada temperatura, sin que tenga lugar a su condensación.

Existen muchos métodos de medir la humedad ambiental. Una forma común de expresarla es en gramos de vapor de agua por m^3 de aire, lo que se denomina humedad absoluta. Pero esta medida resulta poco útil en - práctica , ya que el mismo grado de humedad absoluta puede darse en un aire muy húmedo, si la temperatura es suficientemente baja, o muy seca, si la temperatura es elevada. Se recurre entonces a un concepto mas complejo aunque más significativo: el de humedad relativa. Su valor se obtiene mediante el - cociente entre la cantidad de vapor de agua que contiene cierto volumen de aire y la cantidad maxima - que podría contener hasta alcanzar la saturación, en ambos casos a la misma temperatura. Se expresa en tanto por ciento, de forma que un 100% de humedad relativa corresponde a aire saturado, y un 0% a aire sin vapor de agua. La humedad relativa es, además, un buen indicador biológico; la mas favorable para la vida humana oscila entre un 40 y un 75%

4.6 PRECIPITACION ATMOSFERICA.

Como precipitación atmosférica se conoce científicamente, el fenómeno que comunmente llamamos lluvia, nieve o granizo. Esto ocurre cuando el aire no es capaz ya de contener más vapor de agua, es decir, alcanza su punto de saturación. En tales condiciones, si disminuye la temperatura y/o aumenta la presión atmosférica, la capacidad de contener vapor, de tal masa de aire, descendiendo, de forma que -aun continuando el aire saturado- se origina un excedente que pasa de la fase gaseosa a la fase líquida -condensación-, o directamente a la fase sólida -sublimación, siendo esta última el origen de la nieve. El granizo es producto de la congelación sucesiva de gotas de lluvia que ascienden y descienden repetidas veces, en el interior de las nubes, debido a las corrientes de aire ascendentes. Hasta que adquieren suficiente peso para escapar a las corrientes y caer.

Más para que el vapor de agua se condense, es preciso, a su vez, que exista una partícula sólida que actúa como "núcleo de condensación", como puede ser: polvo en suspensión en las capas bajas de la troposfera, por ejemplo.

El enfriamiento del aire puede producirse principalmente por dos cosas: rozamiento con un suelo más frío, o por ascenso.

En el primer caso se produce una "inversión térmica" de manera que la condensación tiene lugar sobre la superficie terrestre más fría, lo que da lugar a la formación de capas de aire frío atrapadas por capas superiores de aire caliente. Estas capas se pueden formar de diferentes maneras; por ejemplo, durante la noche en ausencia de calentamiento solar, la pérdida de calor del suelo y del aire directamente encima, provoca la formación de la capa de aire pe-

sada y fría sobre la superficie, o también cuando - las laderas de los montes que circundan un valle se enfrían durante la noche, el aire directamente encima de estas también lo hace, por su mayor densidad, descendiendo por las laderas de las montañas acumulándose en el valle. Este fenómeno ocurre particularmente en latitudes templadas o -en valles a gran altitud, pero es desconocido en las tierras bajas tropicales.

En el segundo caso, el enfriamiento del aire viene dado por su ascenso y la consiguiente disminución de presión, consecuencia de ello es el descenso de su punto de saturación puesto que el aire al enfriarse se tiene menor capacidad de retención de vapor de agua. De esta forma, el ascenso puede llegar a condensar el vapor de agua sobrante que depositado sobre los núcleos de condensación, forma gotitas de agua, tras un fenómeno llamado "coalescencia" que se mantienen en suspensión, por las corrientes ascendentes de aire caliente, formando nubes. Hasta que - por cualquiera de los fenómenos explicados anteriormente, se precipitan a tierra, venciendo las corrientes ascendentes que se dan dentro de la nube.

Las nubes, aunque pueden parecer unas muy diferentes de otras, pueden clasificarse en diez tipos básicos; estratos, cúmulos, nimboestratos, (nubes bajas); altoestratos y altocúmulos (nubes medias); cirros, cirrocúmulos y cirroestratos (nubes altas); y finalmente, cumulos y cumulonimbos (nubes de desarrollo vertical).

Sus características físicas, especialmente su posibilidad de producir o no precipitación, son específicas y comunes a todas sus variedades, Así:

Las nubes bajas suelen dar precipitaciones o nieblas que mojan: los estratos, llovizna; los nimboestratos y los estratocumulos, lluvia, especialmente los pri-

meros que, por definición, son nubes de lluvia o ne-
vadas.

Las nubes medias, como los alto estratos, pueden dar
lloviznas o lluvias débiles, mientras que las altas
no precipitan.

Finalmente, los cúmulos originan chubascos y los cu-
mulonimbos, chubascos intensos y tormentas, acompaña-
das a veces de granizo.

Mecanismos que generan la precipitación

La precipitación suele darse por cuatro mecanismos
fundamentales: convección, efecto orográfico, conver-
gencia y ascensión frontal. Las lluvias por con-
vección se producen cuando por efecto del ascenso -
de aire cálido, desde una superficie terrestre re-
calentada, este se va enfriando a la vez que desciende
de su punto de saturación, de manera que el vapor de
agua va formando cumulos y cumulonimbos.

Iniciada la condensación, se libera calor latente
(por el cambio de estado de la materia). Manteniéndose
así la actividad en la nube que produce lluvia.
Las precipitaciones de carácter convectivo son típicas
de las regiones ecuatoriales y tropicales.

-Las de efecto orográfico, son producidas por las ma-
sas de aire que se trasladan horizontalmente, obli-
gándose a ascender para remontar algún obstáculo -
montañoso. Ello causa el enfriamiento del aire, con
densación del vapor de agua y la formación de nubes
en la vertiente expuesta al viento (barlovento). Si
el enfriamiento es suficiente, se produce precipita-
ción en esa vertiente. La masa de aire que logra -
salvar el obstáculo, llega a la vertiente opuesta -
(sotavento), ya desecada, es más al descender se
calienta y comprime, elevándose su punto de satura-

ción, de ahí que no precipite, produciendo la, "som-
bra pluviométrica". Este fenómeno es la causa de -
los desiertos de la vertiente occidental, sobre el -
Pacífico, de los Andes y otros desiertos situados a
sotavento de grandes elevaciones montañosas.

-Las lluvias de "convergencia" son propias de la zona
ecuatorial, donde se producen ascensiones de aire -
por el choque de dos masas -alios del H.Norte y
alios del H. Sur- de trayectorias distintas pero -
de características humedad y temperatura- muy simila-
res. La ascensión desencadena lluvias muy intensas
dada la gran humedad, las altas temperaturas y la -
inestabilidad de las masas ecuatoriales.

-Cuando las masas de aire que se encuentran tienen -
características diferentes, se producen ascensiones
frontales, típicas de las perturbaciones asociadas al
frente polar (9), que afecta latitudes medias y sepa-
ra al aire tropical del polar formando una línea de -
curvatura suave que progresivamente se ondula al des-
viarse el aire frío en dirección sur y el cálido en
dirección norte.

Distribución geográfica de las precipitaciones

Al igual que la temperatura, la latitud, la altitud
y la continentalidad, determinan, poderosamente, la
distribución de la precipitación total anual en la -
Tierra.

El factor altitud, localizado gráficamente en los ma-
pas por isoyetas, delimita claramente los grandes -
"cinturones de lluvia", de clara disposición latitudi-
nal.

La zona ecuatorial -ZCIT, zona de Convergencia inter-
tropical-, recibe abundantes y continuas lluvias -
durante el año, más de 2000 mm. En las zonas tropi-

cales húmedas oscilan entre los 500 y 1800 mm de precipitación total anual, disminuyendo a medida que se avanza en latitud; ya que, debido al vaiven de la convergencia intertropical, parte del año están bajo su influjo y parte bajo la influencia de los anticiclones tropicales.

En las zonas tropicales secas las precipitaciones - descienden progresivamente hasta ser inferiores a 250 mm anuales en los desiertos subtropicales.

La cantidad de precipitación aumenta progresivamente en latitudes medias, donde se llega a superar los 1000 mm. Estas precipitaciones siempre van asociadas a las borrascas polares.

Finalmente en las zonas polares, las precipitaciones descienden de nuevo hasta menos de 250 mm, debido al bajo contenido de vapor de agua en las masas de aire subsistentes.

El factor altitud, al menos hasta cierto nivel acrecienta las precipitaciones, distorsionándose la disposición latitudinal de las lluvias. En general - puede establecerse que la montaña es una isla más húmeda que su entorno, aunque presenta diferencias claras entre una y otra de sus vertientes, como ya vimos: Por esta característica, a la que debe sumarse la peculiaridad de su régimen térmico, y el descenso de la presión al aumentar la altitud, la montaña constituye un enclave meteorológico y climático diferenciado de las características regionales y zonales que le corresponderían.

La continentalidad es otro factor que rompe la disposición latitudinal de los cinturones de lluvias. De forma general puede decirse que el litoral recibe - mayor cantidad de precipitación que el interior de los continentes, aunque son notables las diferencias entre unas costas y otras. En latitudes bajas - ecuatoriales y tropical-, los litorales orientales, de

los continentes, reciben mayor cantidad de lluvia - que los occidentales, por influencia del alisio marítimo, de los monzones y de las corrientes marinas cálidas. En latitudes medias, la fachada occidental es la que recibe mayores precipitaciones, como consecuencia del dominio de la circulación general del Oeste y del influjo de las corrientes marinas calidas. Por el contrario, las costas orientales, afectadas - por corrientes frías y por un viento del Oeste que - se ha desecado al atravesar el continente, son mucho más secas.

4.7 LOS CLIMAS Y SU CLASIFICACION

La distribución y combinación de los elementos que componen al clima unidos a los tres factores ya estudiados -latitud, altitud y continentalidad, dan lugar a la aparición sobre la tierra de distintos tipos de clima. De ellos depende en gran medida la vegetación, los tipos de suelos, la erosión, los regímenes hidrológicos y sobre todo el desarrollo socio-cultural de las poblaciones humanas, además, las zonas continentales, determinan el medio, de forma que aparecen entornos más o menos hostiles o favorables para el asentamiento humano.

Del régimen habitual de los elementos que componen los distintos tipos de tiempos depende el clima del lugar. Por ello, en la práctica habría tantos climas distintos como puntos sobre la Tierra. Sin embargo resulta obvio que existen semejanzas climáticas entre varios puntos, lo que ha permitido elaborar diversos sistemas de clasificación climáticas.

Es evidente que no existe una clasificación única que pueda ser utilizada de manera satisfactoria para más de un número limitado de fines, por lo que se han desarrollado varios esquemas distintos. Algunos proporcionan un sistema adecuado de nomenclatura, mientras que otros constituyen los preliminares necesarios para un estudio posterior. Así por ejemplo, existen diversas clasificaciones climáticas de las relaciones entre el clima y la vegetación o el suelo, pero, aunque resulte sorprendente, son escasos los intentos realizados para basar una clasificación sobre los efectos directos del clima en el hombre.

En este aparte resumiremos tan solo los principios básicos de los tres grupos de sistemas de clasificación más extendidos (10).

a) Clasificaciones genéricas basadas en la vegetación.

Los numerosos sistemas propuestos para relacionar los límites climáticos con el crecimiento de las plantas o con los grupos de vegetación se basan en dos criterios principales, a saber, el grado de aridez y temperatura.

La aridez no es consecuencia solo de una precipitación escasa, sino que depende también de la precipitación efectiva (precipitación menos evaporación). Se ha utilizado como índice de efectividad de precipitación el cociente precipitación temperatura, ya que, cuanto más elevada es esta, más intensa la evaporación.

El trabajo de Köppen constituye el principal ejemplo de este tipo de clasificación de considerable complejidad si se tienen en cuenta todos sus detalles.

El cociente r/t (donde r =precipitación anual media en mm y t = temperatura anual media en °C) fue propuesto por R. Lang en 1915; cuando r/t 40, se considera árido y cuando r/t 160 perhumado.

b) Clasificación basadas en el balance de vapor de agua.

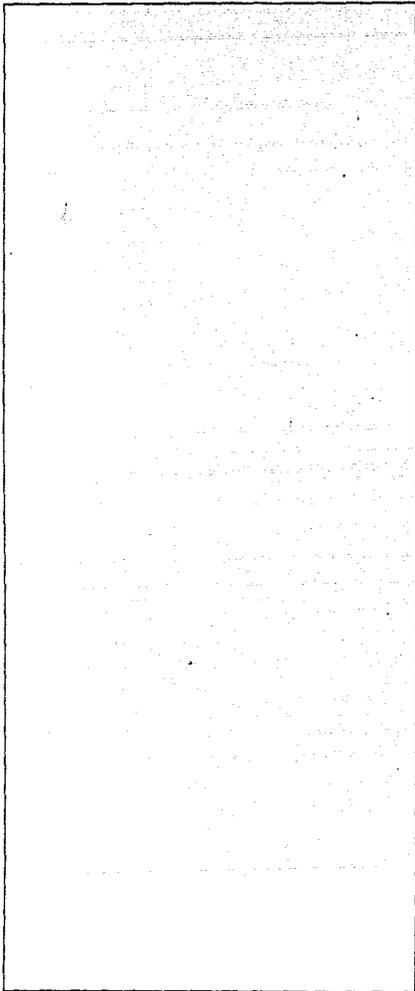
La contribución más importante en este sentido la constituye la de Thornthwaite (1948). Se basa en el concepto de evapotranspiración potencial y en el balance de vapor de agua. La evapotranspiración potencial (PE) se calcula a partir de la temperatura mensual media (en °C) con algunas correcciones previas relativas a la duración del día.

El exceso (S) o déficit (D) mensual de agua se determina a partir de una valoración del balance de vapor

de agua, en la que se tiene en cuenta la humedad almacenada en el suelo.

c) Clasificaciones genéticas.

La base genética de los climas a gran escala o macro climas la constituye la circulación atmosférica, hecho que puede relacionarse con la climatología regional en términos de los regímenes de vientos o de las masas de aire. En un intento de clasificación, realizado por A. Hettner en 1931. Se utilizaban los sistemas de vientos, la continentalidad, la cantidad y duración de la precipitación, la situación con relación al mar y la altura. B.P. Alissov publicó en 1936 un sistema muy generalizado, en el que utilizaba las masas de aire según predominio en las diversas estaciones.



V. ASPECTOS BIOCLIMATICOS

"... nunca podemos tener conciencia del mundo como tal, sino solamente de... el impacto de las fuerzas físicas en los receptores sensoriales." (1).

F.P. KILPATRIK.

"La información recibida de los receptores de distancia (ojos, oídos y nariz) tiene un papel tan importante en nuestra vida diaria que a pocos de nosotros se nos ocurre que la piel sea un órgano principal de los sentidos. Sin embargo, sin la capacidad de apreciar el calor y el frío, los organismos entre ellos el hombre, no tardarían en perecer. La gente se helaría en invierno y en verano se achicharraría. Algunas de las más delicadas cualidades sensoriales (y de comunicación) de la piel suelen pasarse por alto. Y son cualidades que se relacionan también con la percepción del espacio por el hombre.

Los nervios llamados propioceptores tienen al hombre al corriente de lo que sucede cuando pone en movimiento sus músculos. Esos nervios suministran la retroactividad que permite al hombre mover su cuerpo suavemente y ocupan una posición clave en la percepción cenestésica del espacio. Otra clase de nervios, los exteroceptores, situados en la piel, transmiten las sensaciones de calor, frío contacto y dolor al sistema nervioso central. Parece natural que, empleándose dos diferentes sistemas nerviosos, el espacio cenestésico sea cualitativamente diferente del térmico. Así es efectivamente, aunque los dos sistemas operen juntos y se refuerzan casi mutuamente. (2)

Según parece, es extraordinariamente elevada la capacidad que tiene la piel de emitir y percibir el calor radiante (infrarrojo) y es de suponer que esa capacidad, por ser tan grande, tuvo su importancia para la supervivencia del hombre en el pasado y de hecho podría decirse que, aunque reduci-

da, todavía realice alguna función vital. De alguna forma el hombre y la energía humana están intrínsecamente ligados, en gran medida, a la percepción síquica y física del medio ambiente; incidiendo esto directamente de acuerdo al grado de satisfacción que hallemos en él, en la producción mental y material.

Es común la experiencia en que algunos días con condiciones atmosféricas agradables, nos sirvan de estímulo vigorizando nuestras actividades, o por el contrario, otras veces disminuyan nuestro esfuerzo físico y mental. Estos efectos son bien conocidos en áreas climáticas particulares, donde prevalecen condiciones extremas de frío o calor, donde la energía requerida para cualquier actividad es disminuida por el esfuerzo biológico que implica la adaptación fisiológica a unas condiciones ambientales extremas.

Esta mediación de los efectos climáticos en el hombre, está siendo estudiada hace ya varios lustros, desde varios enfoques de los que podemos mencionar a "grosso modo" dos métodos de evaluación. El primer método describe los efectos negativos del clima en el hombre, expresado en tensión, dolor, enfermedad y muerte. El segundo define las condiciones particulares de productividad humana, salud y energía física-mental a su máxima eficiencia. Ambas aproximaciones pueden ser combinadas para establecer coincidencias y relaciones complementarias, en condiciones atmosféricas y térmicas deseables o desagradables.

5.1 TERMOFISIOLOGIA DEL ORGANISMO HUMANO

1. **TEMPERATURA:** El organismo humano constituye - un sistema homeotérmico, para cuyo perfecto - funcionamiento requiere una temperatura interna constante de alrededor de 37°C, sin importar las condiciones prevaletientes en su entorno inmediato. Podemos aceptar como temperatura media de la piel la de 35°C. La circulación sanguínea contribuye en gran medida a un formar la temperatura del cuerpo.
2. **CANTIDAD DE CALOR:** Se puede equiparar el organismo humano a una máquina térmica que consume agua, oxígeno y demás compuestos químicos, como combustible, para producir energía mecánica y calor como excedente. Los procesos bioquímicos internos generan energía térmica bajo forma de "calor metabólico".

Este calor metabólico, que se produce incluso en - condiciones de inactividad, debe oportunamente ser disipado; de no ser así, la temperatura del cuerpo subiría por encima de los estrechos límites dentro de los cuales funciona correctamente el organismo. (*) Desde luego, la actividad muscular incrementa considerablemente la cantidad de calor metabólico a disipar.

A su vez, el alimento que cada ser humano requiere está en función de la actividad que se pretenda - realizar. Suponiendo resuelto el problema alimenticio, se puede entender que el problema principal en las zonas cálidas, desde el punto de vista biotérmico, es el conseguir disipar eficientemente el calor excedente producido por el organismo.

(*) Por encima de los 42°C sobreviene el colapso metabólico.

Actividad	Dispersión metabólica (w)
INACTIVIDAD	70 min.
Dormir	120
Sentado inactivo	
TRABAJO LIGERO	130-160
Sentado, con brazos y piernas en movimiento, ejem. trabajo de oficina.	160-190
De pie, trabajo ligero en banco de trabajo.	190-290
De pie, algún paseo o caminata	290-410
Andando levantamiento o empujes moderados.	
TRABAJO PESADO	440-580
Levantamiento y excavaciones intermitentes.	580-700
Trabajo duro sostenido, estibación manual, picapedrero, etc.	1100 máx.
Trabajo pesado máximo de 30 min. - de duración.	

(valores medios obtenidos de diversas fuentes.)

5.2 INTERCAMBIO HIGRO-TERMICO GLOBAL DEL CUERPO - CON SU ENTORNO

Como hemos explicado ya, el cuerpo a fin de mantener estacionaria la temperatura basal en alrededor de los 37°C, es necesario que disipe toda sobretasa de calor al ambiente. Si existe alguna forma de calor simultánea procedente del exterior (por ejemplo aire caliente o radiación solar) también hay que disiparla.

El cuerpo desprende calor al ambiente por convección, radiación y evaporación y en menor cuantía por conducción.

- a). CONVECCION: El aire calentado o enfriado, en contacto con la piel, se desplaza, por disminución o aumento de densidad, dando lugar a la convección.
- b). RADIACION: Nuestra piel irradia siempre calor en forma de radiación de onda larga -infrarrojos-.

Nuestro entorno emite radiación en onda corta (radiación solar directa) o en onda larga (radiación terrestre). Originando así un intercambio calórico por radiación entre la piel y su ambiente.

- c). EVAPORACION: En la medida que el aire que nos rodea tenga una humedad relativa inferior a la saturación -100%- , se producirá disipación térmica al liberarse calor por medio de la evaporación del sudor y también por la humectación del aire a su paso por los pulmones.

El balance térmico entre el cuerpo humano y su entorno puede expresarse en la forma:

$M \pm Cd \pm Cu \pm R - E = 0$, donde M es el calor que -

por unidad de tiempo produce el metabolismo humano, Cd, Cu, R el calor que gana o pierde el cuerpo por conducción, convección y radiación, respectivamente y E el calor que siempre pierde el organismo por evaporación. (3).

En condiciones bastante favorables de confort y para un individuo en reposo, la dispersión metabólica tendrá lugar según porcentajes semejantes a los siguientes:

30% por convección / conducción

45% por radiación

25% por evaporación (4)

La condición de que se anule la expresión: $M \pm Cd \pm Cu \pm R - E$ equivale a la condición de homeotermia, pero no indica nada respecto al posible confort térmico del individuo del que se trate.

Si la expresión citada tendiera momentáneamente a ser positiva, el sujeto experimentaría más calor o viceversa. De cualquier forma, en caso de sobrepasarse los límites tolerables de temperatura ambiental, se pondrán en funcionamiento mecanismos psicofisiológicos que combinando una o más variables, tratarán de restituir el equilibrio homeotérmico.

5.2.1 MECANISMOS TERMORREGULADORES

A nivel molecular, los recursos de termorregulación incluyen: el simple desplazamiento hacia zonas donde las circunstancias climáticas naturales sean menos adversas, la concepción y fabricación de objetos, algunos de los cuales tienen como finalidad básica el control bioclimático (ropa, edificación, etc), y en general, la intervención frente al medio ambiente para transformarlo, en un sentido, más favorable a las actividades humanas.

Por otra parte, el control individual de la actividad, entendida en su dimensión física, constituye en sí mismo uno de los más importantes mecanismos de termorregulación "voluntaria" puesto que la variable "calor metabólico" depende muy directamente del tipo de actividad que se desarrolle.

A su vez, el organismo humano presenta unas posibilidades concretas de termorregulación "involuntaria" basadas en las variaciones de las condiciones de interacción entre la piel (y las membranas respiratorias) y su entorno. La piel es un órgano que desarrolla un conjunto muy importante de funciones, entre las que figura la de disipar calor metabólico.

Esta dispersión se ve parcialmente contrarrestada por la energía térmica que la piel absorbe del entorno. La piel recibe el calor endógeno por medio sobre todo, de la circulación sanguínea.

Los mecanismos fisiológicos de termorregulación se activan en cuanto asciende o desciende de la media corporal, la temperatura ambiente.

En cuanto el ambiente se caldea, se producirán las regulaciones vasomotoras: aumento de la circulación sanguínea en la superficie de la piel, con el consiguiente incremento de calor transportado ha-

cia dicha superficie y la temperatura de la piel se eleva, se aceleran todas las formas de procesos de pérdida de calor. Por el contrario, si el ambiente tiende a enfriarse, se reduce la circulación sanguínea hacia la piel, cuya temperatura desciende y se retardan los procesos de pérdida de calor.

Si la regulación vasomotora resulta aún insuficiente y continúa el sobrecalentamiento, comenzará el proceso sudorífico. La tasa de sudor puede variar de unos 20 g/h a 3 Kg/h durante períodos de esfuerzo físico combinados con efectos ambientales cálidos.

Si, en un ambiente frío, continúa el descenso de calor a pesar de las regulaciones vasomotoras, sobrevienen violentos movimientos involuntarios -escalofríos- que pueden aumentar en diez veces la producción de calor metabólico durante cortos períodos.

A largo plazo, las regulaciones endocrinas constituyen el proceso de aclimatación. Estas pueden implicar el cambio en la producción de calor metabólico basal, un aumento de la cantidad de sangre (para producir y mantener una vasodilatación constante) y un incremento de sudor.

5.3 RELACION ENTRE LOS FACTORES CLIMATICOS Y LOS REQUERIMIENTOS DE CONFORT TERMICO

Al clasificar los climas, se pone de manifiesto la importancia de los factores básicos que podrían afectar directamente el confort humano, a saber: - Temperatura del aire, humedad, movimiento del aire y radiación. La importancia de estos factores es obvia: cada uno influye de algún modo en los procesos de intercambio de calor entre el cuerpo humano y su ambiente; cada uno puede favorecer o impedir la disipación del calor excedente del cuerpo.

A continuación veremos, primero en forma general y luego particularmente, como estas variables climáticas afectan a los procesos de disipación de calor del cuerpo humano para diversas condiciones internas en climas tropicales.

- Aire cálido y en calma, humedad moderada.

En un clima templado, bajo techo, cuando la temperatura del aire es alrededor de 18°C, cuando el aire está en calma, es decir, su velocidad no excede de 0.25 m/s y cuando la humedad está entre el 40 y el 60%, una persona dedicada a un trabajo sedentario disipará el calor sobrante sin ninguna dificultad, del siguiente modo:

por radiación 45%
por convección 30%
por evaporación 25%

Si la temperatura de las superficies circundantes es aproximadamente la misma que la del aire:

- Aire caliente y radiación considerable

La temperatura de la piel está entre 31 y 34°C. - Cuando la temperatura del aire se acerca a la tem-

peratura de la piel, las pérdidas de calor por convección decrecen gradualmente. La regulación vasomotora aumentará la temperatura de la piel a su límite más alto (34°C), pero cuando la temperatura del aire alcanza este punto ya no se producirá más pérdida de calor por convección.

Mientras la temperatura media de las superficies líquidas sea inferior a la temperatura de la piel, habrá alguna pérdida de calor por radiación, pero cuando aumenta la temperatura de las superficies, disminuyen las pérdidas por radiación. El calor radiante del sol o de un cuerpo caliente (un radiador o un fogón), puede ser un factor sustancial de aporte calorífico.

Cuando los elementos que actúan por convección y radiación en los procesos de intercambio calorífico son positivos, puede mantenerse aún el equilibrio térmico del cuerpo por evaporación (solo por evaporación) hasta un límite, a condición de que el aire sea suficientemente seco para permitir una elevada evaporación.

- Aire cálido, radiación y movimiento apreciable del aire:

Cuando el aire es caliente (igual o por encima de la temperatura de la piel) de suerte que el elemento que actúa por convección sea positivo, cuando las temperaturas de las superficies son calientes o hay una fuente sustancial de calor radiante de suerte que el elemento que actúa por radiación sea también positivo y cuando el aire húmedo (pero inferior a 100% de HR) el movimiento del aire acelerará la evaporación, incrementando así la disipación de calor, incluso cuando su temperatura sea más alta que la de la piel. El mecanismo es el siguiente: - si el aire tiene aproximadamente una HR del 90%, admitirá humedad de la piel por evaporación, pero la delgada capa de aire (1 ó 2 cm) en contacto inmediato con la piel, pronto se saturará y esta envoltura

de aire saturado evitará la sucesiva evaporación de la piel. El aire en movimiento eliminará esta envoltura de aire saturado y podrá continuar el proceso de evaporación. Se ha estimado que con una presión de vapor por encima de 2000 N/m^2 , cada incremento en la velocidad del aire de 1 m/s compensará un incremento de 300 N/m^2 en la presión de vapor.

Cuando el aire está completamente saturado y más caliente que la piel, el movimiento del aire aumentaría la incomodidad y el aporte de calor.afortunadamente tales condiciones se presentan rara vez en la naturaleza. Incluso en las regiones templado-húmedas las más altas humedades se experimentan cuando la temperatura del aire está por debajo de la temperatura de la piel, mientras que las temperaturas más altas van acompañadas de humedades moderadas.

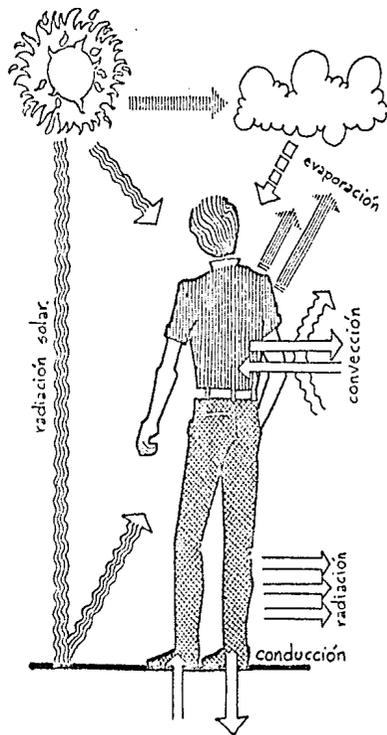
- Aire saturado y tranquilo de temperatura superior a la del cuerpo humano.

Supongamos una situación en la que la temperatura del aire y la temperatura de las superficies estén por encima de la temperatura de la piel (por encima de 34°C), en la que no existe movimiento de aire apreciable (menos de 0.25 m/s) y la humedad relativa sea cercana al 100%. El sudor brotaría con profusión pero no habría evaporación. Habrá un aporte calorífico por convección y radiación; por consiguiente, como quiera que la producción calorífica metabólica es pequeña, todos los elementos de la ecuación de equilibrio térmico serán positivos.

La temperatura del cuerpo comenzará a elevarse y cuando se hubiese incrementado en 2 ó 3°C (máximo) sobrevendrían una insolación. Esta consiste en un fallo circulatorio seguido de un aumento rápido de la temperatura del cuerpo. Cuando ésta alcanza los 41°C sobreviene el coma y el peligro de muerte es inminente. A los 45°C de temperatura la muerte

es inevitable.

Estas condiciones se dan rara vez en la naturaleza, pero pueden producirse fácilmente en edificios mal diseñados y mal acondicionados.



5.3.1 EFECTOS DE LA EXPOSICION PROLONGADA

Aún cuando las condiciones no sean lo bastante malas para producir tales efectos desastrosos inmediatos, la exposición prolongada en condiciones de incomodidad puede dar lugar a efectos adversos. - Aún cuando los mecanismos fisiológicos de control pueden mantener la vida (por ejemplo, con una proporción alta de sudor y una vasodilatación permanente) se produce una considerable pérdida de eficacia en el trabajo emparejado con el esfuerzo físico.

Los factores que pueden proporcionar alivio inmediato, tales como una elevada velocidad del viento pueden ser causa de irritación e incomodidad si su duración es prolongada.

Las condiciones que son perfectamente confortables pueden producir efectos adversos si son constantes y no cambian durante períodos prolongados de tiempo. Una de las necesidades básicas del ser humano es el cambio y la variación, hecho que ha sido ignorado por los primeros investigadores. Este punto resulta particularmente digno de atención en los ambientes mecánicamente controlados, tales como en un edificio con aire acondicionado, donde las condiciones ambientales pueden ser, y con frecuencia son, mantenidas constantes dentro de muy estrechos límites. Lo que el proyectista se propone es un límite de las condiciones de confort, dentro de las cuales caben considerables variaciones. Afortunadamente, en los edificios sin controles ambientales mecánicos, estas variaciones se producen por los cambios diurnos de los factores climáticos.

5.3.2 LA ROPA COMO VARIABLE SUBJETIVA

Los estudios sicofisiológicos de las condiciones de confort biotérmico han concedido, hasta hace poco, escasa atención a la indumentaria como primer factor de mediación entre el cuerpo humano y su medio ambiente. Hoy resulta absurdo subestimar los efectos de nuestra "segunda piel". La ropa implica un aislamiento térmico adicional que obstaculiza la dispersión del calor metabólico que producimos, protegiéndonos a la vez contra una disipación excesiva. Por una parte el tejido en sí supone un filtro ambiental que, además de poseer algunas cualidades aislantes, controla el paso del aire y de la humedad. Por otra, la disposición de la ropa crea entre el tejido y la piel una cámara de aire más o menos estable, cuyo efecto aislante se suma al del tejido en sí. En todos los casos, se reduce considerablemente el movimiento del aire en contacto con la piel. Por todo ello, la ropa constituye el recurso más directo y eficaz contra la sensación de frío. Cuanto más frío haga deberá ser la ropa más gruesa, impermeable al aire y ceñida al cuerpo; frente al frío convendría más disponer de indumentaria en distintas capas, para crear varias capas de aire, y seleccionar tonos exteriores oscuros que absorban mejor la radiación solar e infrarroja, y tonos interiores claros que no dejen escapar la radiación proveniente del cuerpo. Frente al calor la estrategia será la opuesta: disminución de la ropa, ligereza y permeabilidad al aire, del tejido que deberá ser muy absorbente, disposición muy holgada de la indumentaria para permitir la circulación interior del aire y mantener una capa aislante del calor exterior, y selección de tonos muy claros para aumentar la reflexión de la radiación recibida.

A efectos de los cálculos termofisiológicos se han establecido algunas cuantificaciones para el factor de arropamiento. El intento más difundido es

el de Gagge, Burton y Gazzatt (1941), (6) que se sintetiza en el cuadro siguiente:

CUANTIFICACIONES PARA EL FACTOR DE ARROPAMIENTO

Grado de arropamiento	Descripción ejemplificatoria	Resistencia térmica en $m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$	Conductancia en $W/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
Ropa 0	Desnudez total	0	00
Ropa 0.5	Ropa interior -- corta, pantalones ligeros de algodón, camisa de manga corta, cuello abierto.	0.8	12.50
Ropa 1.0	Ropa interior corta, traje típico de oficina, con chaleco.	0.16	6.25
Ropa 1.5	Ropa interior larga, traje con chaleco de lana, calcetines de lana.	0.24	4.15

(Datos tomados de distintas fuentes)

Se ve así que ropa 1 con movimientos de aire de 0.5 m/s equivaldría a ropa 0.5. La reducción de resistencia térmica de la ropa cuando el aire está en movimiento obedece a varias determinaciones: a través de sus poros consigue filtrarse el aire hacia la piel, renovando la capa en contacto con ella; además la ropa, por efecto del viento, se puede aplastar contra la piel, reduciéndole eficacia aislante a las capas de aire.

5.4 DIAGRAMA BIOCLIMATICO - ORIGEN Y SU USO

Varios autores han tratado de resolver algunos de los problemas más agudos del bioclimatismo por su subjetividad, como son los concernientes a tratar de conocer las condiciones de ambiente favorable y como generar estos ambientes a partir de opciones arquitectónicas.

Entre estos autores mencionaremos como precursores a los hermanos Olgyay, a B. Givoni, así como a -- Vogt y Miller - Chagas.

El Método Olgyay (E.U.A.)

Los hermanos Olgyay, han sido cronológicamente los primeros en profundizar sobre la noción de confort térmico y en intentar establecer relaciones con -- los ambientes interiores de los edificios.

El confort térmico no puede estimarse a partir de un solo parámetro, la temperatura del aire, sino -- que por el contrario deben interferir varios factores tales como: humedad y velocidad del aire.

La figura muestra la carta original desarrollada -- por Olgyay, donde representa las condiciones de -- confort localizadas con relación a la temperatura seca del aire.

En la representación general, los autores califican en primer lugar los ambientes con relación a -- la "zona de confort" (sofocante, penetrante, demasiado seco), y dan los límites de tolerancia para ciertas actividades, las temperaturas equivalentes y las resistencias requeridas por la ropa (en unidades CLO; 1 CLO = 18° C.h.m²/Kcal) (7).

En otra representación, más operacional para el arquitecto, los hermanos Olgyay, dan en torno a la -- "zona de confort" las condiciones que hay que sa--

tisfacer para devolver al ambiente a las condiciones de la zona de confort: esto, pues, da velocidades de aire, potencias de radiación, gramos de vapor de agua por kilo de aire e incluso temperaturas medias de radiación de las paredes, y por último, -- un límite a partir del cual se hace deseable la -- ocultación solar.

Este trabajo, efectuado por arquitectos a partir de informaciones recogidas al lado de fisiólogos a -- principio de los años sesentas y sintetizadas, sufren numerosas críticas como las siguientes:

- En primer lugar, el fin perseguido por los estudios fisiológicos era el rendimiento del trabajo y no el confort térmico, confundiendo todas las actividades.
- La humedad relativa no es un criterio pertinente para el confort térmico; la humedad absoluta proporciona uno más adaptado.
- La necesidad de detener la radiación solar depende de otros factores tales como: la inercia térmica del edificio y la variación de las temperaturas exteriores y no puede reducirse a una simple línea basada en una única temperatura.
- Las correcciones a utilizar tan sólo emplean dispositivos (ventilación, humedecimiento) sin plantearse las soluciones en términos de concepción -- arquitectónica, con excepción de la ocultación, -- con las reservas ya hechas.
- Le faltan al método los medios de determinar por -- sí mismo los límites de la "zona de confort".

Sin embargo, hay que retener de este método el principio que permite confrontar ambientes requeridos -- con elementos climáticos exteriores experimentados y que da las correcciones que hay que aportar a estos últimos para hacer el espacio interior confortado

ble. Es este diagrama de doble entrada que se llama "diagrama bioclimático".

El Método Givoni (Israel)

B. Givoni, basándose en anteriores estudios relativos a los índices de confort, ha puesto a punto un método de determinación de una zona de confort concebida de la siguiente forma:

Sobre un diagrama psicométrico corriente (en el que la temperatura seca y tensión parcial de vapor se ponen respectivamente en abscisa y en ordenada) - están representados los límites de los ambientes confortables en dos partes: el confort propiamente dicho, rodeado de una zona de "condiciones soportables" para personas "aclimatadas y entregadas a una actividad sedentaria o al reposo" y "vestidas con ropa ligera de verano".

Las condiciones de confort se establecen a partir del índice de presión térmica, definida por el autor, que da el grado de sudoración requerido, en equivalente Kcal/h, en función del metabolismo y de las diversas vías de intercambios térmicos entre el cuerpo y el medio ambiente. Los valores límites entre los cuales deben evolucionar las variables que dirigen estos intercambios.

La fórmula general es:

$$S = [(m-w) \pm C \pm R] (1/re) \quad (8).$$

donde

S = grado de sudoración requerido, en equivalente K cal/h

M = metabolismo, en K cal/h.

W = energía metabólica transformada en trabajo mecánico; K cal/h.

C = intercambio de calor por convección, K cal/h.

R = intercambio de calor por radiación, K cal/h.

re = rendimiento evaporativo del sudor, sin dimensión.

5.4.1 LOS DIAGRAMAS BIOCLIMATICOS

La idea del diagrama bioclimático, anticipada originalmente por V. Olgyay, la han vuelto a examinar mejorándola varios investigadores, entre otros, B. Givoni en su libro *L'Homme, l'architecture et le climat*.

Su principio consiste en dar, para un edificio determinado las condiciones exteriores en las cuales la respuesta de la envoltura y de la estructura --llevará a unos ambientes interiores comprendidos --en el interior de una "zona de confort" previamente definida.

Al ser intrínseca la "respuesta" del edificio, los elementos meteorológicos utilizados en entradas --del diagrama, son los que permiten decir si determinada solución arquitectónica es correcta o no --con relación al clima del lugar, y qué precauciones deberán tomarse para devolver las condiciones de confort, si se presenta el caso.

Este instrumento es climaticamente universal, sobre todo para el problema de refrigeración, si se evita toda penetración solar en el interior del edificio, lo cual, suponiendo que se haya puesto en práctica las soluciones adecuadas, permite que se ignore un parámetro como la latitud, por ejemplo.

Los problemas de utilización bioclimática de la --energía solar son más complejos, porque no se puede ignorar esta vez la influencia de la latitud --sobre la penetración solar en el interior de las --construcciones. De hecho, en su forma actual, estos diagramas indican sobre todo el tipo de solución a adoptar (por ejemplo, inercia o no), sin --precisar sobre el aspecto cuantitativo de la cuestión (cantidad de masa transportada a la unidad de superficie, dimensiones de vanos, etc.).

Los diagramas bioclimáticos ultimados por B. Givoni permiten conocer la influencia de diversas intervenciones posibles sobre la arquitectura misma, así como sobre ciertos dispositivos.

Intervención Arquitectónica Global

La envoltura de la arquitectura cumple la función --de intermediario entre el clima exterior y los ambientes interiores. Cuando el clima exterior fluctúa, lo cual sucede muy a menudo, es posible atenuar estas variaciones hasta el punto de hacerlas --apenas perceptibles en el interior, mediante la --elección de una envoltura determinada y también de una estructura interna.

Como ya hemos visto, la característica física que --se pone en juego para lograr este resultado es la --capacidad térmica de los materiales que forman las paredes del edificio.

Cuando se consigue este resultado, si no se "dirige" el ambiente interior del local, si no es admitida --ninguna radiación solar y si la renovación del aire es débil, la temperatura de superficie interna de --estas paredes se acerca a la temperatura de aire media exterior durante el período considerado. La diferencia que pudiera haber se debe a la absorción --de la radiación solar por la superficie externa de las paredes y a la transmisión de los flujos de calor que se derivan de la misma.

Si nos ponemos en la óptica del confort térmico de verano, el factor de absorción de estas paredes deberá ser débil (colores claros), la ocultación solar de los vanos eficaz y la ventilación limitada --al mínimo estrictamente necesario para la higiene.

Mediante estas precauciones, el diagrama muestra el conjunto de las condiciones higrotérmicas exteriores para las cuales el confort térmico interior puede ser mantenido únicamente gracias a la inercia --

térmica del edificio (zonas M y M').

Los límites de estas zonas se dirigen hacia unas temperaturas menos elevadas cuando la tensión de vapor aumenta, debido al hecho de que las amplitudes diurnas de las temperaturas exteriores disminuyen cuando se humedece el clima y la influencia de la inercia térmica es menor si dichas amplitudes son más débiles.

La zona de las condiciones "recuperables" por la inercia del edificio es limitada hacia la humedad por una tensión de vapor de agua de 17 mm Hg, para la cual debe ponerse en marcha la ventilación.

Intervención por la Ventilación

La ventilación tiene un doble efecto sobre el confort térmico: activa los intercambios convectivos y mejora la eficacia de la transpiración. Por lo tanto, las condiciones higrotérmicas de confort en unas condiciones de velocidad de aire más elevadas son más cálidas y húmedas.

Observamos que la ventilación anula casi totalmente los efectos de la inercia térmica y que el criterio que se ha de tener en cuenta es la velocidad del aire. Sin embargo, existen implicaciones arquitectónicas, sobre todo en la elección de las orientaciones, de las dimensiones de los vanos y de su forma de funcionamiento que permita captar los vientos y las brisas en el momento deseado.

No obstante, debemos tener en cuenta que no se trata más que de la influencia directa de la ventilación sobre el confort térmico, y no de la que podría tener sobre el enfriamiento de las estructuras internas del edificio (caso de ventilación nocturna).

El diagrama bioclimático, sirve, pues, para comprobar al mismo tiempo la exigencia humana, el clima local y la respuesta cualitativa global de solución

arquitectónicas: es un instrumento de síntesis cualitativo de momento, pero muy explícito, no obstante, sobre lo que debe ser una concepción bioclimática de la arquitectura desde el inicio del diseño.

5.5 INDICADORES DE CONFORT TERMICO INTERIOR

El cuerpo humano funciona pues, como un sistema de enfriamiento y calentamiento, pudiendo, dentro de ciertos límites, adaptarse a las condiciones ambientales que difieran de las óptimas. Esencialmente, el proceso de adaptación consiste en la pérdida de calor pasando al aire y a las superficies que rodean al cuerpo el excedente calórico.

Las relaciones térmicas entre el cuerpo humano y su ambiente son bastante complejas y no pueden expresarse únicamente a partir de valores de temperatura del aire y de las superficies de su entorno, ya que en los intercambios térmicos intervienen la respiración y la evaporación del sudor.

El confort térmico estará cercano al óptimo en condiciones ambientales que faciliten los intercambios térmicos entre el cuerpo y su entorno, manteniendo una temperatura adecuada a la piel y evitando las adaptaciones térmicas rápidas que serían necesarias para mantener el equilibrio entre el calor interno generado por el cuerpo y el calor externo perdido en situaciones de cambio brusco.

Cuando el proyectista establece las características térmicas de un espacio, trata generalmente, de mantener neutra alguna condición del entorno. Es decir, intenta reducir al mínimo las influencias adversas que dificulten o impidan al ocupante su participación en una actividad o simplemente su confort.

Parámetros Térmicos

El sistema elegido requerirá necesariamente el estudio de varios factores ambientales:

1. Tratamiento de la temperatura y humedad de la masa de aire que rodea al cuerpo.

2. Tratamiento del movimiento de esta masa de aire.

3. Tratamiento de las temperaturas de las superficies que rodean al cuerpo.

- Temperatura y humedad del aire

Intentando expresar cualitativamente las sensaciones de bienestar experimentadas en condiciones determinadas se ha llegado a los conceptos de "temperatura efectiva" y "temperatura resultante" (9), que permite establecer aproximadamente, la "zona de confort" aplicada a un espacio y situación ocupacional concreta.

Para ello, los investigadores han definido un "ambiente de referencia" constituido a base de un local muy bien aislado, en el cual la temperatura es uniforme, el aire está prácticamente inmóvil y la humedad relativa es igual al 100%.

De acuerdo con estos experimentos, se establecieron las llamadas "zonas de confort" que difieren ligeramente de unos investigadores a otros. La zona de confort representa intervalos de variación de temperatura, humedad y valores de irradiación de las paredes en las que la mitad de los ocupantes se encuentran satisfechos en las condiciones del ambiente ensayado.

La zona de confort se refiere a las condiciones de ocupación y del ambiente siguientes:

- a). Aire prácticamente inmóvil o movimiento ligero.
- b). Ocupantes en reposo o realizando trabajos suaves con indumentarias normales.
- c). Superficies de los locales prácticamente a la temperatura interior.

En el Abaco de Confort de la Sociedad Americana de

Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Acondicionamiento de aire aparecen en líneas inclinadas, las temperaturas efectivas. Las curvas de la parte superior e inferior de la figura representan la probabilidad de bienestar de los ocupantes en vera no e invierno, respectivamente. La "zona de confort", se delimitó incluyendo las temperaturas efectivas en las que el 50% de los asistentes se en contraban satisfechos con las condiciones ambientales. Las líneas gruesas centrales representan los resultados de Hick, Tohru y Fahnstock sobre equivalencias de condiciones de bienestar. En general para ocupantes en reposo o con poco movimiento el intervalo de temperaturas de confort se sitúa entre 21° y 26°C y la humedad relativa entre 25 y 70%. La tolerancia a la humedad es, por lo tanto, mucho mayor que la tolerancia a la temperatura. - Esto indica que la temperatura ha de ser controlada con mayor precisión.

Sin embargo, este diagrama de confort debe corre- girse en relación a los siguientes aspectos:

- Variaciones geográficas: El diagrama de confort está basado en condiciones típicas subjetivas en contradas a 42° N. En la estimación de condiciones de bienestar debe preverse un aumento relativo de 0.5°C en la temperatura efectiva por cada cinco grados de reducción en latitud.
- Zonas de ocupación densa: Por efecto de la tras misión de calor radiante entre personas, la temperatura efectiva debe disminuirse en situaciones de elevada ocupación.
- Actividad de los ocupantes: En las zonas que se prevean situaciones de trabajo corporal, deben re bajarse las temperaturas efectivas.
- Duración de la ocupación: El diagrama está base do sobre ocupaciones de tres o más horas. Para ocupaciones a corto plazo las temperaturas efec-

tivas deben mantenerse a niveles ligeramente superiores a los indicados.

- Sexo: Parece que estadísticamente la mujer pre- fiere temperaturas ligeramente superiores a las del hombre.
- Edad: Hay indicaciones similares de que los hom bres y las mujeres a partir de, más o menos 40 años, tienden a preferir temperaturas efectivas ligeramente superiores que las elegidas por gente más joven. Sin embargo hay investigadores que no opinan lo mismo.

En un principio, el índice TE -Temperatura Efectiva- no tomaba en cuenta más que la temperatura seca y húmeda. Posteriormente experimentos complementarios incluyeron el movimiento del aire y la radiación: surgiendo así la "Temperatura Efectiva Corregida" (TEC), que constituyó durante varias décadas, el índice más confiable a efectos de la determinación del confort térmico, y por consiguiente el de más amplia aplicación en el acondicionamiento de aire.

Hacia la década de los sesenta comenzó a ser cues tionado el principio de la "temperatura efectiva"; sustituyéndose a los pocos años por otro que trata de combinar la fundamentación psicológica con la fisiológica.

A pesar de todo, la "temperatura efectiva corregida" continúa siendo hoy un índice sumamente útil, es pecialmente en áreas climáticas tropicales húmedas; de ahí que se siga haciendo uso del mismo para la determinación de las "zonas de confort térmico" en estas áreas. Se podrían citar otros índices ter mosicológicos de "confort térmico" como los desarrollados por Bedford¹ ("calor equivalente"), por Winslow, Herrington y Gagge ("Temperatura operativa"),¹¹ Webb¹² ("índice de confort ecuatorial"),² Missenard - ("Temperatura equivalente") y otros. Todos ellos -

de aplicabilidad restringida y aceptación limitada.

Velocidad del aire

Quando la temperatura y humedad del aire sobrepasan el límite del bienestar, el aumento de la velocidad del aire puede llevar al ambiente hacia la zona de confort, pero por encima de ciertos valores, variables según los individuos, aparecen los malestares típicos de las "corrientes de aire". La siguiente tabla trata de establecer las evaluaciones subjetivas del efecto de la velocidad del aire al nivel de la cabeza, sobre el ser humano.

Valores de velocidad del aire m/min.	Evaluación subjetiva
4.5	Quejas sobre falta de ventilación aunque las condiciones de la atmósfera estén en la zona de confort.
4.5 a 7.5	Favorable.
7.5 a 15	Condiciones satisfactorias dentro del intervalo de la zona del bienestar. Intervalo de bienestar en verano: $T_e = 22$ a 23°C .
15 a 30	Sensación de movimiento suave de aire. Confortable cuando la temperatura del aire que se mueve está a la temperatura del aire de la habitación o a temperatura ligeramente superior. Intervalo de bienestar en verano: $T_e = 23$ a 24°C .
30 a 60	Sensación continua de movimiento de aire: en general agradable. Intervalo de bienestar en verano: $T_e = 24$ a 25°C .
60 a 210	Sensación creciente de malestar por corrientes de aire. Actividades dificultadas.

Evaluaciones tomadas de diversas fuentes.

Estas respuestas se refieren a condiciones de ventilación estacionaria.

La siguiente tabla muestra combinaciones de temperatura, humedad y velocidad del aire que producen una temperatura efectiva de unos 21.5°C .

Grados	H.R.	M/min.
24,4	50	0,6
26,7	35	3,3
23,9	80	3,3
27,8	30	6,6
23,9	100	6,6
29,4	35	23,3
26,1	100	23,3

- Nivel de contaminación y renovación del aire

La respiración y la transpiración del ser humano, - el polvo desprendido de la ropa, las células desprendidas de la piel, el humo del tabaco, etc., modifican la composición del aire atmosférico, contaminando las atmósferas cerradas. A esta contaminación pueden contribuir los productos comerciales y las instalaciones y equipos industriales con olores, vapores, polvos, etc. Todo ello obliga a una renovación del aire introduciendo aire fresco en mayor proporción y, cuando se recircula el aire, a la purificación del aire extraído.

En la tabla siguiente se dan valores de orientación de las necesidades mínimas de volúmenes de aire, - caudal de circulación de aire y aportación exterior del mismo en instalaciones de acondicionamiento referidas a adultos sentados.

Clima	Vol. de aire por persona m ³	Caudal de circulación por persona m ³ /h	Aportación aire ext. por persona m ³ /h
Frío	20	1.67	72
Cálido	20	1.67	24

Como regla aproximada, para compensar el oxígeno consumido se necesita alrededor de 6 m³/h de aire por ocupante y para mantener el CO₂ por debajo del 0.6% hacen falta unos 21 m³/h.

En movimiento las necesidades mínimas aumentan y en aportación de aire exterior el aumento puede llegar a un 50%.

- Temperatura media radiante (TMR).

El calor perdido por el cuerpo por radiación depende de la temperatura de las superficies que le rodean, paredes, suelos y techo. Normalmente las temperaturas de estas superficies difieren de la temperatura media de la piel, siendo esta diferencia la que produce la ganancia o pérdida de calor por radiación del cuerpo humano. Para la evaluación general de estas transferencias térmicas por radiación se emplea la "temperatura media radiante" (TMR). Su valor depende de las temperaturas y áreas de las superficies y de su posición respecto al ocupante, según la siguiente expresión:

$$TMR = \frac{A_1 T_1 + A_2 T_2 + A_3 T_3 + \dots + A_n T_n}{A_1 + A_2 + A_3 \dots + A_n} \quad (14).$$

donde:

An = área proyectada de una superficie dada (vista por el ocupante).

Tn = la temperatura de la misma.

Hay que señalar que las condiciones térmicas variables localmente se darán únicamente cuando el ocupante este situado cerca de una gran superficie a temperatura notablemente más alta o más baja que la media.

En este aspecto la temperatura del suelo es muy importante para el confort y no debe exceder de 30°C, para evitar molestias por excesiva temperatura de la piel en las extremidades inferiores. De la misma manera, para disminuir los posibles efectos adversos sobre la cabeza y extremidades superiores, la temperatura del techo debe ser menor de 46°C.

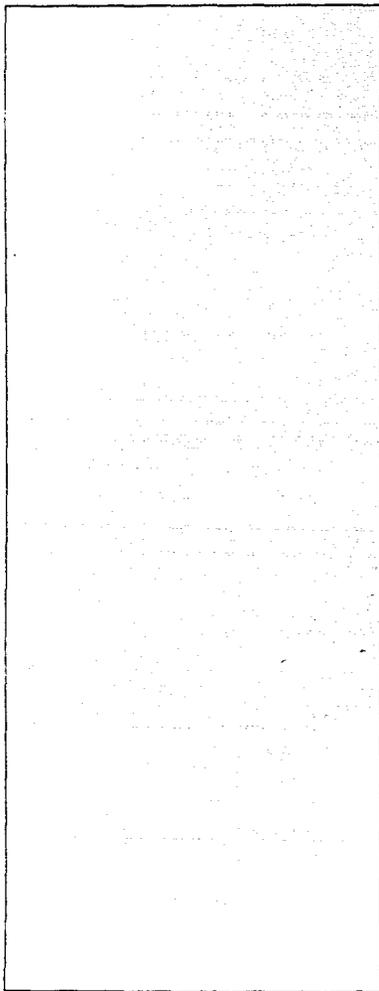
- Compensación de los efectos de la temperatura de las superficies.

Aunque el calor radiante transmitido no se ve afectado por el movimiento del aire, existe una relación objetiva entre la temperatura media radiante y la temperatura media efectiva. Por ejemplo, la TMR se puede usar como medio de regulación de las zonas de confort. Así, el efecto causado por el aumento o disminución de la temperatura del aire se puede compensar por un cambio en la temperatura de las superficies de la habitación.

No hay que olvidar que el diagrama de temperaturas Efectivas esta basado en una situación en la que las superficies del local están a la temperatura ambiente o cercana a ella, lo que equivale a que la TMR esté próxima a la temperatura del termómetro seco. Por ello, si la temperatura de las superficies de la habitación disminuyen, las condiciones de confort se daran, normalmente, a una temperatura efectiva mayor que la indicada en el diagrama.

Aproximadamente, una disminución de 0.9°C en la TMR se compensará con una elevación de 0.45°C de TE.

En el momento de la selección del sitio para el -
proyecto arquitectónico bioclimático, hay que con-
siderar cierto número de elementos que se pueden -
dividir en: elementos climáticos y microclimáti-
cos del lugar, elementos del paraje, elementos del
medio ambiente urbano, y por último, elementos ar-
quitectónicos propiamente dichos.



VI.
ELEMENTOS REGIONALES DEL
CLIMA ENFOCADOS AL DISEÑO
ARQUITECTONICO BIOCLIMATICO

Ya hemos visto como las cartas bioclimáticas indica los problemas y describe las medidas necesarias a tomar para obtener confort humano en un clima específico. Para su aplicación, considerando la situación climática en un sitio dado, se necesita un análisis detallado que considere un ciclo anual completo del clima de la región. Las estaciones meteorológicas locales proveen por lo general suficiente información que permite al arquitecto construir sus propias evaluaciones.

6.1 ANALISIS DE LOS ELEMENTOS CLIMATICOS REGIONALES (1).

Un análisis climático para su aplicación en el diseño debe contener:

- a. Análisis térmico. Deben indicarse los cambios y la distribución de las temperaturas, así como las temperaturas horarias promedio durante el día.
- b. Análisis solar. Debe haber un análisis de las horas de brillo solar, divididas cuantitativamente para días claros y nublados, así como un análisis del promedio de calor solar que cae sobre una superficie horizontal y la dirección del sol según altitud y azimut.
- c. Análisis de vientos. Se deben indicar las direcciones y velocidades de los vientos, las tormentas y los días de viento en calma.
- d. Análisis de precipitación. Debe indicarse la cantidad de precipitación de lluvias. Los días lluviosos deben evaluarse según su distribución promedio.
- e. Análisis de humedad. Debe mostrarse el promedio horario de humedad relativa en porcentaje y el promedio de los extremos de presión de vapor.

Ya que los datos de las estaciones meteorológicas generalmente cubren condiciones climáticas generales (macroclima) de una región, su aplicación exige que sean modificados para su uso específico, según los alrededores del sitio dado (microclima). - Esto incluye topografía, la exposición al sol, el tipo de obstrucciones, etc. de un sitio dado. Además, como los datos meteorológicos están generalmente tomados a la altura del techo de los edificios, éstos deben adaptarse al "nivel de habitabi-

lidad", es decir 1.80 m por encima de la tierra. - Los datos meteorológicos de temperatura y de humedad relativa pueden usarse con suficiente exactitud pero las velocidades de los vientos deben reducirse considerablemente.

La evaluación regional de una situación climática - debe aplicarse al gráfico bioclimático, colocando - en éste los datos combinados de temperatura y humedad relativa a intervalos regulares, lo que mostrará las características generales de una región.

6.2 MESOCLIMA: (2).

Se denomina "mesoclima" al conjunto de condiciones climáticas que se manifiestan en un entorno aislable cuya extensión abarque algunos kilómetros cuadrados -no más de 60-, en el que se particularizan los fenómenos macroclimáticos en función de las características locales del entorno delimitado.

Algunos mesoclimas típicos son:

1. Mesoclimas costeros: Donde las diferencias de temperaturas e inercia térmica entre la tierra y el mar, da lugar a fenómenos claramente localizados como la brisa térmica marina o terrestre -según la hora-, que terminan por ser un paliativo para las altas temperaturas imperantes en los litorales marítimos ecuatoriales.
2. Mesoclimas de valles: De igual forma que en el caso anterior, las diferencias de temperaturas-existentes entre las laderas que rodean a un valle y éste, producen un movimiento fluido de aire. De día, el aire, especialmente en las laderas soleadas, se calienta y asciende desde el valle. De noche al enfriarse desciende como un líquido. Cualquier obstáculo en su bajada se comportará como un dique que acumulará el aire frío; volviéndose de ser encauzado y dirigido.
3. Mesoclima de barreras orográficas: Estos mesoclimas son susceptibles de ser fácilmente predecibles. El obstáculo orográfico a una corriente de aire cargada de humedad producirá la condensación y posterior precipitación de ésta, a su encuentro generando así un mesoclima en la ladera de barlovento fresco y húmedo; mientras que en sotavento será cálido y seco.
4. Mesoclimas urbanos: Estos son quizás los más complejos y menos predecibles por la cantidad de variables que inciden en él.

Son varios los factores que determinan el mesoclima urbano, entre los que pueden destacarse los siguientes:

- a. Transformación artificial de la superficie terrestre: diferencia en textura y materiales con la superficie terrestre natural, además de una mayor rugosidad en la superficie urbana.
- b. Modificación en la evapotranspiración: La suspensión en el aire de polvo y otras sustancias extrañas inciden, lo mismo que la usual infraestructura urbana, sobre la precipitación que cae sobre la ciudad.
- c. Aumento de la contaminación atmosférica.

Las actividades urbanas generan humos, gases y polvo que se van incorporando a la atmósfera, contaminándola, reduciendo así la tasa de insola-
ción que recibe la superficie y por otra parte contribuyendo a la acumulación de energía térmica sobre la ciudad.

- d. Generación de energía: Las ciudades constituyen fuentes de calor tecnógeno, producido por las industrias, los vehículos de transporte y algunas infraestructuras. A estos factores se suman en las latitudes medias y altas, las calefacciones domésticas.

6.3 NECESIDADES BIO-CLIMATICAS REGIONALES

La evaluación o diagnóstico regional de una situación climática debe aplicarse al gráfico bio-climático (Olgay) para exteriores y al diagrama bioclimático psico-métrico (Givoni) para interiores, colocando en éstos los datos combinados de temperatura y humedad relativa (máximas y mínimas medias) a intervalos regulares, lo que mostrará las características generales de una región.

Este procedimiento puede seguirse para datos de condiciones promedias, máximas o mínimas según el caso. Suele utilizarse para mayor exactitud datos horarios de días típicos por temporada o estación. Se grafican por puntos o líneas estos datos en la gráfica. A partir del número de puntos que caen en las diferentes zonas del diagrama (que representa sensaciones humanas) puede estimarse la importancia de los diferentes elementos climáticos en cada región, (necesidades de sombra, radiación, ventilación, etc.) y representar esas necesidades en un gráfico anual.

A partir del gráfico bio-climático se obtienen una serie de necesidades climáticas que transferidas a una tabla anual de necesidades bio-climáticas pueden leerse horariamente durante todos los meses del año, proporcionando una "diagnosis de la región". Con base en esta tabla se pueden evaluar las distintas necesidades de una región y su importancia relativa, tales como radiación, sombra o efectos de vientos.

El análisis regional indica las diferencias entre los varios ambientes climáticos. Las evaluaciones bio-climáticas muestran una representación general de las relaciones entre las condiciones de confort y el clima, informando detalladamente sobre la importancia de los diferentes elementos climáticos en cada sitio en particular, mientras que la grafi-

ca de evaluación anual muestra que elemento, cuándo y con qué intensidad se necesita para restaurar las condiciones de confort.

Cabe decir que la gráfica de evaluación provee más información que los elementos climáticos más importantes. Durante el período frío deben usarse todas las técnicas posibles que aumenten la preservación del calor para recibir la radiación y evitar la pérdida de calor. Durante los períodos calientes, cuando la sombra es necesaria, debe evitarse la penetración de la radiación, permitirse la radiación saliente y moderar las cargas altas de calor por medio emisivos.

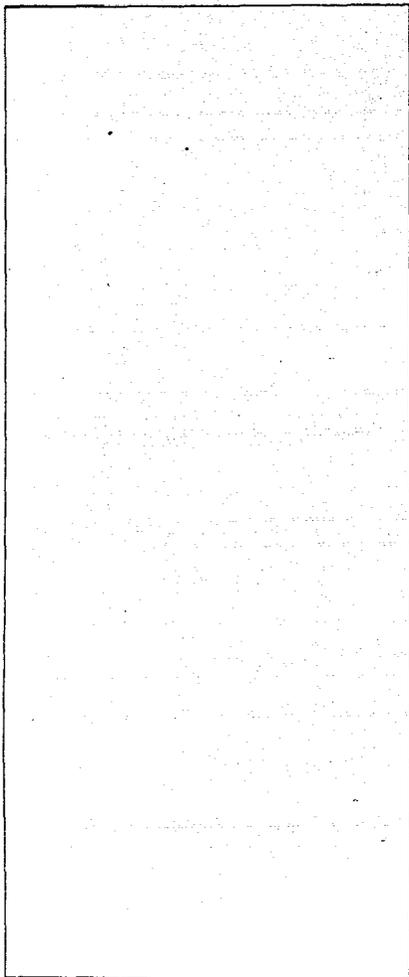
Con analizar detenidamente los gráficos, se pueden diagnosticar los requerimientos arquitectónicos climáticos de una región. Las necesidades de radiación indican la orientación, el tamaño y disposición de las aperturas de la fachada. El área del período caliente muestra la cantidad necesaria de protección solar. La inclinación de los bordes del período caliente indica la necesidad de utilizar la demora en el paso del calor a través de los materiales como medio efectivo y el promedio de las necesidades es un buen indicador de la cantidad de aislamiento térmico necesario.

Los gráficos fueron evaluados con condiciones climáticas promedias, ya que se consideró tal criterio como un enfoque válido para la búsqueda de estructuras balanceadas en condiciones normales. Sin embargo, cuando se tomen en consideración algunas condiciones de diseño específicas, se obtendrían unas mejores respuestas si se utilizaran temperaturas cercanas al máximo.

Quando los elementos climáticos y las necesidades bio-climáticas de un sitio dado se entienden claramente, es posible estimar el equilibrio de fuerzas naturales que se deben contemplar en un edificio. Los elementos necesarios, radiación solar en período

dos fríos, sombra en tiempos calientes, ventilación en períodos húmedos, pueden considerarse según sus necesidades específicas.

El edificio ideal, en la localización ideal, puede ayudar a mantener las sensaciones físicas, totalmente dentro del nivel de confort. Sin embargo, en la mayoría de los casos, las fuerzas compensadoras pueden bloquearse debido a la interacción de los diferentes componentes de la construcción o pueden ser difíciles de obtener cuando se necesitan. Sólo después de que se han utilizado los medios naturales debe dependerse de medios mecánicos pues aunque algunos resultados parciales se pueden amplificar por medios mecánicos, sólo una estructura que mantenga unas condiciones de confort psicológico y fisiológico puede llamarse climáticamente balanceada.



VII. LAS DETERMINANTES CLIMATICAS Y FISICAS EN LA SELECCION DEL SITIO

7.1 ELEMENTOS DEL CLIMA Y DEL MICROCLIMA EN RELACION AL PROYECTO ARQUITECTONICO.

A pesar que estos elementos ya los hemos visto extensamente anteriormente, ahora los retomaremos - por última vez para analizar el modo en que finalmente son considerados e implementados por el proyecto bioclimático.

Recordando sucintamente los elementos que conforma al clima, tenemos en un primer nivel de análisis proyectual:

- Temperatura del aire (TBS y TBH) y su régimen diario.
- Humedad ambiente y su régimen diario.
- Velocidad y dirección del viento y su régimen diario.
- Intensidad de la radiación solar directa y difusa, por lo menos en un plano horizontal (siendo mejor esta medida sobre planos verticales) en régimen diario.

Los valores de todos estos elementos deben ser simultáneos, y todo tratamiento estadístico debe dar cuenta de esta simultaneidad. El siguiente cuadro muestra la síntesis entre estos elementos y las fases del proyecto. (1)

Elementos del clima

Sol: régimen horario, repartición de las radiaciones directas y difusas.
Régimen de las intensidades recibidas.

Temperaturas: régimen de las variaciones diarias y estacionales.

Viento: sector de velocidades, en relación con los demás parámetros (sol, humedad y temperatura).

Principales fases del proyecto a que conciernen:

Elección de las orientaciones de fachadas "captadoras"
Proporción de vidrieras o de invernaderos.

Elección del orden de prelación de la inercia interior (es decir, del sistema de construcción).

Orientación de las demás fachadas
Dimensionamiento de aberturas
Diseño de elementos de cerramiento (persianas, barrotes, etc.)
Partición interior y diseño perimetral.

7.1.1 EFECTOS DE LA TOPOGRAFIA

Ya sabemos que en la atmósfera la temperatura disminuye con la altitud. El descenso de la temperatura en las montañas en verano o en climas ecuatoriales es de aproximadamente 1°C por cada 100 mts. que se ascienda. Este efecto puede ser importante en las zonas tropicales, donde las temperaturas son más favorables a altas alturas. La localización de algunas capitales de América Latina reflejan esto. Tal es el caso de Bogotá, situada a 2600 mts. Ciudad de México a 2360 mts. sobre el nivel del mar y Quito localizada a 2827 mts. sobre el nivel del mar.

Así como las montañas afectan al microclima, también la más pequeña protuberancia sobre el terreno puede producir notables modificaciones en el clima local. El aire frío más pesado que el aire cálido al anochecer comienza a formar estratos cerca de la superficie del terreno. Es aquí cuando el aire denso empieza a comportarse semejantemente a un fluido, deslizándose suavemente hacia los puntos bajos. Estos "desbordamientos de aire frío" causa las llamadas "islas frías" o "colchones de aire frío". Según las elevaciones existentes se formaran, en menor o mayor grado, la acumulación y flujo de aire afectando la distribución de las temperaturas nocturnas por el "efecto de represamiento" producido en las concavidades del terreno natural viniendo a formarse verdaderos "lagos" de aire frío.

El mismo fenómeno es reproducido a mayor escala cuando una gran corriente de aire frío fluye a los valles intramontanos. Geiger describe e ilustra muy bien este fenómeno a través de un diagrama de sección cruzada. Desde las mesetas y las paredes del valle fluye aire frío por las noches hacia el fondo del valle.

En las paredes del valle una serie de pequeñas cir-

culaciones mezcladas con el aire cálido cercano, produce condiciones intermedias de temperatura. Según sea la temperatura en las mesetas circundantes (de frío el aire), así será de frío en el fondo del valle, pero las altas pendientes de las colinas circundantes permanecerán cálidas. Esta área, frecuentemente indicada por la vegetación, es la indicada como "pared cálida" (cinturones térmicos).

Estas zonas de cinturones térmicos cálidos es la más ventajosa para la ubicación de viviendas en climas templados y fríos, o lo contrario-en el fondo del valle- en climas cálidos. Siempre y cuando esta localización esté expuesta a los vientos cálidos que salvan la cima de las montañas circundantes; siendo el sitio más deseable, a medio camino entre el fondo y la cima.

A continuación resumiremos en un cuadro las implicaciones de los demás elementos que conforman el entorno natural y los factores que lo modifican:

Elementos	Fases del proyecto a que concierne
Latitud del lugar	Orientación, inclinación de las superficies captadoras.
Altitud del lugar	Localización con respecto a altiplanos, cimas y valles, en la pendiente de la montaña. Ubicación con respecto a brisas térmicas regulares (costa-mar o valle-cimas).
Topografía: balance local horario del sol	Ajuste de las opciones de orientación de las fachadas a captar o ser protegidas.

7.1.2 EFECTOS DEL MEDIO AMBIENTE URBANO Y ARQUITECTONICO

Los alrededores no naturales de una ciudad, pueden crear microclimas que se desvian del microclima de la región en un grado que depende de la amplitud - de la intervención humana. Esta intervención en - los alrededores naturales es mayor en las grandes urbes, por eso queda justificado hablar de un "clima urbano".

Los factores (ya analizados en forma general en el capítulo anterior) que producen desviaciones en el macroclima regional dando lugar al clima urbano - son:

- a. Cambio de calidades superficiales (pavimentos y edificios)= aumentos de la ganancia de radiación solar; evaporación reducida.
- b. Infiltración de energía: a través de las paredes y la ventilación de edificios caldeados; la salida energética de las plantas de refrigeración y aire acondicionado; escape de calor de - los motores de combustión interna y utensilios eléctricos; pérdida de calor en la industria, - especialmente en hornos y grandes fábricas.
- c. Polución atmosférica = productos de desechos de calderas y grandes chimeneas domésticas e industriales; escape de automóviles, humos y vapores que tienden ambos a reducir la radiación solar directa pero aumentan la difusa y son una barrera para la radiación saliente. La presencia de partículas sólidas en la atmósfera urbana contribuye a la formación de niebla e induce a lluvia bajo condiciones favorables.
- d. Mineralización de los suelos y reducción de la cubierta vegetal: alteran el balance hídrico y enrarecen el agua en todas sus formas, privando a la ciudad de un factor de enfriamiento natu-

ral por consumo de calor latente.

Para aclarar este último punto, basta con escribir la ecuación que expresa el balance hídrico:

$$P \pm R \pm AW - ET - D = 0 \quad (2)$$

en la que:

P = precipitación

R = escurrimiento

AW = capacidad de retención del suelo

ET = evapotranspiración por medio de la vegetación y el suelo

D = drenaje

Es fácil darse cuenta que si se mineralizan los suelos se aumenta el término R y se disminuyen W y ET, y, lógicamente, también se ha de mejorar el término drenaje para un régimen de lluvia dado.

Todos estos factores contribuyen a elevar sensiblemente la temperatura media de las grandes aglomeraciones.

La proporción de las desviaciones inducidas en el clima por todos los factores antes enumerados puede llegar a ser sustancial.

- La temperatura del aire de una ciudad puede ser 8 grados C más alta que la del campo circundante y algunas veces se han registrado diferencias hasta de 11 grados.
- La humedad relativa se reduce del 5 al 10% a causa de la rápida desecación del agua de lluvia de las zonas pavimentadas, a la ausencia de vegetación y a la temperatura más elevada.
- La velocidad del viento puede reducirse a menos -

de la mitad de la que traía en campo abierto, pero el efecto "de embudo" o encauzamiento que se produce a lo largo de una calle bordeada por altas edificaciones o a través de aberturas entre altos bloques puede duplicar su velocidad. También pueden establecerse fuertes turbulencias y remolinos en las esquinas a sotavento de las obstrucciones.

Por último conviene recordar que en general los objetos tridimensionales, tales como árboles, vallas, muros y edificios, pueden influir en el movimiento del aire, dar sombra y subdividir el área en unidades más pequeñas con aspectos climáticos particulares.

Un método lógico consistirá en seguir la secuencia de los elementos climáticos examinados en los capítulos anteriores y ver como cada uno de ellos puede ser afectado por los factores mencionados.

7.2 CRITERIOS DE SELECCION PARA UN OPTIMO APROVE- CHAMIENTO DE RECURSOS Y CARACTERISTICAS DEL SITIO.

Si se dispone de un espacio extenso la primera labor del proyectista consiste en identificar el área más adecuada para la edificación. sin embargo siempre debe diseñar el edificio de tal modo que saque partido de las características favorables y mitigue las adversas del lugar y de sus aspectos climáticos.

Raramente se tiene oportunidad de llevar a cabo in situ las observaciones y medidas con todo el tiempo necesario. Lo más apropiado es comenzar con los datos regionales y determinar desviaciones probables. Se puede obtener información y ayuda de un experto, un observador con experiencia que sea capaz de predecir las desviaciones climáticas basándose en la inspección ocular del lugar. Si se trata de un proyecto extenso merece la pena ciertamente buscar el consejo del experto, ya que los habitantes del edificio tendrán que vivir las consecuencias de la decisión, quizá, por mucho tiempo.

La naturaleza y la extensión de las desviaciones climáticas -también de los efectos probables del edificio propuesto- deben ser considerados en las primeras etapas del diseño, antes de que se acuerde una solución definitiva.

El propósito de esta sección es identificar, delimitar y caracterizar los elementos del medio físico natural que influyen y limitan el proceso de planeación y proyección arquitectónica-urbana.

7.2.1 ANALISIS DE PENDIENTES. (3)

Aquí se delimitarán las diferentes inclinaciones - del terreno, separándolas de acuerdo con los rangos asociados al potencial y limitación de su uso.

Este análisis contiene áreas homogéneas en rangos de pendientes de:

0-2% Adecuada para tramos cortos (hasta 100 m.), - pero no recomendable para tramos largos. Hay problemas en cuanto al tendido de redes subterráneas de drenaje; por ello, su costo resultará elevado.

2-5% Óptima. No presenta problemas de drenaje natural ni al tendido de drenaje subterráneo, viabilidad, redes de servicio, construcción y obra civil.

5-15% Adecuada, no óptima. Plantea ligeros problemas en su uso urbano, y el costo en la construcción y obra civil resulta muy elevado.

15-30% Moderada. Su uso presenta dificultades en la planeación y diseño de redes de servicio, viabilidad y construcción.

30-45% Inadecuada para la mayoría de los usos urbanos. Su uso redundaría en costos extraordinarios.

45% Mayores. Es un rango de pendiente considerado en general, como no apto para usos urbanos -aunque es factible su uso en soluciones arquitectónicas - individuales- por los altos costos que implicaría la introducción, operación y mantenimiento de las obras de infraestructura, equipamiento y servicio urbano.

7.2.2 ANALISIS HIDROGRAFICO

Se analizará la ubicación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos, no sólo para saber con qué se cuenta, sino para formular estrategias de conservación y usos dentro del proyecto.

Los cuerpos de agua pueden clasificarse en superficiales y subterráneos. Entre los superficiales tenemos los ríos, arroyos, lagunas, presas, canales, estanques, pantanos, esteros, etc. En cuanto a los subterráneos, se identificarán las zonas que cumplan una función hidrológica con relación a los mismos (zonas de recarga acuífera, manantiales, pozos y zonas con posibilidad de agua subterránea).

Las zonas que presenten riesgos potenciales para el asentamiento de la población por la eventualidad de los fenómenos hidrometeorológicos que las afectan pueden clasificarse dentro de alguno de los dos grupos siguientes:

Zonas inundables: Aquellas que se encuentren en las inmediaciones de un cuerpo de agua superficial o escurrimiento, y que por su conformación topográfica o baja permeabilidad del suelo, se anegan por lapsos variables.

Causas de escurrimientos incontrolados: Se refiere a los causas de escurrimiento en pendientes pronunciadas, que generalmente se encuentran secas, pero cuando llueve, el agua baja arrastrando piedras, lodo, etc, y erosionando el suelo.

7.2.3 ANALISIS GEOLOGICO

Se identificará y delimitaran las diferentes áreas litológicas y rasgos estructurales, así como las - oportunidades o restricciones que ofrezcan al desa- rrollo urbano.

El análisis geológico delimita e identifica las ro- cas igneas, intrusivas y extrusivas, las sedimenta- rias y las metamórficas. Este análisis permite i- dentificar zonas ocupadas por rocas con potencial o limitación para uso edificatorio en general o su utilización en construcción de la obra civil.

Así mismo, permite identificar bancos de materia-- les, tales como: grava, arena, cal, yeso, etc.

El potencial y las limitantes de las diferentes ro- cas para los distintos usos, estan influidos por - el estado físico que presenten, es decir, sean sa- nas y resistentes o bien fracturables o poco resis- tentes.

En cuanto a los rasgos estructurales, se ubicarán las fallas, fracturas y zonas de deslizamiento, cu- yos movimientos son indicadores de peligro para el desarrollo del proyecto, ya que un descubrimiento tardío de estos rangos obligará a un rediseño es- tructural a cambiar su localización o al abandono total del lugar propuesto para la obra. En suelos cársicos y en presencia de algún flujo de agua, - suele socavarse el subsuelo con el consiguiente - hundimiento del terreno, lo que constituye un ries- go. A este tipo de fenómeno se le denomina dolina.

7.2.4 ANALISIS EDAFOLOGICO (4).

Se identificarán los suelos con problemas de uso urbano. En este sentido, se clasificaran en seis grupos: suelos expansivos, colapsables, granulares sueltos, dispersivos, corrosivos y altamente orgánicos. Así mismo, se delimitarán las zonas de inestabilidad y las que tengan capacidad agrícola, clasificándolas en zonas de alta, media y baja capacidad para uso agrícola, en condiciones naturales.

Se consideran suelos problemáticos:

- Suelos expansivos: Son aquellos que cuando están secos se agrietan y se endurecen, pero si están húmedos se vuelven barrocos; además, son muy anegadizos por tener drenaje insuficiente. Estas características provocan hundimientos irregulares en las construcciones, así como cuarteaduras en las paredes; inclusive, con el tiempo, las cuarteaduras se hacen más notorias hasta producir daños que pueden llegar a ser irreparables o fatales.
- Suelos colapsables: Son aquellos que sufren asentamientos repentinos cuando se saturan con agua o cuando llegan a encontrarse en zonas sísmicas.

Los daños que estas características pueden causar van de la destrucción total y repentina de la construcción, a las cuarteaduras, derrumbes, etc.

- Suelos granulares sueltos: Son generalmente arenosos en los que la presencia de un flujo de agua puede provocar la transportación de partículas y crear así huecos, que con el tiempo, al aumentar de tamaño, ocasionan daños estructurales a la construcción, descubrir instalaciones subterráneas o provocar hundimientos y demás consecuen-

cias. También es factible que se produzca un fenómeno contrario, debido a la inestabilidad del suelo, generándose levantamientos de las construcciones.

- Suelos corrosivos: Son aquellos cuyo contenido de sales o sodio afectan a ciertos materiales utilizados en la construcción y que quedan en contacto directo con el suelo. Las propiedades de los materiales se alteran, lo que muchas veces llega a provocar deterioro precoz, como fracturas, debilidad en la construcción y derrumbe. Además, como es factible la corrosión de las redes de servicio subterráneas, tendría que dispensarse un mantenimiento frecuente y costoso.

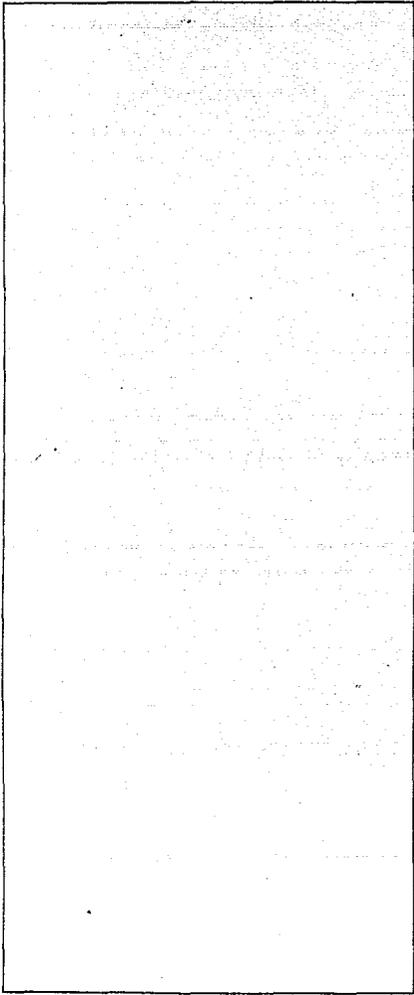
Por ejemplo, el concreto y el acero necesitan de un tratamiento y protección especial en este tipo de suelo.

- Suelos altamente orgánicos: Son aquellos con alto contenido de materia orgánica de origen vegetal, principalmente, y pueden o no estar completamente en descomposición. La gran cantidad de materia orgánica los hace muy blandos, fácil de erosionar y con riesgo de colapsarse, causando daños y alteraciones a la construcción.

- Zonas de inestabilidad: Son aquellas donde existen dunas o se ha dado una remoción natural del suelo.

A su vez los suelos pueden clasificarse según su potencial de utilización agrícola.

- Suelos sin limitantes ambientales y con alta capacidad agrícola.
- Suelos con ligeras limitantes ambientales y alta capacidad agrícola.
- Suelos con limitantes ambientales y baja capacidad agrícola.



VIII. SOL Y EDIFICACION

Hasta aquí hemos obtenido una idea clara y precisa sobre los distintos elementos que conforman al medio ambiente, tanto físico como climatológico. En este capítulo nos circunscribiremos a analizar en que forma, ya no solo, interactúa el sol con los diferentes elementos humanos, sino como, podemos calcular y predecir el movimiento del sol y la energía que de él nos llega.

En muchos procesos de captación heliotérmica los colectores solares se encuentran fijos o tienen un movimiento limitado a ciertos grados de libertad. En consecuencia, estos dispositivos no están dirigidos continuamente hacia el disco solar. Más aún los parasoles y demás elementos de protección solar deben diseñarse de modo que permitan o eviten eficazmente el acceso de la radiación al interior del edificio durante todo el año, según las necesidades particulares. De aquí se desprende la necesidad de conocer de manera precisa el movimiento aparente del Sol y la dirección de la radiación directa sobre un plano dado en cualquier instante. Este conocimiento permitirá calcular la orientación y la inclinación más apropiada de los distintos dispositivos, la separación entre éstos, el diseño de aleros en edificaciones, colectores, etc.

8.1 ANGULOS SOLARES

Cada día, el Sol, para un observador situado en la Tierra, sigue una trayectoria circular a través - del firmamento, alcanzando su punto más alto al me diodía. Por otra parte, esta trayectoria circular aparente se mueve hacia puntos más altos en el fir mamento a medida que el invierno transcurre (solsticio de invierno) y llega el verano (solsticio de verano), como podemos ver en la figura.

Evidentemente la posición del Sol en la bóveda celeste depende del lugar en que se encuentra el observador. Así, al mediodía del 21 de marzo y del 23 de septiembre -los equinoccios de primavera y - otoño- el Sol se encuentra directamente sobre el - ecuador.

Dado que los movimientos de la Tierra y el Sol son relativos entre sí, en el análisis que sigue se su pondrá que la Tierra esta fija en el espacio, que el Sol describe un movimiento virtual alrededor de ésta, y que el origen del sistema de coordenadas - se localiza en el lugar de interés situado en la - Tierra. En consecuencia, su posición en el firmamento queda descrita mediante dos variables angulares: la altura solar oc y el acimut solar . Como se desprende de la figura, la primera de estas variables define el ángulo que la visual al Sol -- forma con el horizonte, en tanto que la segunda de fine la desviación que tienen los rayos del Sol - con respecto al sur verdadero. (En este caso se - considera que el acimut se mide con respecto al - sur, y no con relación al norte, como es usual). - El cálculo preciso de estas variables depende fundamentalmente de tres parámetros: la latitud del lugar ϕ , la declinación y el ángulo horario w .

La latitud queda definida mediante el ángulo que - determina el lugar de interés sobre la Tierra, con respecto al plano del ecuador. Este ángulo es po-

sitivo cuando se mide hacia el norte del ecuador, y negativo cuando lo es hacia el sur de éste.

La declinación define la posición angular del Sol - al mediodía solar, es decir, en el momento en que - el Sol está más alto en el firmamento, con respecto al plano del ecuador. Es decir, la declinación es un índice del alejamiento que experimenta el Sol ha cia el norte o hacia el sur del ecuador. Este pará metro, que depende del día del año, puede calcularse con la expresión:

$$= 23.45 \text{ sen } \left(360. \frac{284 + n}{365} \right), (1).$$

donde n es el día del año.

En la figura () se muestra el cambio de declinación a través del año. La tabla () indica los valores correspondientes.

Por otra parte, el ángulo horario es igual a cero - al mediodía solar y adquiere un valor de 15° de lon gitud por cada hora, siendo positivo en las mañanas y negativo por las tardes. Así $w = 30$ a las 10:00, y $w = 15$ a las 13:00.

Una vez determinados la latitud, la declinación y - ángulo horario, la altura y el acimut solar puede - calcularse fácilmente por medio de las siguientes - relaciones trigonométricas.

$$\text{sen } \theta = \cos \phi \cos w + \text{sen } \phi \text{ sen } \delta$$

$$\text{sen } \delta = \cos \phi \text{ sen } w / \cos \theta, (2).$$

Ejemplo 1

Determinar la declinación del Sol el día 22 de enero.

Aplicando la ecuación para calcular la declinación siendo $n = 22$

$$= 23.45 \text{ sen } (360. \frac{284 + 22}{365}) = -19.93^\circ$$

Ejemplo 2:

Determinar la posición del Sol el día 21 de mayo a las 10:00, en un lugar en el que la latitud es igual a 24° N.

Siendo $n = 141$, para la ecuación anterior.

$$23.45 \text{ sen } (360. \frac{284 + 141}{365}) = 20.14^\circ$$

Haciendo uso de la ecuación para determinar la altura, tenemos:

$$\begin{aligned} \text{sen } (24^\circ) &= \cos (24^\circ) \cos (20.14^\circ) \cos (30^\circ) + \text{sen } (24^\circ) \text{ sen } (20.14^\circ) \\ &= (0.91) (0.94) (0.87) + 0.41 (0.34) \\ &= 0.88 \end{aligned}$$

Por lo tanto, $= 62.08^\circ$

Similarmente para determinar el acimut solar

$$\begin{aligned} \text{sen } (30^\circ) &= \cos (20.14^\circ) \text{ sen } (30^\circ) / \cos (62.08^\circ) \\ &= (0.94) (0.50) / (0.47) \\ &= 1.00 \end{aligned}$$

En consecuencia, $= 90^\circ$. Es decir, el sol se encuentra en el oriente y a un ángulo de 62.08° sobre la horizontal.

Haciendo uso de las expresiones anteriores puede calcularse también la longitud del día, es decir, el máximo número de horas de asoleamiento diario.

Haciendo $= 0$ en la ecuación para hallar la altura solar, se obtiene que

$$\cos W_s = -\tan \phi \tan \delta \quad (3).$$

o bien,

$$T_d = \frac{2}{15} W_s \text{ (horas)}$$

Por lo tanto

$$T_d = \frac{2}{15} \cos^{-1} (-\tan \phi \tan \delta) \text{ (horas)}$$

Cabe apuntar que el tiempo solar difiere del tiempo oficial que indica un reloj exacto. Ambos están relacionados entre sí por la expresión.

Tiempo solar = Tiempo oficial + E + 4 ($\text{ref} - \text{loc}$)
donde E es la ecuación del tiempo mostrado en la figura, en minutos; ref es la longitud del meridiano de referencia horario oficial para la zona en cuestión, y loc es la longitud del meridiano del lugar en grado oeste. La tabla muestra algunos valores de E para distintos días en el año.

Ejemplo 3

Calcular el tiempo solar a las 12:00 horas del día 22 de enero en Monterrey (México) ($25^\circ 40' N$, $100^\circ 18' W$)

Según la tabla (), $E = -11 \text{ min. } 28 \text{ seg.}$ Recurriendo a la ecuación para hallar el tiempo solar, tenemos:

$$\begin{aligned} T \text{ solar} &= 12:00 \text{ h} - 11.47 \text{ min.} + 4 (90 - 100.30) \text{ min.} \\ &= 12:00 \text{ h} - 52.67 \text{ min.} \\ &= 12:00 \text{ h} - 52 \text{ min. } 40 \text{ seg.} \\ &= 11:00 \text{ h} - 07 \text{ min. } 20 \text{ seg.} \end{aligned}$$

8.2 GRAFICAS SOLARES

Las expresiones matemáticas anteriores pueden representarse en forma gráfica, para aplicaciones - que no requieren de una rigurosa precisión, tal - es el caso del diseño de elementos de protección solar y otros dispositivos, por medio de una gráfica o carta solar.

Una carta de trayectoria solar en un modelo gráfico basado en una proyección geométrica diédrica - determinada que permite conocer el movimiento aparente del sol, observado desde un lugar concreto.

Las gráficas solares más prácticas y que utilizaremos aquí son la basada en la proyección cilíndrica, elaborada por M. Bertran de Quintana en - 1937 en México, y la estereográfica o equidistante de amplia difusión en todo el mundo. Por razones de espacio no abundaremos en su trazo y utilización, por lo que recomendamos remitirse a la bibliografía anexa (4).

8.2.1 RUTA APARENTE DEL SOL

En el estudio y aplicación de cualquier sistema - de representación gráfica de las trayectorias solares, es conveniente el conocimiento del fundamento astronómico en el que se sustentan y que a continuación se describe:

Como parte del Sistema Solar, la tierra posee diversos movimientos, de los cuales para los fines que aquí se persiguen se considerarán primordialmente: Translación y rotación.

El movimiento terrestre alrededor del sol transcurre en un año (año solar = 365 d. 5 hrs. 48 min. 45 s.). Las fechas más significativas en lo que concierne a la posición del planeta con respecto al sol y la incidencia de sus rayos en la superficie terrestre son:

Solsticio de Invierno:	Diciembre	21
Solsticio de Verano:	Junio	21
Equinoccio de Primavera:	Marzo	21
Equinoccio de Otoño:	Septiembre	21

Observamos que en los solsticios y equinoccios, - el rayo solar que cae perpendicularmente a la superficie terrestre - contenido en el plano de la órbita terrestre = Plano de la Eclíptica-, forma por efecto de la rotación del planeta en su eje - (día sideral = 23 h. 56 min. 4 s.), tres círculos imaginarios:

Sol de Invierno:	Trópico de Capricornio
Sol de Verano:	Trópico de Cáncer
Equinoccios:	Ecuador Terrestre.

Estos círculos imaginarios se formarán en las latitudes o declinaciones de $-23^{\circ}27'$, $+23^{\circ}27'$ y en

$0^{\circ}00'$ respectivamente.

En un período aproximado de 26,000 años, el ángulo de la declinación varía entre el límite máximo de $-24^{\circ}30'$ al mínimo de 22° , o sea $2^{\circ}30'$. Estuvo en el mayor por el año 8,000 a de C. y llegará al mayor - en el siglo CXXI.

Esta variación de la posición del plano de la Eclíptica, afecta la duración del día y noche en cada hemisferio terrestre dando lugar a las estaciones y - el desigual calentamiento del planeta.

8.2.2 BOVEDA CELESTE

A partir del supuesto giro del sol alrededor del planeta, se considerará la variabilidad del movimiento solar, proyectado en la Bóveda Celeste. En ella el sol dirigirá cualquier rayo al centro de las esferas, ya que la Bóveda Celeste resulta en una ampliación concéntrica de la esfera terrestre.

La Bóveda Celeste podrá entonces representarse a partir de un punto cualquiera ubicado en la superficie terrestre (plano del horizonte), en donde un observador verá el transcurrir del sol para dicha latitud.

Este supuesto es posible por el efecto nulo que podría tener el radio del planeta (6378 Kms.) en relación a la distancia media del sol (149,503,000 - Kms.).

Esta representación de la Bóveda Celeste hará notar que el sol es observable sólo en la mitad "superior" al plano del horizonte, ya que el transcurso del sol en el resto supondría horas en el período nocturno o diurnas para el hemisferio opuesto.

Latitud: es una coordenada geográfica o ángulo meridiano con valores positivos y negativos, referidos al círculo máximo del ecuador para localizar un punto sobre la superficie terrestre.

Es positivo, cuando corresponde al hemisferio norte y negativo cuando lo es al hemisferio sur.

Un observador situado en el lugar considerado, vería el paso del sol en la Bóveda Celeste sobre el horizonte, en donde podemos notar aquí que es posible ubicar al sol en cualquier momento a partir de dos coordenadas celestes:

Altura Solar (h).- Es el ángulo diestro formado por

el rayo solar (dirigido al observador o centro de la Bóveda Celeste) y el plano del horizonte.

Azimut (a).- Es el ángulo formado por la proyección del rayo solar en el plano del horizonte con respecto a los ejes geográficos de orientación.

Estas dos coordenadas celestes constituyen los datos básicos para cualquier estudio de asoleamiento en el diseño arquitectónico o en cualquier otra aplicación en que se precise conocer la posición del sol en un momento determinado.

DECLINACIONES

Fecha	Declinación.	Fecha Corresp.	Declinación.	Declinación promedio.
Jun. 21	+23°27'	Jun. 21	+23°27'	= +23°27'
11	+23°05'	1	+23°08'	+23°06'
1	+22°02'	11	+22°09'	+22°03'
Mayo 21	+20°09'	Jul. 21	+20°31'	+20°20'
11	+17°50'	1	+18°05'	+17°87'
1	+15°01'	11	+15°21'	+15°11'
Abr. 21	+11°48'	Ago. 21	+12°12'	+12°00'
11	+ 8°15'	1	+ 8°22'	+ 8°18'
1	+ 4°28'	11	+ 4°39'	+ 4°33'
Mzo. 21	+ 0°10'	Sep. 21	+ 0°47'	+ 0°28'
11	- 3°47'	1	- 3°06'	- 3°26'
1	- 7°39'	11	- 6°57'	- 7°16'
Feb. 21	-10°37'	Oct. 21	-10°38'	-10°38'
11	-14°05'	1	-14°22'	-14°13'
1	-17°09'	11	-17°22'	-17°15'
Ene. 21	-19°57'	Nov. 21	-19°53'	-19°55'
11	-21°51'	1	-21°47'	-21°48'
1	-23°02'	11	-22°59'	-23°00'
Dic. 21	-23°27'	Dic. 21	-23°27'	-23°27'

Nota: Las diferencias en la declinación promedio
no exceden de $0.68^\circ = 41'$

Cálculo de la declinación en grados sexagesimales:

$$d = 23.45 \operatorname{sen} \left(360 \frac{284 + n}{365} \right)$$

en donde n = Número ordinal del día del año para -
el que se quiera determinar la decli-
nación.

8.2.3 PROYECCION CILINDRICA

En 1937 se publica en México una proyección de la Bóveda Celeste elaborada por M. Bertrán de Quintana, en la que el trazo de ésta se ha simplificado al transformar la Bóveda en un cilindro tangente a la misma, de tal modo que el trazo de las horas en las proyecciones vertical y horizontal, se resuelve con líneas rectas paralelas.

Como podrá observarse con el rayo que aquí se ejemplifica para las 10:00 hrs. del día 21 de diciembre, se utilizará el mismo procedimiento que para una proyección ortográfica simple de la Bóveda Celeste, para encontrar los valores correspondientes de altura solar y azimut.

La aplicación de estas coordenadas celestes, se hará en la representación geométrica del volumen por analizar, llevando los valores angulares de altura y azimut a los planos de proyección vertical y horizontal respectivamente, respetando desde luego - su referencia a los ejes de orientación.

En estos ejemplos se han trazado los valores de altura y azimut para las 10:00 hrs. del día 21 de diciembre.

8.2.4 PROYECCION EQUIDISTANTE O POLAR

Esta proyección posee la ventaja de que en ella es tán representadas en un sólo plano las dos coordenadas celestes.

Consiste en la construcción en un sistema de coordenadas polares, a partir del conocimiento previo de los valores de altura solar y azimut, mismos - que se graficarán en este sistema.

Los valores azimutales se referirán a los planos - de orientación por cuadrantes y las alturas se representarán en los círculos concéntricos equidis--tantes, cuyos valores son incrementados hacia el - centro donde estaría la altura solar máxima (90°).

El uso de este sistema, se complementa con la má-s-ca-ra de sombreado que se construye con planos que en esta proyección, representarán planos oblicuos que contienen el rayo solar para las diversas alturas del sol.

8.2.5 PROYECCION ESTEREOGRAFICA

Este sistema de proyección, al igual que en la proyección equidistante o polar, posee la representación de las dos coordenadas celestes en un solo plano.

Su trazo está basado en proyecciones de geometría descriptiva, en donde los puntos recorridos por el sol en la Bóveda Celeste, son proyectados en el plano del horizonte al dirigir su traza al nadir de dicha Bóveda.

° Nadir: Punto diametralmente opuesto al cenit en la Bóveda Celeste.

Cenit: Punto al infinito de una recta (Radio Cenital), contenido en la Bóveda Celeste, siendo ésta recta perpendicular al plano del horizonte.

En esta proyección los valores azimutales se leerán en el plano horizontal con respecto a los ejes geográficos de orientación por cuadrantes y las alturas se leerán en los círculos concéntricos que tienen valores máximos de 90° (vertical), en el centro y de 0° en los extremos.

Es común indicar los valores angulares de los azimuts leídos de la gráfica solar, por medio de rumbos. Ejemplo: S 30° E (azimut de 30° a partir del eje SUR y con dirección al ESTE).

Otra forma en que es posible indicar los azimuts, es con el valor tomado a partir del eje NORTE y siempre leído en dirección a las manecillas del reloj. Como ejemplo, para el mismo caso anterior, S 30° E puede representarse como: azimut = 150° .

El uso de este sistema, requiere de la máscara de

sombreado, que se construye a partir de planos que contienen al rayo del sol, proyectándolos al nadir, con lo que se obtendrá la representación estereográfica del plano del rayo solar.

8.2.6 HELIODON

Con objeto de simular artificialmente los rayos solares que serían recibidos por un edificio, se pueden modelizar las trayectorias del sol en un aparato que sintetiza el aparente movimiento de éste en la Bóveda Celeste y a través de una lámpara con un espejo parabólico -de tal manera que los rayos de luz que produzca sobre un modelo a escala del edificio, permanezcan paralelos-, se permita observar las sombras que el volumen -o cualquier dispositivo de sombreado- proyectan sobre el plano del horizonte o sobre cualquier otro plano.

Existen varios aparatos de diseño diverso, pero en la mayoría de ellos se proporcionan los movimien--tos de la luminaria o de la maqueta siguiente:

- Movimiento del modelo que permite cambiar la orientación de sus fachadas.
- Movimiento de la luminaria para simular la posición del sol en los 12 meses (variación del plano de la eclíptica o declinaciones).
- Movimiento de la luminaria que simula la posición del sol a cada hora.
- Movimiento que fija la latitud del lugar.

De esta manera, quedan determinadas las variables de orientación, latitud, fecha y hora.

8.3 SUPERFICIES AL SOL

El problema de la orientación de los edificios, como ya hemos visto, se compone en su totalidad de varios factores: topografía local, requerimientos de privacidad, el placer de una vista, reducción del ruido y los factores climáticos de vientos y radiación solar.

Una gran parte del trabajo arquitectónico se remite a la búsqueda de la forma más eficaz de "colocar" al edificio en óptimas condiciones de valores térmicos de asoleamiento, higiene y en general, beneficios psicológicos, por demás.

Exactamente como las estaciones están fuertemente diferenciadas por la inclinación del eje terrestre con respecto al sol, la orientación de los edificios está afectada y determinada en virtud de la cantidad de radiación solar incidente en sus diferentes fachadas en diferentes horas. En las latitudes bajas los promedios de insolación suelen ser bastante altos, y pueden definir fácilmente, por sí solos, la diferencia entre confort y malestar, en una edificación, si no es eficientemente controlada la radiación solar.

El hombre primitivo no pasó por alto la adaptación biológica de ciertas plantas a las diferentes tensiones térmicas durante el día. Varias plantas, como los girasoles y margaritas, son fototrópicas; por ejemplo, algunas especies de girasoles pueden girar hasta 270° en busca del sol. Opuestamente, una forma de lechuga silvestre, llamada la "planta compás" (*Latua scariola*) orienta sus horas paralelamente a los rayos solares, para reducir el impacto de la radiación.

Así, como estos, muchos otros ejemplos en la naturaleza nos hablan de la forma en que los organismos se adaptan eficientemente, bajo la influencia

directa del sol, a una mejor utilización de su energía fototérmica.

Experiencias semejantes, más una gran tradición y un reconocimiento práctico, debieron haber guiado a los constructores de las ciudades de los indios Pueblo, como Acoma, por ejemplo. Esto es evidente en la cuidadosa orientación sur-este, con largas calles de masivas viviendas, que corrían en el eje este-oeste. En estas hileras de casas la radiación este-oeste es prácticamente eliminada, hacia un mejor confort térmico, permitiendo solo elevaciones al norte y al sur que recibieran todo el impacto solar.

Los egipcios y otros constructores clásicos fueron, de seguro, conscientes de la orientación solar, motivados probablemente por razones de salud como por ideas religiosas con respecto al sol. El Cardo, o eje, de los campamentos romanos típicos, conscientemente era alineado a no más de 30° desde el meridiano local.

Con el desarrollo de las técnicas para medir la radiación solar y los datos factuales de acumulación, los estudios y aproximaciones hacia una mejor orientación fueron hechos, cada vez más, basados en cálculos físicos. Estos cálculos están basados en varias teorías con respecto a la orientación solar.

Agustín Rey, J. Bidoux y C. Bardet (5), desarrollaron un valor "heliotérmico" basado en su propia teoría de orientación. Este valor consistía en el producto de la duración de la insolación y la temperatura media durante ese tiempo. Usando este producto, ellos calculaban la intensidad calórica anual en las diferentes orientaciones; y de aquí llegaron a una orientación del eje heliotérmico, igual a 19° - NE.

Por su parte, haciendo cálculos sobre la intensidad solar, Félix Marboutin, llegó a las siguientes conclusiones:

1. Para unas mejores condiciones de vida (calefacción, durante el frío y refrigeración, durante el calor) las fachadas principales del edificio deben mirar al sur (en las latitudes norte);
2. Los parámetros de las fachadas sur-este y suroeste, ofrecen la ventaja de una insolación regular, pero así mismo, son enfríados en invierno y calentados en verano, más que la fachada sur;
3. La exposición este y oeste son calentadas en verano y enfrías en invierno, más que la sureste y suroeste.

Gaston Bardet, desarrolló una carta de orientación basada en la teoría de Marboutin. Bardet halló al sur como la orientación preferida, permitiendo, sin embargo, variaciones, de hasta 30°; hacia el sureste y suroeste, según el sitio.

Así, como éstos, muchos otros investigadores han tratado de establecer teorías que traten de racionalizar el problema de la orientación en los edificios, sin embargo podemos decir que sería necesario implementar tantas teorías sobre esto, como puntos factibles de ser construidos, hay sobre la Tierra. Es decir, que prácticamente no es posible deducir una única teoría que soluciones a todos y cada una de las situaciones particulares de ubicación; sólo podemos enunciar parámetros generales susceptibles de ser modificados y adaptados a cada caso específico.

Entre los investigadores, que se han ocupado de este problema, además de los ya nombrados, podemos citar a: Jean Labreton, Gaetano Vinaccia, Ludwig Hilberseimer, Henry Wright y otros.

Todas las teorías recientes, a este respecto, coinciden en que una casa "solar" ubicada en el hemisferio norte, debe, preferiblemente estar orientada al sur, sin embargo la gran parte de estas teorías

no consideran las variaciones diarias de temperatura, que indican quizá un mayor calor al inicio de la mañana y una reducción de éste, al final de la tarde y otras variables por el estilo.

8.3.1 APROXIMACION A UNA ORIENTACION SOL-AIRE

Una orientación sol-aire, reconoce la acción conjunta que la temperatura del aire y la radiación solar producen en la sensación de calor del organismo humano. De este modo, al utilizar al máximo la radiación solar, su impacto térmico debe ser considerado en combinación con el efecto convectivo producido, y el total de los efectos medidos para la habilitación y mantenimiento de la temperatura cerca a los niveles de la "zona de confort" del sitio.

La importancia de el calor solar, indudablemente, variará de acuerdo a la región y estaciones, o épocas térmicas anuales que predominen en ella. Bajo condiciones frías una radiación adicional será bienvenida, y los edificios se dispondrán de tal forma que reciban el mayor asoleamiento posible, mientras que bajo condiciones cálidas o de excesivo calor, la orientación de los edificios, deberá reducir al máximo el impacto solar.

Las variaciones en la orientación producida por los requerimientos regionales, pueden ser diagramáticamente presentadas en forma de gráficas ilustrativas. En las latitudes norte, el aire es generalmente frío, lo que reviste una gran importancia, dada la necesidad que hay de él en época de frío. Consecuentemente, los edificios deben ser orientados para recibir la máxima cantidad de radiación efectiva durante el año. Sin embargo, el mismo edificio en el sur, donde el aire es húmedo y muy caliente, debe variar su eje para evitar la radiación solar y en cambio captar al máximo las brisas frescas.

El efecto de la radiación solar sobre varias orientaciones, son mostradas en la siguiente ilustración donde se puede analizar la incidencia sobre una superficie vertical de los rayos del sol, en un

compás graduado a cada 30°. Por otro lado, el impacto térmico del asoleamiento sobre las fachadas, puede así mismo, ser graficado a través de cartas diagramáticas. Estas cartas muestran:

1. Promedio de radiación directa, recibida en el período de máximo asoleamiento y en el mínimo asoleamiento en un año en Kwh.
2. Radiación directa total diaria en un año en Kwh/m², para los meses fríos (Dic. a marzo) y los meses cálidos (Jun. a Sept.). También se indica la suma total de radiación, y por medio de una curva la distribución en el tiempo de Kwh.
3. Índice típico horario de asoleamiento, consistente en la curva de temperatura en Marzo 21, más el impacto de radiación. Esto se calcula, usando el método sol-aire, con la absorpsividad derivada de la carta bioclimática. Mostrándose aquí la distribución de radiación en relación a la curva de temperatura diaria. Si la radiación es recibida en la mañana (como es el caso de orientaciones hacia el este), la curva mostrará una mayor distribución de calor. Si la radiación es recibida en la tarde o al anochecer, la temperatura pico y la radiación pico se manifiestan simultáneamente. Estos resultados del impacto de calor máximo en la tarde, son entonces comparables con las bajas temperaturas de la mañana.

8.3.2 ADAPTACIONES REGIONALES

Para la evaluación de la orientación más conveniente, usando el total de la radiación solar o radiación global, se usa la carta axial o cardinal. Esta carta compuesta por círculos concéntricos, cada uno de los cuales indica un valor de radiación, es usada para sintetizar de una manera gráfica y general los valores totales de radiación solar sobre las verticales de la edificación; mostrándonos, así, hacia que punto se manifiesta realmente la mayor radiación.

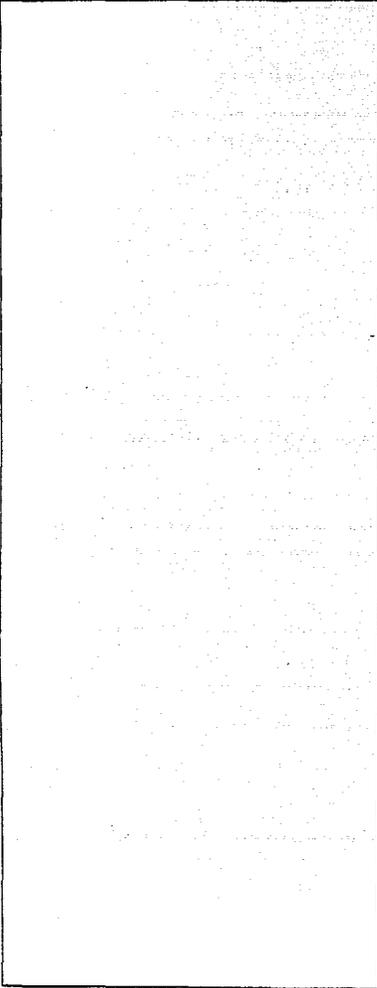
La evaluación orientativa, basada anualmente, depende básicamente de las superficies verticales que hallan recibido mayor radiación en la época fría y menor radiación en la época cálida.

El segundo problema con relación a la orientación, es el concerniente al balance térmico diario. Idealmente, desearíamos tener siempre temperaturas dentro de la zona de confort, constantemente efectivas durante todo el día. La orientación debe ayudar a mantener cercanos a los requerimientos de confort dentro de las condiciones de balance.

La forma de los edificios debe responder, en primera instancia a estas condicionantes ya estudiadas, considerando en forma multilateral las necesidades regionales globales para todos y cada uno de los espacios que lo conformen.

Finalmente, el tratamiento de las superficies expuestas, es también igualmente importante. Si un cerramiento vertical es apropiadamente protegido o equipado con dispositivos de sombreado, la radiación durante el período de sobre calentamiento será considerablemente baja con respecto al período de menor calentamiento. Si estas superficies tienen grandes acristalamientos o planos traslúcidos, el período de calentamiento será más decisivo que el de menor calentamiento.

En conclusión, repetimos, en la práctica se considerarán las adaptaciones necesarias para lograr la orientación más óptima, bajo las condiciones individuales de cada diseño.



IX. CARACTERISTICAS
FISICAS Y TERMICAS DE LOS
MATERIALES DE CONSTRUCCION

Todos los impactos térmicos externos deben pasar a través de la envoltura del edificio antes de afectar la temperatura interior. El proceso de flujo del calor a través de los materiales, es comparable a la manera como los materiales porosos absorben humedad, impregnándose en capas sucesivas, hasta que se saturan y el efecto se siente en la superficie opuesta. Las fluctuaciones diarias que tienden a seguir una forma más o menos sinoidal (según el clima), a medida, que pasan a través de la estructura, se distorsionan en amplitud y se retrasa en el tiempo. Estas cualidades de los materiales, se puede utilizar favorablemente para lograr equilibrio térmico en el interior de los edificios.

Es bien sabido que el interior de una edificación con muros de piedra, se mantiene fría durante un día cálido. En este tipo de edificaciones, la masa de los muros absorbe y refleja el frío de la noche, deteniendo el flujo de calor durante el día y proporcionando una temperatura que es cercana al promedio mensual o estacional. En las viviendas subterráneas de los trogloditas se presentan condiciones semejantes, ya que la masa de tierra mantiene la temperatura en condiciones constantes o cuasi-isotérmicas.

Así mismo, las viviendas del pasado, al solucionar un problema de estabilidad estructural a través de gruesos muros de mampostería, solucionaban paralelamente el problema de regularidad y confort térmico. En comparación, las estructuras contemporáneas son demasiado livianas y delgadas, por lo cual, presentan interrogantes con respecto a la estabilidad térmica, lo que las hace indeseables, ya que están sometidas a las fuerzas externas del medio ambiente.

Aquí se tratará de definir los materiales densos que constituirían la envoltura de un edificio, los que amortiguando y distribuyendo los impactos tér-

micos externos, deben balancearlos. Estas cualidades pueden determinarse investigando los procesos y las propiedades que permiten el control térmico de la estructura, estudiando brevemente algunos problemas relacionados con la humedad y el deterioro y examinando los factores de conducción térmica y las características de retención de calor por parte de la estructura.

9.1 TRANSFERENCIA DE CALOR

Las fuerzas térmicas que actúan en el exterior de una estructura son combinaciones de los efectos de la radiación y de la convección. La componente de la radiación, consiste de la radiación solar incidente y del intercambio de energía radiante entre la superficie, sus alrededores y la Bóveda Celeste -lease atmósfera-. El impacto de calor por convección, depende de la temperatura del aire que rodea a la superficie y puede aumentarse por medio de movimiento de aire.

Una superficie aumenta el calor cuando está sometida a condiciones calientes o de asoleamiento y su temperatura disminuye cuando está rodeada de objetos fríos, o debido al fresco de la noche. Existen ecuaciones por medio de las cuales se puede calcular la tasa o índice de aumento de calor en la superficie exterior de un material.

Control de Penetración del calor

La superficie exterior de los materiales, afectada inicialmente por el impacto calorífico, debe considerarse en primera instancia si se desea controlar la penetración del calor y ya que la temperatura de la superficie expuesta al sol es mayor que la del aire a lo largo de la superficie, reduce el impacto calorífico externo. El intercambio de calor se puede aumentar si se distribuye la radiación sobre una superficie mayor, ya sea por medio de superficies curvas (bóvedas o cúpulas) o de superficies onduladas o corrugadas (hiladas de ladrillo alternadas), las que al mismo tiempo aumentan la tasa de transmisión por convección.

Las características de absorción o emisión del calor, propias de cada material, constituyen otras defensas efectivas contra los impactos de la radia

ción, particularmente en períodos muy calientes.

El uso de materiales que reflejen la radiación en vez de absorberla y que rápidamente devuelvan al exterior, la que han absorbido permite mantener temperaturas bajas dentro del edificio.

Cuando la energía solar hace impacto en los edificios, está ya reducida gracias a la atmósfera y llega en varias formas: radiación visible y radiación infrarroja de onda corta. Ya que esta energía se concentra cerca de la parte visible del espectro, el criterio de reflectividad se basa en los valores del color. Es así, como el blanco refleja el 90% o más, mientras que el negro sólo el 15% o menos de la radiación recibida.

Por otra parte, el intercambio térmico con los alrededores, se hace por medio de ondas largas infrarrojas que son reflejadas, no ya dependiendo del color sino de la densidad de la superficie y de su composición molecular.

(Veremos a continuación algunas características de los materiales de construcción superficiales o de acabado con respecto a la emisividad y reflectividad térmica.

REACCION DE LOS MATERIALES A LA RADIACION SOLAR Y - TERMICA

Superficie	Reflección % Rad. Solar		Emisividad % Rad. Térm.
Plata brillante	93	98	2
Aluminio brillante	85	92	8
Cal	80	-	-
Cobre brillante	75	85	15
Plancha de cromo	72	80	20
Pintura blanca de plomo	71	11	89

Marmol blanco	54	5	95
Pintura verde clara	50	5	5
Pintura de aluminio	45	45	55
Piedra caliza	43	5	95
Madera clara	40	5	95
Asbesto cemento, con vejez de 1 año	29	5	95
Ladrillo de arcilla rojo	23-30	6	94
Pintura gris	25	5	95
Hierro galvanizado oxidado	10	72	28
Negro mate	3	5	95

(Tomado de V. OLGAY, 1968).

9.2 LOS EFECTOS DE LA HUMEDAD EN LOS MATERIALES

La "Higroscopicidad" es la propiedad que tiene un material poroso capilar de absorber el vapor de agua a partir del aire húmedo. Lo de absorber la humedad del aire se condiciona por la absorción polimolecular del vapor de agua en la superficie interna de los poros y por la condensación capilar. Este proceso físico-químico se denomina absorción y es reversible. La madera, los materiales de aislamiento térmico, para las paredes y otros materiales porosos, poseen una superficie interna desarrollada de poros y por eso su alta capacidad de absorción.

A medida que aumenta la presión de vapor (es decir con el aumento de la humedad relativa del aire, - siendo constante la temperatura), se eleva la humedad de absorción del material (Ver figura inferior).

Según la ecuación empírica de Freundlich, la cantidad de gas absorbido constituye:

$$a = K p^{1/n}, (1).$$

donde: p es la presión del gas al alcanzar el equilibrio

K y n son parámetros empíricos, constantes para el absorbente y el gas dado a cierta temperatura

ra determinada.

En los capilares finos que se humectan bien por el agua (madera, ladrillo, hormigón, etc.), el menisco siempre es cóncavo y la presión del vapor saturado debajo de éste, será inferior que sobre una superficie plana. A consecuencia de los procesos de absorción y condensación capilar del vapor de agua a partir de la atmósfera, la humedad de los materiales de construcción porosos, incluso después de mantenerlos un tiempo prolongado al aire, es bastante grande. Así por ejemplo, la humedad equilibrada de la madera secada al aire constituye un 12-18% en los materiales para paredes, un 5-7% de la masa. La humectación aumenta mucho la conducción del calor del aislamiento térmico, por eso se procura evitarla, cubriendo las losas de protección contra el frío con una película hidrófuga. (2).

Humedad en % del volumen	Aumento del índice de conductibilidad térmica en el estado seco % de aumento según el porcentaje en volumen de humedad	Materiales inorgánicos	
		Peso específico del material totalmente seco Kg/m ³	Aumento del índice de conductibilidad térmica del estado seco en % % de volumen de humedad % de peso de humedad
1	32	100	12.5 1.25
2.5	22	150	8.3 1.25
5	15.1	200	6.3 1.25
10	10.8	300	4.2 1.25
15	8.5	400	3.1 1.25
20	7.2	500	2.5 1.25
25	6.2	600	2.1 1.25
-	-	700	1.8 1.25
-	-	800	1.6 1.25
-	-	1000	1.25 1.25

La Aspiración Capilar del agua por el material poroso sucede cuando una parte de la estructura está sumergida en el agua. Así, el agua freática puede

ascender por los capilares y humedecer la parte inferior de la pared de un edificio. Para evitar la humedad en el local, se recurre a una capa de hidrófugo que separa la parte del cimiento de la estructura de la pared respecto a su parte superficial.

La aspiración capilar se caracteriza por la altura de elevación del agua en el material, la cantidad de agua absorbida y la intensidad de succión.

La altura h de elevación del líquido en el capilar se determina de acuerdo con la fórmula de Jouren:

$$h = 2 \cos \theta / (r \rho g),$$

donde: ρ , es la tensión superficial

θ , el ángulo de contacto

r , el radio del capilar

ρ , la densidad del líquido

g , la aceleración de la caída libre.

La Permeabilidad es la propiedad del material de hacer pasar agua bajo presión.

El coeficiente de filtración K_f (m/h) caracteriza la permeabilidad del material:

$$K_f = V_a / S (P_1 - P_2) t, \quad (3).$$

donde: $K_f = V_a$ cuando la cantidad de agua en m^3 que penetra a través de un muro con el área $S = / m^2$, un espesor $= / m$ durante el tiempo $t = 1h$, siendo la diferencia de la presión hidrostática en las paredes del muro $P_1 - P_2 = 1m$ de la columna de agua. El coeficiente de filtración tiene la dimensión de la velocidad.

La Impermeabilidad del material se caracteriza por la marca que designa la presión hidrostática unitaria (en Kgf/cm^2), con la cual una muestra de hor

migón en forma de cilindro no deja penetrar al agua en las condiciones del ensayo estandar. Entre el coeficiente de filtración y la marca de la impermeabilidad existe cierta relación: cuanto más baja sea K_f , tanto más alta será la marca de la impermeabilidad.

Permeabilidad a gases y vapores. Cuando cerca de las superficies de una protección surge cierta diferencia de presión de gas, tiene lugar su desplazamiento a través de los poros y las fisuras del material. Puesto que el material tiene tanto macro como microporos, la transferencia del gas puede transcurrir de manera simultánea mediante los flujos viscoso y molecular.

El material para paredes debe poseer cierta permeabilidad. Entonces la pared "respira", es decir, a través de las paredes exteriores se realizará la ventilación natural, lo que es especialmente importante en edificios para viviendas que carecen de acondicionamiento de aire. Por eso las paredes de los edificios para viviendas, hospitales, etc., no deben acabarse con materiales que retienen vapor de agua. En cambio, las paredes y los recubrimientos de edificios industriales húmedos, deben protegerse en la parte interior contra la penetración del vapor de agua. En la temporada de invierno, dentro de los locales de calefacción (fábricas, vaquerías, pocilgas, etc.) en $/m^3$ de aire hay mucho más vapor de agua que en el exterior, por lo que el vapor tiende a pasar a través de la pared o del recubrimiento. Penetrando a la parte fría del revestimiento, el vapor se condensa, aumentando bruscamente la humedad en esos lugares. Se crean condiciones favorables, para la destrucción rápida del material de la estructura exterior que protege contra el clima.

Los materiales impermeables al vapor deberán colocarse en aquel lado de la protección, donde el contenido de vapor de agua en el aire es mayor.

Deformaciones por Humedad

Los materiales porosos orgánicos e inorgánicos -- (hormigón, madera, etc.), varían su volumen y las dimensiones al cambiar la humedad.

VALORES RELATIVOS DE LA PERMEABILIDAD A VAPORES Y GASES (POR 1 SE ADOPTA LA PERMEABILIDAD DEL LADRILLO)

Material	Masa Volumétrica Kg/m ³	Porosidad %	Valores relativos de la	
			Permeabilidad al vapor	Permeabilidad al gas
Ladrillo o arcilla	1800	31	1	1
Hormigón ligero	1800	31	0.8	0.9
Caliza	2000	23	0.7	1.2
Hormigón de grava	2200	15	0.25	0.1

(Tomado de GORCHAKOV, 1980)

La Contracción es la reducción de las dimensiones del material al secarlo. Se provoca por la disminución del espesor de las capas de agua, que rodean las partículas del material, y por la acción de las fuerzas internas capilares que tratan de acercar las partículas del material.

El Hinchamiento sucede al impregnar el material con agua. Las moléculas polares del agua, penetrando en el espacio entre las partículas o fibras que componen al material, las ensanchan, engrosando con esto las capas hidratadas alrededor de las partículas, haciendo desaparecer los meniscos interiores y junto con ellos las fuerzas capilares.

La alternación del secado y la humectación de un material poroso, con lo que a menudo se choca en la práctica, va acompañada de las deformaciones alternativas de la contracción y el hinchamiento. Semejantes influencias cíclicas repetidas multitud de veces provocan con frecuencia la aparición de grietas que aceleran la destrucción.

Los materiales con alto contenido de poros (madera, hormigón celular, etc) que son capaces de absorber mucha agua, se caracterizan por su gran contracción:

Material	contracción, mm/m
Madera (de través a las fibras)	30-100
Hormigón celular	1-3
Mortero para construcción.	0.5-1
Ladrillo de arcilla	0.03-0.1
Hormigón pesado	0.3-0.7
Granito	0.02-0.06

(Tomado de GORCHAKOV, 1980).

9.3 OTRAS CAUSAS DE DETERIORO

Además de la humedad, elemento presente en todas partes de la Tierra, hay otros factores más localizados de carácter climático que inciden de manera muy importante en la estabilidad físico-química de los materiales de construcción; respondiendo en mayor o menor grado a la zona climática específica en que se halle el material.

Aquí mencionaremos brevemente los principales que se presentan y que aunque no son importantes técnicamente, hacen parte de la visión global de este estudio.

Como vimos anteriormente el proceso de deterioro químico obedece en gran parte a la presencia de agua, la lluvia y la alta humedad relativa. Esto a bajas temperaturas (cerca del punto de congelación), produce escarcha y en zonas cálidas, con altas temperaturas, produce humedad ambiental. Ante todo, las diferencias de temperaturas y el posterior cambio de volumen en el material afecta físicamente a éste y a los asentamientos. Otros efectos secundarios de importancia se producen por reacciones químicas acelerando el aumento de temperatura otros fenómenos, de manera logarítmica. La radiación causa deterioro en los materiales ya por que eleva la temperatura de las superficies expuestas, ya debido a la acción fotoquímica de los rayos solares que aumenta en las bajas latitudes, debido a una mayor banda ultravioleta. Otros agentes biológicos, tales como algas, hongos y moho, requieren humedad para su existencia, pero el deterioro causado por ellos es mínimo, si la humedad no excede el 70%. Los termites subterráneos son la fuente más destructiva de productos a base de celulosa si no tienen la debida protección.

9.4 AISLAMIENTO POR RESISTENCIA O AISLAMIENTO POR CAPACIDAD CALORICA

La característica más importante para el control de los materiales es su propiedad para conducir el calor (ver RADIACION SOLAR Y COMPORTAMIENTO TERMICO DE LA EDIFICACION, Cap. X). La variación diaria de las cargas de calor de la atmósfera producen una oscilación correspondiente dentro de una estructura con dos diferencias: primera, el ciclo en el interior de ésta, tendrá variaciones menores con un consiguiente decrecimiento de la amplitud de onda. Segunda, el ciclo interior irá retrasado respecto al del exterior.

En el primer caso las variaciones se producen por el valor de aislamiento térmico del material caracterizado por un factor "U" (coeficiente de conductibilidad). Mientras más disminuya el valor de U es mejor el efecto de aislamiento. Esta interferencia al paso del calor se conoce comúnmente como "aislamiento por resistencia" pues reduce el flujo efectivo de calor.

El segundo efecto depende de la capacidad de conservación del calor por parte del material, lo cual está caracterizado por su calor específico volumétrico (ρc , densidad por calor específico). Mientras más grande sea la capacidad de conservación del calor, más lento será el cambio de temperatura propagado a través del material. Este retraso se denomina desfase térmico de la construcción. Proporciona la oportunidad de guardar dentro del muro las temperaturas de las horas más calientes o más frías, liberándolas en las horas en que se necesitan, respectivamente. Este efecto reduce simultáneamente la amplitud de la onda del impacto térmico y se conoce generalmente como "aislamiento por capacidad".

Ahora bien, para evaluar las características ade--

cuadas de comportamiento térmico de los materiales en una región climática dada, se necesita un estudio de las condiciones de temperatura anuales y sus relaciones con las condiciones de confort. A partir del cambio máximo anual de temperatura se puede establecer una relación directa con el valor de aislamiento necesario y a partir del cambio diario de temperatura se puede establecer paralelamente su correlación con las necesidades de "aislamiento por capacidad". En este último caso Leroux (4) recomienda que en zonas en donde el cambio diario sea de 6 a 8°C, la construcción debe poseer 300 Kg. de materiales pesados por metro cúbico de edificio. En donde haya un cambio de 10 a 12°C la construcción debe poseer 600 a 700 Kg. de construcción pesada por m³ de edificación y cuando el cambio sea mayor de 20°C debe haber 1200 Kg. o más por metro cúbico.

Aunque en principio estas recomendaciones son discutibles y criticables, sirven de marco de referencia antes de entrar en un cálculo más exacto del problema.

Veamos algunos ejemplos típicos que ilustran la relación de las condiciones de confort con las variaciones diurnas de temperatura según las características de los materiales. Cuando la pendiente de la curva (equivalente a la amplitud de onda) que representa la temperatura diaria es grande, la capacidad de retención del calor de los materiales es esencial y la curva diaria resultante permanece en (A) o cerca de (B) la zona de confort. En el caso de la temperatura media exterior sea de 27°C o más una construcción a base de materiales pesados estabilizaría las condiciones interiores de temperatura por fuera de confort. Sin embargo, cuando las curvas diarias de temperatura sean muy pendientes, es posible usar materiales de baja difusividad, que absorben las condiciones térmicas que sean cercanas a las condiciones de confort (C y D) y que las mantengan durante los periodos extremos del

día, para lo cual se pueden tomar medidas como cerrar aperturas, con el objeto de atrapar temperaturas a la sombra o temperaturas extremas.

Los aislamientos por capacidad y por resistencia son necesarios en las zonas en donde las variaciones de temperatura diarias y debidas a las estaciones sean excesivas (E). En donde las condiciones de temperatura debido a las estaciones sean extremas (F), es importante considerar el aislamiento por resistencia y las condiciones de confort han de estar apoyadas por medios mecánicos. En este caso las variaciones diarias de temperatura son relativamente nulas; sin embargo, si fuesen grandes, se puede lograr equilibrio térmico diurno, colocando internamente, materiales de alta capacidad calorífica.

Con dos ejemplos, puede demostrarse la diferencia tan marcada entre edificaciones de diferentes materiales bajo condiciones similares. Se hace una comparación entre una estructura de tipo liviana y abierta y una de tipo pesado y cerrada, y se ha escogido una región en la que la temperatura del edificio de madera fluctúa con la temperatura ambiente, alcanzando oscilaciones diarias de 13°C.

Por otra parte, el edificio con paredes gruesas, estabiliza las condiciones del interior a temperaturas medias bajas, en donde el ciclo diurno máximo no varía en más de 5°C.

9.5 RETENCION DEL CALOR EN LOS MATERIALES Y SUS METODOS DE CALCULO

En la naturaleza, la variación de las condiciones climáticas, da lugar a un estado no estacionario. Las variaciones diarias producen un ciclo, que se repite cada veinticuatro horas, de aumento y descenso de temperaturas. El efecto que esto produce en un edificio es que en el período calido, el calor pasa del ambiente al edificio, donde parte de él se almacena, y por la noche, durante el período frío, el flujo de calor se invierte: pasa del edificio al ambiente. Cuando este ciclo se repite, se denomina flujo periódico de calor.

El diagrama de la figura, muestra variaciones diarias de las temperaturas externas e internas, según un régimen térmico con cambios periódicos. Por la mañana, al aumentar la temperatura exterior, el calor comienza a atravesar la superficie exterior de la pared. Cada partícula de ésta, absorberá cierta cantidad de calor por cada grado de elevación de temperatura, dependiendo del calor específico del material de la pared. El calor de la partícula sólo se transmitirá después de que haya aumentado la temperatura de la primera partícula. En consecuencia se retardará el incremento correspondiente de la temperatura superficial interna, como se observa en la línea discontinua.

La temperatura externa alcanzará su máximo y comenzará a decrecer antes de que la temperatura superficial interna haya alcanzado el mismo nivel. Desde este momento, el calor almacenado en la pared se disipará parcialmente hacia el exterior y parcialmente sólo hacia el interior. Cuando el aire exterior se enfría, fluye hacia el exterior una proporción creciente de este calor almacenado y cuando la temperatura de la pared cae por debajo de la temperatura exterior, se invierte por completo el sentido del flujo calorífico.

Las dos magnitudes que caracterizan este cambio, son el tiempo de retardo (o desfase ϕ) y el factor de reducción (o atenuación de amplitud). Este último es la relación de las amplitudes de temperatura superficial máxima exterior e interior, tomadas de la media diaria.

9.5.1 DIFUSIVIDAD TERMICA

Tratamos la situación descrita anteriormente, cuando la primera partícula de la pared comienza a recibir calor del entorno. La velocidad a la cual - transmitirá calor a la próxima partícula depende - de dos factores:

1. Si es un material de elevada conductividad, la velocidad será mayor.
2. Si es un material denso y tiene un elevado calor específico, la velocidad será más lenta, - porque se absorberá gran parte del calor que - se transporta antes de empezar a transmitir al go.

Así si K = conductividad (W/m grado C)

d = densidad (Kg/m³)

c = calor específico (J/Kg grado C)

la relación anterior puede expresarse por $K/(dxc)$: esta cantidad se representa por K y se denomina di fusividad térmica o conductividad de temperatura.

Las dimensiones de esta magnitud serán:

$$\kappa = \frac{K}{dxc} = \frac{W/m \text{ grado } c}{Kg/m^3 \times J/Kg \text{ grado } C} \frac{J/s \text{ m grado } C}{J/m^3 \text{ grado } C} \frac{m^2}{s}, (5).$$

Puede considerarse como el área superficial de una esfera sobre la que se extiende la temperatura en la unidad de tiempo. En la figura () da un método para determinar ϕ y a partir de la difusivi--dad.

En la práctica se utilizan el tiempo de retardo - (ϕ) y el factor de reducción (μ). Se puede calcular para una construcción determinada, pero el método es algo complicado y no esta bien probado. - Los valores de ϕ y también pueden determinarse -

experimentalmente. La figura () indica gráfica--mente estos valores y la tabla de "Tiempo de retardo" relaciona los valores de ϕ y de diversas construcciones utilizadas frecuentemente.

Una regla empírica para paredes de mampostería maci za, tierra y cemento, es $\phi = 10$ horas por cada 0.3 m. de espesor.

9.5.2 CALCULO DEL FLUJO PERIODICO DE CALOR

Se puede utilizar la ecuación de régimen estacionario $Q = A \times U \times T$ para hallar el balance de flujo calorífico o flujo calorífico medio, en un ciclo completo, según un régimen térmico con cambios periódicos. Para hallar la tasa instantánea de flujo calorífico, sólo se puede utilizar si la pared o el elemento considerado tiene una capacidad térmica despreciable.

Si se supone constante la temperatura interior (su posición razonable en ambientes controlados), se puede calcular sencillamente la tasa instantánea de flujo, si se divide en dos partes:

- a. primero se halla el flujo calorífico medio para un ciclo total (un día), utilizando la ecuación de estado estacionario, excepto que se toma la diferencia de temperatura entre la temperatura exterior media diaria y la temperatura interior.

$$Q' = A \times U \times (T_m - T_i), (6)$$

- b. se halla la desviación instantánea del flujo calorífico medio: si el tiempo de retardo de la pared es de ϕ horas, el flujo de calor dependerá ahora de la temperatura exterior ϕ horas antes: T_ϕ . Se halla la desviación, poniendo la diferencia de temperatura entre esta T_ϕ y la media. La transmitancia se modifica por el factor de reducción ().

$$Q'' = A \times U \times (T_\phi - T_m), (7)$$

Se pueden sumar las dos ecuaciones para obtener la que describe el flujo periódico de calor:

$$Q = A \times U \times [(T_m - T_i) + (T_\phi - T_m)], (8)$$

donde Q = flujo instantáneo de calor en W

A = área en m^2

V = transmitancia, W/m^2 grado C

T_m = temperatura media diaria exterior, $^\circ C$

T_i = temperatura interior (constante), $^\circ C$

T_ϕ = temperatura (sol-aire) exterior ϕ horas antes, $^\circ C$

= factor de reducción

ϕ = tiempo de retardo en horas

Es importante para el diseñador conocer el factor de reducción (μ) y el tiempo de retardo (ϕ) de diferentes materiales, espesores y combinaciones de materiales en varios elementos constructivos. Intenta conseguir aporte calorífico a través de los elementos de cierre cuando haya pérdidas de calor por otros canales (por ejemplo, ventilación), pero evita tal aporte cuando haya exceso de flujo calorífico hacia el interior del edificio. De esta forma la selección de una construcción con un tiempo de retardo apropiado es un factor esencial del diseño. El proceso podrá denominarse "balance en el tiempo"

La "capacidad térmica" es un factor que hay que considerar también en los climas moderados. Las estructuras de baja capacidad térmica o "respuesta rápida", se calientan rápidamente, pero también se enfrían con rapidez. Las estructuras con capacidad térmica grande, tendrán un "tiempo de calentamiento" mayor, pero conservarán el calor después de haberse apagado la fuente.

9.6 AISLAMIENTO BALANCEADO

La reducción del flujo de calor a través de un muro, se logra con mayor eficacia por medio del aislamiento por resistencia del material. La magnitud necesaria de aislamiento está en relación directa con la diferencia entre las condiciones térmicas del exterior y las necesidades de confort. Esta relación, puede basarse convenientemente en las temperaturas propias para el diseño en la zona particular de estudio, y expresarse como un "índice de aislamiento". Se sabe sin embargo, que las distintas orientaciones de las superficies de los muros para el efecto de la temperatura del aire y la radiación solar producen impactos de diferente temperatura, sumándose o restándose a la carga térmica de cada una. Sin embargo, empleando los valores del "aislamiento estabilizado" para responder a estas diferencias, las condiciones térmicas interiores pueden igualarse.

El método de cálculo para el aislamiento estabilizado, puede graficarse para la región. A continuación, puede verse un ejemplo donde se ha graficado el impacto calorífico para cada fachada de una planta imaginaria. En la parte central del gráfico se encuentra la planta de la edificación y en el sentido de las agujas del reloj, a cada lado de la planta, se indican las horas del día. En las direcciones principales, las temperaturas "sol-aire" se han dispuesto sobre la fachada. Las curvas de temperatura, calculadas para días sol en condiciones promedio para las superficies livianas, se relacionan con las condiciones de confort del invierno (21,1°C) y del verano 23,3°C. En la parte inferior se muestra el corte de la edificación para indicar los impactos del techo.

Por otra parte, los datos de la tabla muestran que la posición del aislamiento con respecto a la masa de elevada capacidad térmica, tiene un efecto muy

significativo sobre el tiempo de retardo y el factor de reducción. En una placa de hormigón de 0,10 m, la colocación de 0,04 m. de lana de vidrio, da la siguiente variación:

	tiempo de retardo : h	factor de reducción
Bajo de la capa	3	0,450
Encima de la capa	11,5	0,046

Tomado de Koenigsberger et al. (1977)

La razón de esto es evidente, si se observa el mecanismo del proceso (por ejemplo, en un clima cálido-seco):

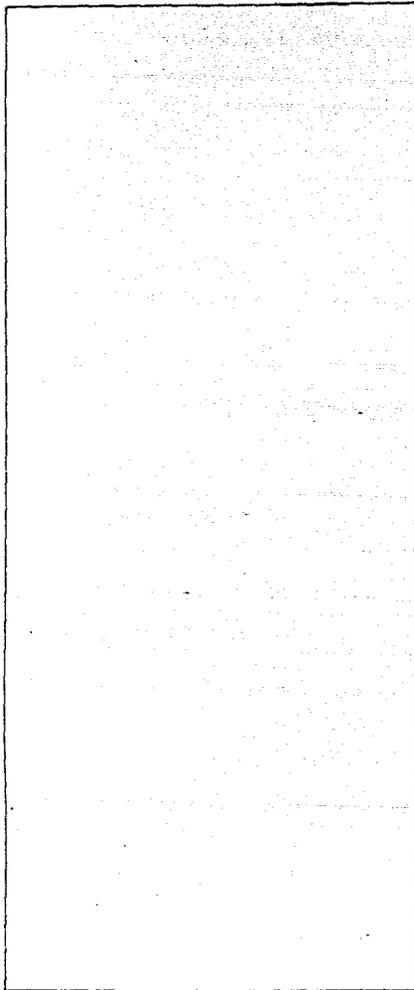
1. el aislamiento en la parte exterior reduce el flujo calorífico dentro de la masa -entrará menos calor en la masa en un tiempo dado, o llevará mucho más tiempo "llenar" la capacidad de almacenaje térmico de la masa.
2. el aislamiento en la parte interior no afectará el proceso de "llenado" y, aunque reducirá la emisión de calor al espacio interior, no cambiará la periodicidad.

En los climas cálidos, el objeto no consiste en almacenar durante el día todo el calor posible que entre por la superficie exterior, sino también en disipar durante la noche todo (o gran parte) este calor almacenado, de forma que por la mañana la estructura contenga el menor calor posible -para que toda (o la mayor parte) de su capacidad térmica- "vacía" dispuesta para absorber la próxima onda de calor.

El aislamiento aplicado no solo restringe la entrada, sino también la disposición de calor. Si el aislamiento es exterior, el calor almacenado sólo puede disiparse eficazmente hacia el interior. Para eliminarlo se necesitará una buena ventilación de la superficie interna con el aire frío nocturno.

Una cámara cerrada, es también un buen aislante - (R = 0, 15 m² grado c/w), aproximadamente igual a una pared de ladrillo de 180 mm. Como se ha visto que el aislamiento debe estar hacia el exterior de la masa principal, se deduce que ésta debe estar - localizada en la cara interna de la pared. La cara externa debe ser de una construcción ligera. - G.K. Kuba, sugiere que la cara externa debe construirse de bloques o ladrillos huecos, mejorando su aislamiento térmico al reducir la masa. También - ha probado el efecto de ventilar las cámaras y llegó a la conclusión de que la ventilación no conviene durante el día, pero la ventilación nocturna de la cámara contribuirá al enfriamiento de la pared -esto en los climas cálido-húmedos-.

El flujo de aire en la cámara debe ser ascendente durante la noche y descendente por el día. Las aberturas inferior y superior deben estar al mismo lado y estarán cerradas durante el día. Si los ventiladores no llevan dispositivo de cierre deben estar abiertos hacia el interior del edificio, que así se ventilará adecuadamente durante la noche. - Sin embargo, como una abertura en la cámara ocasionaría la entrada de insectos y otros animales, es mejor tener una cámara cerrada sin ventilación.



X. COMPORTAMIENTO TERMICO DE LA EDIFICACION

En el capítulo de "Aspectos Bioclimático", se definió al cuerpo como una unidad térmica definida que interactuaba caloríficamente con su entorno. Análogamente podemos considerar al edificio y a los diferentes sistemas que lo integran, como un "organismo", una unidad definida en sí mismo, donde se experimentan procesos predecibles, y por lo tanto controlables, de intercambio térmico con el ambiente exterior.

En esta analogía podemos llegar al punto de considerar procesos de termorregulación interna y externa, comparables a los del organismo humano, y que no vienen a ser otra cosa que los mecanismos de control térmico, lumínico y de humedad que se encargarán de mantener un balance ambiental en las condiciones óptimas preestablecidas.

Es aquí donde se trata de poner en práctica, a partir del conocimiento racional del funcionamiento térmico de la edificación, el postulado que define a la energía solar pasiva o sistemas pasivos de control térmico: aquellos en los que es el edificio, total o parcialmente, el instrumento de captación, acumulación y distribución de energía. Lo es de captación a través de vidrios, muros o cubierta; de acumulación, en su masa térmica, forjados, paredes y elementos adicionales, y de distribución, gracias a los mecanismos de transmisión térmica natural de los materiales de construcción o el aire.

Por otra parte, el comportamiento radiante de un elemento constructivo no es fijo, sino que depende en gran medida de la radiación incidente en él, de la naturaleza y procedencia de ésta, así como de el ángulo de incidencia. De aquí que sea tan de vital importancia conocer el comportamiento de la envoltura y de la estructura de los edificios sometidos a los elementos y factores de un clima dado. Ahora bien, estos "elementos y factores" no son -

otra cosa que la respuesta física a ciertos mecanismos de la materia que a su vez se rigen por "leyes" que en el caso específico que nos atañe se refieren a las de la "termodinámica", a lo que se hace necesariamente implícito el concepto de "energía".

Es un hecho bien conocido, que la energía no se crea ni se destruye, sino que se transforma. (1° ley de la termodinámica) La termodinámica es la ciencia que se encarga de estudiar la relación entre la energía y el calor, sus causas y efectos; y a través del análisis de la tasa de transferencia de calor que ocurre en un sistema, predecir algunas consecuencias del flujo calorífico. La energía -- transferida por flujo de calor no puede medirse directamente, pero el concepto tiene significado físico porque está relacionado con una cantidad medible llamada "temperatura". Desde hace tiempo se estableció que cuando en un sistema hay una diferencia de temperatura, el calor fluye de la región de mayor a la de menor temperatura (2° ley de la termodinámica).

En el estudio del comportamiento térmico de un sistema -- en nuestro caso, el edificio --, es esencial conocer la distribución de temperaturas en él, ya que siempre hay un flujo de calor cuando existe un gradiente de temperatura. Una vez que se conoce la distribución de temperatura, se determinará rápidamente por la ley que relaciona el flujo de calor con el gradiente de temperatura, una cantidad de interés práctico, el flujo de calor, que es la cantidad de calor transferido por unidad de área.

En el campo de la arquitectura se presenta el problema de determinar la distribución de temperatura y el flujo de calor. Por ejemplo, en la calefacción y refrigeración de edificios, es necesario hacer un análisis apropiado de la transferencia de calor para determinar la cantidad y calidad de aislamiento requerido para evitar pérdidas o ganancias excesivas de calor.

En el estudio de la transferencia de calor se suelen considerar tres formas distintas de transferencia: conducción, convección y radiación. En realidad, la distribución de temperatura en un medio se controla por los efectos combinados de estas tres formas de transferencia de calor; por tanto, no es posible aislar por completo una forma de la interacción de las otras dos. Sin embargo, en este apartado las estudiaremos por separado, pero no sin antes presentar un rápido repaso a los principios físicos y las magnitudes térmicas que coadyuvan en su funcionamiento intrínseco y que nos ayudará a comprender mejor estos mecanismos.

10.1 PRINCIPIOS FISICOS Y MAGNITUDES TERMICAS

Antes de analizar los procedimientos de control térmico, es necesario aclarar y reparar algunos hechos físicos básicos acerca de la naturaleza del calor y sus mecanismos de propagación. Sólo comprendiendo a cabalidad estos principios es posible acometer con éxito y científicamente, la tarea de hacer más confortable termicamente una edificación.

Temperatura:

La temperatura no es realmente una magnitud física pero puede decirse que es una consecuencia, algo así como la "expresión" del estado térmico de un cuerpo. Si se comunica energía a un cuerpo, aumenta el movimiento molecular de la materia de que está compuesto el cuerpo y éste experimente automáticamente un aumento en su temperatura. Si este movimiento molecular se extiende a otros cuerpos (por ejemplo, al aire) su intensidad dentro del cuerpo disminuye y éste se enfría.

La temperatura puede medirse a través de varias escalas, que en orden de aceptación y uso podemos enumerar: Celsius, Fahrenheit, Kelvin y Rankin. Sin embargo, como dijimos al principio, la más común y aceptada, y, de hecho, la que utilizaremos en el resto de este trabajo es la escala Celsius o grados centígrados.

La escala Celsius se construye tomando los puntos de congelación y ebullición del agua (a presión atmosférica al nivel del mar), como puntos fijos y dividiendo el intervalo en 100 grados.

Cualquier posición sobre esta escala, es decir, la temperatura de un objeto se anota °C, pero un intervalo o diferencia de temperatura se representa en grados °C.

Así la temperatura interior es 22°C
y la exterior 4°C
La diferencia es 18 grados C

En los trabajos científicos se suele utilizar la escala Kelvin, en la que el intervalo de temperatura es igual al de la escala Celsius, pero el punto "cero" es el "cero absoluto" que vale $-273,15^{\circ}\text{C}$.

Así N grados C = N grados K
pero $N^{\circ}\text{C} = N + 273,15^{\circ}\text{K}$

Calor:

El calor es una forma de energía que aparece como movimiento molecular en la materia o como "calor radiante", una banda de longitud de onda de radiación electromagnética en el espacio (700 a 10000 nm). Como tal se mide en unidades de energía: Julios (J)

El julio se deriva de tres unidades básicas:

longitud = metro (m)

masa = Kilogramo (Kg)

tiempo = segundo (s)

de un modo lógico y coherente como sigue:

a. velocidad - un movimiento de longitud unidad en la unidad de tiempo, metros por segundo: m/s

b. aceleración - variación unidad en la velocidad - por unidad de tiempo, $\frac{\text{m/s}}{\text{s}} = \text{m/s}^2$.

c. fuerza - la que puede producir la aceleración -- unidad en un cuerpo que tenga una masa unidad - $\text{m}/2 \times \text{Kg} = \text{Kg Kg m/s}^2$. Esta unidad recibe el nombre especial de "Newton":

Adviértase que como la aceleración de la gravedad -

es de 9.8 m/s^2 , la fuerza gravitatoria que actúa sobre 1 Kg de masa, es decir el "peso" de 1 Kg o 1 Kgf (Kilogramo-fuerza) es 9.8 N. Es preferible hablar, entonces, de masa o fuerza antes que de "peso" y así no se corre el riesgo de confundir las unidades de masa Kg con las unidades de fuerza Kgf.

d. trabajo - se realiza el trabajo unidad cuando una fuerza unidad actúa en una unidad de longitud (es decir, si se da a un cuerpo de 1 Kg masa una velocidad de 1 m/s), así la unidad de trabajo es $N \times m = \text{Kgm/s}^2 \times m = \text{Kgm}^2/\text{s}^2$ y esta unidad recibe el nombre de "julio": (J)

e. energía - es el potencial o capacidad para realizar cierto trabajo, y por eso se mide en la misma unidad de trabajo: (J)

La British Thermal Unit (Btu) se define como la cantidad de calor necesaria para elevar 1 grado F la temperatura de 1 lb de agua.

La kilocaloría se define como la cantidad de calor necesaria para elevar 1 grado C la temperatura de 1 Kg de agua.

Ahora estas dos unidades de medida de calor prácticamente han quedado anticuadas. Se pueden convertir en unidades si utilizamos los siguientes factores de conversión:

1 Btu = 1055,06 J

1 Kcal = 4186,8 J

El calor específico de un material es la cantidad de energía calorífica necesaria para incrementar en 1°C la temperatura de la masa unidad del material.

Se mide en:

Cuanto más elevado es el calor específico de una sustancia más calor absorberá para un incremento dado de temperatura. El agua, entre todas las sustancias comunes, es la que tiene el calor específico más elevado: $4187 \text{ J/Kg grado C}$

Para los gases el calor específico volumétrico se expresa en: $\text{J/m}^3^\circ\text{C}$.

El calor específico volumétrico del aire es de unos $1300 \text{ J/m}^3^\circ\text{C}$ (varía con la presión y la humedad).

El calor latente de una sustancia es la cantidad de energía calorífica absorbida por unidad de masa de la sustancia durante un cambio de estado sin que haya cambio de temperatura. Se mide en:

Para el agua el calor latente es:

de fusión (hielo a 0°C a agua a $^\circ\text{C}$) 335 KJ/Kg

de evaporación a 100°C 2261 KJ/Kg

de evaporación a unos 20°C 2400 KJ/Kg

Durante los cambios de estado en sentido inverso se desprende la misma cantidad de calor.

La capacidad calorífica de un cuerpo es el producto de su masa por el calor específico de su materia. Se mide como la cantidad de calor necesaria para producir en el cuerpo el incremento de una unidad de temperatura, en unidades $\text{J/}^\circ\text{C}$.

La potencia calorífica es la cantidad de calor desprendido por unidad de masa de un combustible o un alimento en su combustión completa, y se mide en: J/Kg .

La potencia calorífica por volumen se miden en J/m^3

El flujo calorífico es el nombre que recibe el fenómeno por medio del cual la energía calorífica tiende a distribuirse hasta conseguir formar un campo

térmico uniforme perfectamente distribuido. Tienen de fluir de las zonas de temperatura alta a las de baja temperatura, por alguno o por todos los sistemas siguientes:

Conducción

Convección

radiación.

El "motor" del flujo calorífico de cualquiera de estas formas es la diferencia de temperatura entre las dos zonas o áreas consideradas. Cuanto mayor es la diferencia de temperatura más rápido es el flujo calorífico.

A continuación haremos una síntesis de los principios físicos y de las magnitudes implicadas.

- Tasa de flujo calorífico:

La potencia es la capacidad para llevar a cabo cierto trabajo en la unidad de tiempo: se mide en julios por segundo, J/s, y recibe el nombre específico de "watio":

Si pensamos en la potencia como la tasa de consumo energético se observará que se puede utilizar la misma unidad para medir la tasa de flujo energético. Este flujo energético puede ser el flujo de calor a través de una pared, el calor desprendido de una planta de refrigeración, el flujo de calor radiante de un radiador eléctrico, el flujo de electricidad a través de una lámpara, etc. En todos estos casos la energía fluye o se consume, y es la tasa de este flujo la que medimos en watios.

El watio tiene las mismas características dimensionales físicas que el Btu/h, la Kcal/h, el ergio/s o el caballo de vapor (hp). Para convertir antiguas unidades en watios se deben utilizar los siguientes factores de conversión:

1 hp (Brit.)	= 745,7 w
1 CV (métrico)	= 735,5 w
1 Btu/h	= 0,293 w
1 Kcal/h	= 1,163 w
1 erg/s	= 0,0000001 W (10 ⁻⁷ W)
1 ton de refriger.	= 3516 w

El elemento común de todas estas unidades es que - todas son unidades de energía por unidades de tiempo.

Densidad de la tasa del flujo calorífico: Cuando hay que medir la tasa total del flujo calorífico, con una unidad identificable (por ejemplo, la pérdida de calor de un edificio, la radiación a través de una ventana, etc.) la unidad que se utiliza es el W o el KW.

Sin embargo, no siempre existe un área definida en la que pueda medirse el flujo calorífico, por ejemplo, la radiación a través de una pared indefinida

En tales casos se puede medir la tasa de flujo calorífico en relación con la unidad de área, es decir la densidad de esa tasa de flujo calorífico. - La unidad de medida es el watio por metro cuadrado:

(A menudo se utiliza la palabra intensidad como sinónimo de densidad, por lo que la intensidad de un sonido o la intensidad de radiación solar se mide en W/m²).

La conductividad puede definirse como el flujo calorífico, de movimiento molecular, a través de un cuerpo o a través de cuerpos en contacto directo. La velocidad a la cual se propaga tal movimiento molecular (calor) varía con el material y se describe como una propiedad del material -su conductividad térmica (K). Se mide como la tasa de flujo calorífico (flujo de energía por unidad del mate-

rial, cuando existe una unidad de diferencia de temperatura entre ambos lados. La unidad de medida sería así $W \times m/m^2 \text{ grado C}$, que puede simplificarse $W/m \text{ grado C}$. su valor varía entre 0,03 W/ grado C para materiales aislante, y por encima de 400 W/m - grados C para los metales. Cuanto más baja es la conductividad, mejor aislante es el material. (1).

La resistividad es el recíproco de esa magnitud -- $(1/K)$ medida en: m grados C/w, (2).

Los mejores aislantes tendrán los valores de resistividad altos, como ya vimos en las tablas del capítulo IX ("Características físico-térmicas de los materiales").

Con frecuencia se toma la densidad como indicador - de la conductividad, esto obedece a que: los materiales de mayor densidad tienen normalmente una conductividad más alta, pero no existe relación directa o causal entre las dos magnitudes. La relación aparente se debe al hecho que el aire tiene una conductividad muy baja y como los materiales ligeros - suelen tener un gran porcentaje de aire intramolecular, y por consecuencia ser muy porosos, su conductividad suele ser baja. En otras palabras, entre - más cerca estén unas moléculas de otras, y por consiguiente, más efectivo sea el paso de energía térmica de unas a otras, mejor será la conductividad - del material. Sin embargo, existen muchas excepciones, por ejemplo:

	densidad Kg/m ³	conductividad w/m grado C
Ebonita dilatada	64	0,029
Manta de lana de vidrio	24	0,042
Hormigón con escoria	1280	0,338
Cemento arcilloso expandido	1200	0,460
Acero	7800	58
Aluminio	2700	220

Tomado de Koenigsberger, Szokolay et al (1977).

De los tres pares el segundo elemento es más ligero, pero tiene una conductividad más alta.

La relación es cierta para materiales de la misma clase, pero de densidades variables, o para el mismo material con diferentes densidades, debido a variaciones en el contenido de agua.

El agua tiene una conductancia de 0,580 w/m grado C mientras que el aire sólo tiene 0,026 w/m grado C

Por consiguiente, si se sustituye el aire en los poros de un material por agua, su conductividad aumenta rápidamente.

En conclusión, cuanto más poroso es un material, mayor será el incremento de conductibilidad con el contenido de humedad.

Conductancia es la tasa de flujo calorífico a través de una unidad de área del cuerpo (densidad de la tasa del flujo calorífico) cuando la diferencia de temperatura entre las dos superficies es de 1 grado C.

La unidad de medida es w/m² grado C y la resistencia se mide en m²/grado c/w

Si bien, la conductividad y resistividad son propiedades de un material, las correspondientes propiedades de un cuerpo de un espesor dado se conocen por conductancia (c) o su recíproco, resistencia (R): $C = \frac{1}{R}$, (3)

La resistencia de un cuerpo es el producto de su espesor por la resistividad del material:

$$R = b \times \frac{1}{K} = \frac{b}{K}, (4).$$

donde b es el espesor en metros (dimensión: m x m grado c/w = m² grado c/w).

Si un cuerpo consta de varias capas de materiales distintos, su resistencia total será la suma de las resistencias individuales de las capas. La conductancia de un cuerpo de varias capas (cb) se calcula hallando su resistencia total Rb y tomando su recíproco:

$$\begin{aligned} R_b &= R_1 + R_2 + R_3 \dots = \frac{b_1}{K_1} + \frac{b_2}{K_2} + \frac{b_3}{K_3} \\ &= \frac{b}{K} \\ C &= \frac{1}{R} = \frac{1}{b/K}, (5). \end{aligned}$$

Las conductancias no son aditivas, sólo lo son las resistencias.

Conductancia superficial: Además de la resistencia de un cuerpo al flujo calorífico, existe otra resistencia en la superficie del cuerpo, donde una delgada capa de aire separa el cuerpo del aire del entorno. Recibe el nombre de resistencia superficial y vale 1/f (m² grado c/w) siendo f la conductancia superficial (W/m² grado C).

La conductancia superficial comprende las componentes convectiva y radiante del intercambio calorífico en las superficies.

En los párrafos anteriores se consideró el flujo calorífico desde una superficie del cuerpo a otra superficie (conductividad). La conductancia se definió en esos términos. Si se considera el flujo calorífico desde el aire de una parte, a través del cuerpo, al aire de la otra parte, habrá que tener en cuenta ambas resistencias superficiales.

La resistencia total aire a aire (R) es la suma de las resistencias del cuerpo y las resistencias superficiales.

$$R_a = \frac{1}{f_i} + R_b + \frac{1}{f_o}, (6).$$

donde: $1/f_i$ = resistencia superficial interna

R_b = resistencia del cuerpo

$1/f_o$ = resistencia superficial externa

(todas las resistencias en m^2 grados c/w).

La conductancia superficial (f) es función de la calidad superficial y de la velocidad del aire que pasa por la superficie.

La transmitancia aire a aire, es el recíproco de la resistencia aire a aire, y se representa por U :

$$U = 1/R_a \quad , (7).$$

Su unidad de medida es igual que la de la conductancia $-w/m^2$ grado C- con la única diferencia de que habrá que considerar la diferencia de temperatura del aire (y no la diferencia de temperatura superficial).

Es esta la magnitud más utilizada en los problemas de pérdida y ganancia de calor en los edificios, ya que su empleo simplifica grandemente los cálculos.

Cámaras: Si dentro de un cuerpo existen espacios de aire, o cámaras, a través del cual se considera la transferencia de calor, eso supondrá otra barrera al paso del calor. Se denomina "resistencia de la cámara" (R_c) y se puede sumar a las otras resistencias descritas anteriormente.

Como máximo el valor de R_c de una cámara vacía puede ser la suma de una resistencia superficial interna y otra externa ($0,176 m^2$ grado c/w), pero a menudo suele ser inferior si la cámara es más estrecha de 50 mm o si se desarrollan dentro de la cámara corrientes convectivas. Su valor puede mejorar significativamente, colgando libremente una hoja de aluminio dentro de la cámara, la función -

de esta hoja se explicará al estudiar los efectos de la radiación.

La convección es una forma de transporte de calor mediante el movimiento corpuscular de un medio portador, normalmente un fluido. Este movimiento puede ser autogenerado, es decir debido sólo a fuerzas térmicas internas o puede ser propulsado mediante una fuerza aplicada desde el exterior.

La tasa de transferencia calorífica por convección depende de tres factores:

1. diferencia de temperaturas del fluido
2. velocidad de movimiento del medio portador en función de Kg/s o m^3/s
3. calor específico del medio portador en J/Kg grado C o J/m^3 grado C.

Estas magnitudes se aplican en los cálculos de pérdida de calor por ventilación o refrigeración.

La Radiación es otro medio de transferencia calorífica, donde el flujo de calor depende de las temperaturas de las superficies emisora y receptora y de ciertas calidades de estas superficies: la emisividad y la absortancia.

La radiación que llega a una superficie puede ser parcialmente absorbida y parcialmente reflejada: la proporción de estas dos componentes se expresa mediante los coeficientes de absortancia y reflexividad.

La suma de los dos coeficientes es siempre la unidad:

$$a + r = 1$$

La absortividad es la proporción de la radiación incidente que se absorbe y/o se transmite a través

de la superficie sobre la que incide.

La reflexividad es la proporción de la radiación - incidente que se refleja sobre la superficie de in cidencia.

La reflexividad es una magnitud fuertemente direc- cional, muy variable según el ángulo de incidencia.

La radiación reflejada presenta la misma longitud de onda que la radiación incidente; sólo varía su intensidad y su dirección.

La emisividad de un cuerpo mide su capacidad para emitir radiación térmica. Para cualquier cuerpo - opaco su emisividad es igual a su absorptividad, pa ra radiaciones de una misma longitud de onda.

Sobre los elementos constructivos inciden radiacio- nes "cortas" (solares) y "largas" (terrestres); - presentarán pues dos órdenes generales de absorpti- vidad. Pero cualquiera que sea la radiación inci- dente, el margen de las temperaturas que presentan normalmente los elementos constructivos determinan que su emisión radiante corresponda siempre al ti- po de radiación larga, infrarroja.

El "cuerpo reflejante" se caracteriza por nula ab- sortividad y máxima reflexividad.

Toda la radiación incidente es reflejada; el inter- cambio térmico por radiación es nulo, al serlo la absorptividad y la emisividad. Un cuerpo con alta reflexividad tiene dificultad en perder por radia- ción su energía térmica.

El "cuerpo negro" perfecto se caracteriza por su -- máxima absorptividad y nula reflexividad. Toda la radiación incidente, de cualquier longitud de onda es absorbida y re-radiada.

Con la excepción de las superficies metálicas brillantes, todas las superficies correspondientes a elementos constructivos se comportan frente a las radiaciones largas casi como cuerpos negros, independientemente de su color y acabado. Frente a las radiaciones infrarrojas, una pared recién encajada opera prácticamente como un cuerpo negro. Por ello si se desea proteger una pared, protegida de la radiación solar directa, pero expuesta a radiaciones indirectas "largas", no tendrá ningún sentido encalarla: la única solución técnica, bastante costosa, consistiría en revestirla con laminas metálicas brillantes. Sería más lógico desviar el camino y sustituirlo por una masa de vegetación que absorbiera la radiación infrarroja y la disipara por convección y evapotranspiración.

La Temperatura sol-aire es un concepto utilizado en el diseño de edificios, resultado de combinar el efecto calorífico de la radiación incidente sobre un edificio con el efecto del aire caliente. Se halla un valor de la temperatura que produciría el mismo efecto térmico que la radiación incidente en cuestión y este valor se añade a la temperatura del aire.

$$T_s = T_o + \frac{l \times a}{f_o} \quad , (8).$$

donde T_s = temperatura sol-aire, en °C.

T_o = temperatura del aire exterior, en °C

l = intensidad de la radiación, en W/m^2

a = absortancia de la superficie

f_o = conductancia superficial (exterior), - W/m^2 grado C.

El concepto de conductancia superficial ya ha sido explicado anteriormente. Sin embargo, es necesario señalar que mientras en un clima frío un valor más pequeño de f_o contribuiría a reducir la pérdida de calor, en un clima cálido (en una situación

de ganancia calorífica solar) conviene un valor mayor de f_o para reducir el sobrecalentamiento solar. La razón es que la radiación incidente aumenta la temperatura superficial por encima de la temperatura del aire, por lo que parte de calor se disipa al aire externo inmediatamente. Cuanto mayor es el valor de f_o , más calor se disipará antes de que pueda transmitirse por conducción a través del material de la pared.

De la ecuación de temperatura sol-aire anterior, el equivalente de temperatura de la ganancia de radiación (exceso sol-aire) es:

$$T_s - T_o = \frac{l \times a}{f_o}$$

Así el flujo calorífico extra por unidad de área (causado por la radiación) es:

$$q = \frac{l \times a}{f_o} \times U \quad (\text{en } W/m^2), \text{ De aquí el } \underline{\text{factor de ganancia solar}} \text{ es: } q/l = \frac{a \times U}{f_o} \left(\frac{W/m^2}{W/m^2} \right) = \text{sin dimensiones}.$$

Este factor de ganancia solar se define como el flujo calorífico a través de la construcción, debido a la radiación solar expresado como fracción de la radiación solar incidente. Como este valor puede estar relacionado con el aumento de la temperatura superficial interna, se puede establecer un requisito de acción basado en la experiencia en función de este factor de ganancia solar.

Su valor no debe exceder de 0,04 en los climas templados-húmedos, o de 0,03 en la estación cálida-seca de los climas compuestos, con ventilación reducida.

Puede suponerse un valor constante para la conductancia superficial externa, tal como $f_o = 20 \text{ w/m}^2 \text{ - grado C.}$

10.2 TRANSFERENCIAS TERMICAS CON EL EXTERIOR A TRAVES DE LA ESTRUCTURA DE UN EDIFICIO

En relación con el control del ambiente térmico interior, al diseñar un edificio hay que tener en cuenta los distintos fenómenos de intercambio térmico entre éste y su entorno.

Estos fenómenos se manifiestan en las siguientes condiciones:

- a) Ganancias o pérdidas de calor por transferencia térmicas con el aire exterior por conducción a través del cerramiento, cuya medida se representará por Q_c .
- b) Ganancias de calor instantánea por penetración directa de la radiación solar a través de las aberturas transparentes (ventanas), se representará Q_s .
- c) Ganancia o pérdida de calor por entrada o salida de aire, debido a la necesidad de renovación del aire interior, con aire fresco exterior (ventilación), y su medida se representa por Q_u .
- d) Ganancia interna de calor por emisión calorífica del cuerpo humano, lámparas, motores, etc. - Se puede representar Q_i .
- e) Puede producirse deliberadamente un aporte o eliminación de calor (calentamiento o enfriamiento), utilizando alguna fuente externa de energía. El flujo calorífico de estos controles mecánicos se representa por Q_m .
- f) Por último, si se produce evaporación en las superficies del edificio o dentro de él y se elimina el vapor, se producirá un efecto de enfriamiento, que se presentará por Q_e .

El balance térmico, es decir la condición térmica existente se manifiesta así:

$$Q_i + Q_s \pm Q_c \pm Q_u \pm Q_m - Q_e = 0, (9).$$

Si la ecuación es negativa el edificio se enfriará, o viceversa.

Conducción

La medida de flujo calorífico por conducción a través de una pared de área dada se puede expresar mediante la ecuación:

$$Q_c = A \times U \times T$$

donde Q_c = flujo calorífico por conducción, en W

A = área, en m^2

U = transmitancia, en W/m^2 grado C

T = diferencia de temperaturas.

Para un edificio rodeado por varios elementos y con diferencias de temperaturas que varían de lado a lado, la ecuación anterior se resuelve para cada elemento y se suman los resultados.

Si se considera la pérdida de calor de un edificio.

$$T = T_i - T_o$$

Si se calcula la ganancia de calor en edificios con aire acondicionado:

$$T = T_o - T_i$$

y, por último, si una superficie está también expuesta a la radiación solar:

$$T = T_s - T_i$$

en donde T_i = temperatura del aire interior.

Convección

El flujo calorífico por convección entre el interior de un edificio y el aire libre, depende de la ventilación, es decir del intercambio de aire. Este intercambio puede deberse a una infiltración de aire involuntario o a una ventilación deliberada. La ventilación se expresa en m^3/s .

La medida del flujo térmico de ventilación se realiza mediante la ecuación.

$$Q_u = 1300 \times V \times T, (10).$$

donde Q = medida del flujo calorífico de ventilación, en W

1300 = calor específico volumétrico del aire, J/m^3 grado C

V = ventilación, en m^3/s

T = diferencia de temperatura, grados C

Si se da el número de renovaciones de aire por hora (N) la ventilación se halla por:

$$v = \frac{N \times \text{volumen de la habitación}}{3600}$$

donde 3600 es el número de segundos de 1 hora.

10.2.1 PENETRACION DE ENERGIA SOLAR A TRAVES DE - CIERRES TRASLUCIDOS O TRANSPARENTES

La transmisión de energía solar a través de las superficies transparentes o traslúcidas de cerramiento exterior del edificio es prácticamente instantánea. La cuantía de esa ganancia calorífica para una zona del edificio y en un momento dado depende rá: a) de la orientación de la superficie y b) de las características de reflexión y absorción del material que la recubre (si lo hubiese).

Cuando el sol está en el cénit el espesor de la capa de la atmósfera que ha de atravesar es mínimo y por tanto, la irradiación solar máxima. En esa situación la incidencia de los rayos solares sobre un tejado horizontal es prácticamente normal por lo que a través de aberturas en tejados, tales como lucernarios, la ganancia calorífica máxima por radiación solar directa se alcanza hacia el mediodía.

La ganancia calorífica por radiación solar a través de puertas y ventanas es inferior a la que se obtiene a través de lucernarios en tejados, ya que las aberturas en paredes no reciben radiación directa cuando el sol está en el cénit, y en otras condiciones la trayectoria inclinada de los rayos solares al recorrer mayor espesor de la capa de aire, reduce la intensidad calorífica. Por todo ello los problemas más importantes para el control térmico derivado de las aberturas en el edificio se presentan en situaciones de irradiaciones solares máximas. En ellas, la protección del espacio interior de la radiación directa puede conseguirse de dos formas: 1) eligiendo la orientación de las aberturas de manera que se reduzca al mínimo la penetración directa de esta radiación, o 2) protegiendo las aberturas que deban estar expuestas a la radiación directa, si ésta puede influir desfavorablemente sobre el confort.

Si se conoce la intensidad de la radiación solar - (1) que incide sobre el plano de la ventana - expresada como densidad de flujo energético (W/m^2) - sólo habrá que multiplicarla por el área del hueco (m^2) para obtener el flujo calorífico en vatios.

Esto daría el flujo calorífico a través de una abertura sin cristal. Para ventanas con cristales se reduce este valor por medio de un factor de ganancia solar (ϕ) que depende de la calidad del cristal y del ángulo de incidencia.

Por consiguiente, la ecuación del flujo calorífico solar queda establecida:

$$Q_s + A \times I \times \phi$$

donde A = área de la ventana, en m^2

I = densidad del flujo calorífico de radiación, en W/m^2

ϕ = factor de ganancia solar del cristal de la ventana.

10.2.2 GANANCIA INTERNA DE CALOR

El desprendimiento de calor del cuerpo humano (dentro de un edificio) es un aporte de calor para el edificio. En consecuencia, debe seleccionarse la adecuada tasa de calor desprendido y multiplicarse por el número de ocupantes. El resultado en wattios será un componente significativo de Q_i .

La cantidad total de emisión de energía de las lámparas eléctricas debe considerarse como un aporte interno de calor. La mayor parte de esta energía, se emite en forma de calor (95% para lámparas incandescentes y 79% para las fluorescentes) y la parte emitida como luz, cuando incide en las superficies, se convertirá en calor.

En consecuencia, hay que añadir la potencia total en wattios de todas las lámparas del edificio (encendidas) a la Q_i .

Si en el mismo espacio considerado está solo un motor y su eficacia es E , entonces su potencia útil $W \times E$ se utiliza en otra parte, pero el flujo calorífico W (-) contribuirá a aumentar la Q_i .

Si en el mismo espacio hay un motor eléctrico y una máquina accionada por él, hay que tomar como Q_i la potencia total en wattios del motor. (Si se conoce la potencia en CV del motor, su potencia en wattios se halla: $W = 736 \times CV$).

10.2.3 EVAPORACION

La tasa de enfriamiento por evaporación sólo puede calcularse si se conoce la propia tasa de evaporación. Si ésta se expresa en Kg/h, la pérdida de calor correspondiente será:

$$Q_e = 666 \times \text{Kg/h}$$

como el calor latente de evaporación del agua a unos 20°C es aproximadamente 2400 KJ/Kg, será:

$$2400000 \text{ J/h} = \frac{2400000}{3600} \text{ J/s} = 666 \text{ W}$$

El cálculo de la tasa de evaporación es una labor que pocas veces se puede realizar con exactitud, ya que depende de muchas variables, tales como: humedad disponible, humedad del aire, temperatura de la humedad del aire y velocidad de movimiento de éste. Por lo que casi nunca se realiza, no teniendo en cuenta la pérdida de calor en los cálculos o sólo se maneja cuantitativamente.

El enfriamiento por evaporación se utilizará para reducir la temperatura del aire "cuanto sea posible".

Cálculo de la pérdida de calor

El método de cálculo se desprende mejor a partir de un ejemplo sencillo: una oficina de 5m x 5m y 2.5 m de alto está situada en un piso intermedio de un gran edificio; por lo tanto, sólo tiene una pared expuesta al sur, siendo todas las demás contiguas a otras habitaciones que se mantienen a la misma temperatura:

$$T_i = 20^\circ\text{C}$$

La ventilación es igual a tres renovaciones por hora, tres lámparas de 100 W están siempre encendidas

para iluminar la parte posterior, que se utiliza para cuatro empleados.

La pared expuesta de 5 x 2.5 m consta de una ventana sencilla de cristal, de 1.5 x 5m = 7.5 m²; V = 4,48 W/m² grado C

y una pared de cemento clinker, de 200 mm en lucida y enyesada, de 1 x 5m = 5m²; V = 1.35 W/m² grado C solución:

$$\text{Diferencia de temperatura } (\Delta T) = 20^\circ\text{C} - (-1^\circ\text{C}) = 21 \text{ grado C}$$

$$Q_c = (7.5 \times 4.48 + 5 \times 1.35) 21 = 33.60 + 6.75) 21 = 40.35 \times 21 = 847 \text{ W}$$

$$\text{el volumen de la habitación es } 5 \times 5 \times 2.5 = 62.5 \text{ m}^3$$

Así la tasa de ventilación es:

$$\frac{62.5 \times 3}{3600} = \frac{187.5}{3600} = 0.052 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_u = 1300 \times 0.052 \times 21 = 1420 \text{ W}$$

Las tres bombillas y las cuatro personas producen:

$$Q_i = 3 \times 100 + 4 \times 100 = 300 + 560 = 860 \text{ W}$$

Como no hay radiación solar y no se consideran las pérdidas por evaporación, la ecuación de balance térmico es:

$$Q_i - Q_c - Q_u + Q_m = 0$$

sustituyendo los valores calculados:

$$860 - 847 - 1420 + Q_m = 0$$

$$-1047 + Q_m = 0$$

$$Q_m = 1047 \text{ W}$$

Debe proporcionarse calor según esta proporción, o

redondeando, a una tasa de 1.5 Kw.

Cálculo de la ganancia de calor

Utilizaremos el ejemplo anterior a excepción de:

To = 26°C y la radiación incidente (\dot{q}) = 580 W/m²
absortancia de la superficie de la pared 2 = 0.4
conductancia superficial fo = 10 W/m² grado C
factor de ganancia solar de la ventana ϕ = 0.75

Solución:

La diferencia de temperatura es (ΔT) = 26°C - 20°C = 6 grados C para la conducción a través de la ventana y para el flujo calorífico de ventilación, pero hay que hallar la temperatura sol-aire para la superficie opaca

$$T_s = 26 + \frac{580 \times 0.4}{10} = 26 + 23.2 = 49.2^\circ\text{C}$$

Así para la pared de antepecho T = 49 - 20°C = 29 grados C

$$\begin{aligned} Q_c &= (7.5 \times 4.48 \times 6) + (5 \times 1.35 \times 29) \\ &= (33.60 \times 6) + (6.75 \times 29) = 201.6 + 195.75 = 397 \text{ W} \\ Q_s &= 7.5 \times 580 \times 0.75 = 3270 \text{ W} \\ Q_u &= 1300 \times 0.052 \times 6 = 405 \text{ W} \\ Q_i &= \text{como antes} \end{aligned}$$

Como no se consideran pérdidas por evaporación la ecuación del balance térmico es:

$$860 + 3270 + 397 + 405 + Q_m = 0$$

$$4932 + Q_m = 0$$

$$Q_m = -4932 \text{ W}$$

El sistema de refrigeración debe ser capaz de eli-

minar calor en esa proporción, o redondeado, 5 Kw.

Si hay que eliminar calor en esa proporción mediante aire frío circulante, la cuestión es: ¿Cuál es la tasa de intercambio de aire?

El abastecimiento de aire, para evitar corrientes - frías, debe hacerse a unos 16°C: este aire, mezclado con el de la habitación, debe mantenerse en el interior a 20°C. Por consiguiente la diferencia de temperatura (aire de retorno menos aire suministrado) es:

$$T = 20^\circ\text{C} - 16^\circ\text{C} = 4 \text{ grados C}$$

Qu = tiene que ser 5000 w. Así la ecuación:

$$Q_u = 1300 \times V \times 4 = 5200 \times V$$

Por consiguiente, el caudal de abastecimiento de aire (V) tendrá que ser:

$$V = \frac{5000}{5200} = 0.962 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para evitar corrientes, hay que limitar la velocidad de entrada del aire aproximadamente a 2 m/s y el orificio de entrada tendrá que ser de:

$$\frac{0.962 \text{ m}^3/\text{s}}{2 \text{ m/s}} = 0.481 \text{ m}^2$$

Si en el primer ejemplo hubiera que suministrar calor requerido de 1.5 Kw mediante calefacción por aire caliente, el problema sería similar: habría que suministrar aire como medio portador de calor.

De nuevo aquí se toma la temperatura del aire de retorno como temperatura ambiente (20°C), pero la temperatura del aire suministrado tendrá que ser más alta si queremos aportar calor a la habitación. Con difusores de entrada de aire normales resultará aceptable una temperatura de 26°C para el aire suministrado; con unidades de inducción se requiere normal

mente 30°C. Así, con una diferencia de temperatura de 10 grados C, el caudal de aire suministrado será:

$$Q_u = 1300 \times V \times T$$

$$1500 = 1300 \times V \times 10$$

$$V = \frac{1500}{1300} = 0.115 \text{ m}^3/\text{s}$$

Transmitancia de paredes compuestas

Si no tenemos la transmitancia (V) de la pared que se intenta construir, se calcula como se indica en el siguiente ejemplo:

Supongamos una pared orientada al poniente que consiste de los siguientes elementos:

114 mm de ladrillos prensados	K = 1,150 W/m grado C
50 mm de cámara	Rc = 0,176 m ² grado C/w
100 mm de bloques de hormigón denso	K = 1,440 W/m grado C
25 mm de plancha de lana de vidrio	K = 0,093 W/m grado C
12 mm de enlucido	K = 0,461 W/m grado C
resistencia superficial	1/fo = 0,076 m ² grado C/w
	1/fi = 0,123 m ² grado C/w

Como primera etapa se obtienen los datos anteriores de una tabla de transmitancia en materiales. - Después se calculan (en m² grado c/w) las resistencias de las capas individuales procediendo de fuera adentro (en m² grado C/w).

superficie: $1/fo = 0,076$

ladrillo: $b/K = \frac{0,114}{1,150} = 0,099$

cámara: $Rc = 0,176$

hormigón: $b/K = \frac{0,100}{1,440} = 0,069$

lana de vidrio: $b/K = \frac{0,025}{0,093} = 0,269$

yeso: $b/K = \frac{0,012}{0,461} = 0,025$

superficie: $1/fi = 0,123$

Resistencia total: $Ra = 0,837$

$$U = \frac{1}{Ra} = \frac{1}{0,837} = 1,19 \text{ W/m}^2 \text{ grado C}$$

10.3 CONTROL SOLAR: TÈRMICO, LUMINICO

Podemos resumir el problema de los controles ambientales así: asegurar las mejores condiciones térmicas interiores posibles contando con controles pasivos, que eviten al máximo el uso o la necesidad de recurrir a cualquier tipo de control mecánico (activo), o al menos reducir al mínimo su funcionamiento.

Aislamiento térmico

Una edificación que tenga una transmitancia baja (aire-aire) reducirá todas las formas de transferencia de calor por conducción a través de la estructura del edificio. Entre mayor sea la diferencia de temperatura mayor será el flujo de energía; cualquier mejora del aislamiento térmico no reducirá el flujo de manera significativa.

El aislamiento funciona mejor en condiciones ambientales estacionarias o sí, al menos, el sentido del flujo calorífico es constante durante largos períodos de tiempo, especialmente si se trata de edificios con calefacción o aire acondicionado. Cuando cambia dos veces el sentido del flujo calorífico en cada ciclo de 24 horas, disminuye la importancia del aislamiento.

Capacidad térmica

Bajo condiciones en las que reinen grandes variaciones diarias de temperatura tendrá más significado la capacidad térmica que el aislamiento, considerando como este último al aislamiento resistivo que causan los materiales de baja conductividad y las edificaciones de baja transmitancia.

Ahora bien, para saber que tanta capacidad térmica se necesita o cual ha de ser el tiempo de retardo más aconsejable, es necesario seguir un procedi-

miento particular para cada elemento que haya de funcionar bajo esas condiciones.

La cuestión se resuelve trazando un gráfico de las variaciones de temperatura exterior (sol-aire) para cada pared y estableciendo con él, que tiempo exigirá o se tolerará el efecto de calentamiento interior máximo. En la figura siguiente (Koenigsberger fig. 49) se muestra un ejemplo de tal gráfica y explica la razón por la que se selecciona un tiempo de retardo apropiado.

Control solar lumínico

En términos relativos se puede decir que la radiación solar directa es el factor que más influye sobre el comportamiento térmico del edificio, puesto que esa carga térmica varía a lo largo del día y de las estaciones del año, los locales situados junto al cerramiento exterior se ven sometidos a variaciones térmicas continuas que van en detrimento del confort interior.

El problema principal es debido a que los vidrios claros del cerramiento dejan pasar la mayor parte de la energía radiante. Para reducir al máximo las diferencias térmicas entre muros de distinta orientación, se recomienda realizar el diseño de los muros en forma que intercepten la radiación directa e impidan que penetre en los recintos habitacionales.

A continuación se analizan distintas alternativas en orden de menor a mayor eficacia.

- a) Persianas y cortinas interiores. Aún cuando son eficaces como protección frente a la radiación directa, interceptan la energía infrarroja después que ha entrado al recinto, atravesando al vidrio. En estas condiciones la energía que han absorbido puede pasar al aire interior, posteriormente, por convección y radiación. Para reducir este paso es aconsejable que tengan un acabado -

ligeramente reflectante que permita reflejar, - aunque sea en mínima parte, la energía incidente, hacia el exterior a través del vidrio.

- b) Vidrios absorbentes y reflectantes. Los vidrios claros pueden sustituirse por otros reflectantes o absorbentes. En general el reflectante resulta más eficaz que el absorbente, ya que el primero devuelve al espacio exterior la mayor parte de la energía incidente, mientras que en el segundo la energía absorbida debe disiparse por convección y por radiación hacia fuera y - hacia dentro.

Como quiera que sea, cualquiera de las dos alternativas, ya numeradas, reducen fuertemente la iluminación natural interior, lo que obliga a considerar una mayor dependencia de la iluminación artificial, que a su vez, incrementa la ganancia interna de energía calorífica, además, por su parte, la segunda alternativa reduce la ventilación natural - obligando a considerar sistemas mecánicos de ventilación con el consecuente incremento de gasto energético y radiación térmica; de ahí que sea recomendable utilizar con precaución cualquiera de estos dos sistemas, prefiriéndose mejor el uso de los - que a continuación se describen:

- a) Elementos exteriores adyacentes. Puede emplearse como protección elementos naturales del paisaje o elementos contruidos por el hombre. En este aspecto, los árboles y edificios pueden - llegar a ser muy efectivos.
- b) Soluciones arquitectónicas exteriores. Puesto que los muros de distinta orientación necesitan distintos tipos de protección solar, cabe adoptar para cada orientación diversas soluciones - arquitectónicas compatibles con la naturaleza - del edificio. En cualquier caso hay que insistir en el hecho de que los dispositivos exterior

res resultan más efectivos que los análogos interiores. Una vez que la energía radiante ha atravesado el vidrio, resulta mucho más difícil desembarazarse de ella, por el conocido "efecto de invernadero".

Las pantallas solares arquitectónicas pueden adoptar diferentes formas, tales como balcones o retranqueos, voladizos o estructuras auxiliares tales como marquesinas, mamparas, persianas y celosías fijas, etc. En principio, el diseño de estos elementos ha de articularse, en forma muy general, en los siguientes pasos:

- Caracterización de los requerimientos de protección contra la radiación;
 - Predicción del movimiento aparente del Sol en la localidad;
 - Selección y predimensionamiento del tipo de protección eficaz, y
 - Comprobación mediante modelos del funcionamiento del diseño elegido y modificación eventual del - diseño.
- c) Muros opacos. Las aberturas con vidrios transparentes pueden sustituirse también por muros - opacos. Tal solución es muy eficaz bajo el aspecto de protección térmica pero no realizable, evidentemente, si se desea visión o iluminación y ventilación del exterior.

Diseño de dispositivos de sombra

Como primera medida hay que decidir cuando es necesaria la sombra, en que parte del año y que horas - del día son las más críticas. Esto es sencillo si se han recopilado datos climáticos. Hay que hacer referencia al análisis de TE, que muestra el progr

so diario de los cambios de temperatura, con líneas separadas para cada estación. Alternativamente se puede utilizar un diagrama isoplético de temperatura, tal como el representado en la figura.

Este último, consiste en unos ejes coordenados, - con los meses en el eje horizontal y las horas en el vertical, sobre el que se unen mediante una curva, aquellos puntos horarios de igual temperatura. Los mapas solares también tienen las líneas mensuales (fecha) horizontalmente dispuestas y las líneas horarias en sentido vertical; el hecho de que éstas sean curvas o rectas no importa: el período de exceso de calor perfilado en el diagrama isoplético, junto con otras líneas de TE, pueden ser transferidas al diagrama solar.

Como en el mapa solar cada línea de tiempo representa dos fechas diferentes, un diagrama isoplético se dividirá en dos de tales diagramas: uno, de enero a junio; otro, de julio a diciembre.

Hay que considerar que la ganancia calorífica por radiación nunca puede eliminarse completamente; - por consiguiente, es aconsejable definir el "período de calor excesivo" con el fin de diseñar dispositivos para sombra, mediante la isópleta de temperatura correspondiente al límite inferior de la zona de confort.

Cuando se considera una fachada de edificio desde el punto de vista de sombra, se representará (en el plano) mediante una línea que pase por el punto central del diagrama solar. Cualquier parte del período de calor excesivo situada detrás de esta línea puede desprejarse: cuando el sol está en esas posiciones, no bate la fachada considerada. - El diseño de un dispositivo adecuado para sombra - consiste en hallar una huella de sombra que solape el período de calor con un ajuste perfecto, hasta donde sea posible.

COEFICIENTE DE APANTALLAMIENTO TÍPICOS DE DISTINTOS ELEMENTOS

Tipo de protección	coeficiente de apantallamiento típico
--------------------	---------------------------------------

Cortinas y persianas interiores:

Persiana enrollable, color oscuro, medio levantada..	0,90
Persiana enrollable, color claro, medio levantada...	0,70
Cortina gris oscura (de 0,2 a 0,3 Kg/m ²) totalmente corrida	0,60
Cortina gris clara (de 0,2 a 0,3 Kg/m ²) totalmente - corrida	0,50
Cortina blanca mate (de 0,2 a 0,3 Kg/m ²) totalmente corrida	0,40
Persiana de color oscuro, ajustada para dar sombra - completa	0,75
Persiana de color claro, ajustada para dar sombra - completa	0,55

Edificios y elementos naturales adyacentes

Arbol típico, que produce una sombra ligera sobre - la superficie considerada	0,50-0,60
Edificio o árboles típicos que producen una sombra - densa	0,20-0,25

Elementos arquitectónicos exteriores:

1. Empleados fundamentalmente cuando domina la orientación: voladizo continuo, proporcionando sombra completa	0,25
Toldo, oscuro o medio color, proporcionando sombra - completa en aberturas	0,25
Alabes horizontales móviles, ajustados para proporcionar sombra completa	0,10-0,15
Persiana exterior veneciana, de color blanco mate, - ajuste para proporcionar sombra completa	0,15
2. Empleados fundamentalmente cuando predomina las orientaciones Este u Oeste:	
Alabes verticales fijos o celosías, proporcionando - sombra completa en aberturas	0,30
Alabes verticales móviles, ajustados para proporcionar sombra completa	0,10-0,15

Tomado de M.A. CRESPI (1980)

Orientación de paredes y aberturas en función de la carga solar

En las diversas combinaciones de orientaciones y latitudes, ciertas paredes y aberturas de un edificio pueden recibir la radiación solar directa bajo ángulos muy agudos, mientras que otras pueden recibir las bajo incidencia casi normal.

Las zonas ecuatoriales intertropicales pertenecen al primer caso, en que casi no hay variabilidad en la declinación solar a través del año. De tal forma que todas las superficies exteriores de la edificación están prácticamente recibiendo la misma energía solar, sin mayor diferencia tanto en verano como en invierno; viniendo a depender ésta básicamente de la altura sobre el nivel del mar a que se encuentre la edificación.

Resumiendo, en la zona tropical:

1. Los muros orientados hacia el N entre el NE y el NO reciben mínima radiación durante todo el año, si la edificación se sitúa al norte del ecuador, y viceversa, si se sitúa al sur.
2. Los muros orientados hacia el S entre el SE y el SO reciben igual cantidad de calor que los muros N, según este situada la edificación al sur o al norte del ecuador.
3. Los muros orientados hacia el E entre el NE y el SE, reciben la máxima radiación durante la salida del sol y a primeras horas de la mañana.
4. Los muros orientados al O entre NO y el SO reciben la máxima radiación a últimas horas de la tarde y a la puesta del sol.

Las aberturas en paredes orientadas al Este y Oeste, están expuestas a cargas térmicas por radiación directa muy variables considerablemente a lo largo

del día, las cuales son particularmente intensas a primera y última hora del día, ya que entonces aumenta considerablemente la sección eficaz de ventana expuesta a la incidencia normal de los rayos solares. En paredes al oeste el problema se agrava aún más, debido a que el pico de ganancia solar coincide con el de mayor temperatura y humedad del aire. Esto implica, que en las aberturas orientadas al Oeste, a la carga térmica debida a la irradiación solar hay que añadir las de ventilación, in filtración y conducción térmica.

Efectos de la Vegetación

La vegetación no tiene sólo este papel "Pasivo" sino que por el contrario contribuye al establecimiento de los microclimas, tanto en su medio natural como en el medio arquitectónico y urbano, como se verá a continuación:

Efecto de humidificación del aire

La vegetación emite vapor de agua por medio del follaje. La emisión de vapor de agua es debida a la evaporación de las lluvias y rocios, y a la transpiración fisiológica del vegetal. Una hectárea de bosque puede producir por evapotranspiración cerca de 5000 toneladas de agua por año. En medio urbano el consumo de calor latente por evaporización de este vapor de agua permite obtener un descenso de la temperatura ambiente. Unas medidas comparativas de temperaturas han mostrado que puede existir una diferencia de 3.5°C entre el centro de una ciudad y los barrios extendidos a lo largo de una banda de vegetación de una profundidad variable entre 50 y 100 m. Este enfriamiento se habrá producido gracias a una convección horizontal de las masas frías (vegetación) hacia las masas más calidas (barrios vecinos). Por esto, la humedad relativa habrá aumentado en un 5%.

Efecto de fijación de las partículas de polvo

Gracias a unos estudios realizados por Lablokoff, este fenómeno ha podido ponerse de manifiesto; sin embargo, esta función atribuida a la vegetación ad quiere unos valores variables. Para algunos, para una misma superficie proyectada en el suelo, el ár bol fija diez veces más que el césped, de treinta a sesenta veces más que una superficie asfaltada, para otros las hojas de un castaño no retienen más que un 4% de lo que se encuentra en el suelo (en cinco meses, 1 g por hoja para 25 g en el suelo). Parece que la forma de las hojas tiene su importancia. El fenómeno de abrigo asociado al poder adhesivo debido a la presencia de materias aceitosas en suspensión o al fenómeno electrostático puede explicar esta capacidad para fijar las motas de polvo.

Efecto de regulación de las radiaciones de onda - corta

Los efectos de reverberaciones o de deslumbramientos debidos a la sombra y al sol pueden quedar muy atenuados por una luz difusa facilitada por la presencia de una cubierta vegetal; este es el caso de los paseos públicos bordeados de alamos y acacias.

Efecto de la dosificación de las radiaciones de gran longitud de onda

Las radiaciones absorbidas por el suelo y fachadas quedan disminuidas al filtrarse la radiación directa. Por esto el calentamiento de las superficies en períodos de calor se ve disminuido y las amplitudes de temperatura quedan amortiguadas. Esta dosificación puede variar con las estaciones según las especies elegidas y según la latitud del sitio ya que es evidente que sólo en las latitudes medias se manifiesta el cambio de follaje en los árboles de hoja caduca, lo que es factible de aprovechar -

captando el sol en invierno, al perder las hojas la vegetación y protegerse del sol de verano. Por otra parte, el follaje es como un "cielo" para el suelo que se halla al pie del árbol, y su temperatura radiante es más elevada que la de la bóveda celeste, lo que hace disminuir la emisión infrarroja del suelo.

Efecto sobre los ambientes acústicos

Aunque no hay estudios exhaustivos a este respecto, y no puede hablarse realmente de pantalla vegetal contra los ruidos más que cuando se trata de una faja de vegetación profunda sobre varias decenas de metros. El efecto relevante se encuentra sobre todo en una corrección acústica en la que el ambiente sonoro se encuentra amortiguado.

Efecto de protección de los vientos fuertes

La masa foliar de la vegetación representa una barrera respecto a los movimientos del aire, y una parte del flujo incidente penetra en el interior del follaje resultando filtrado y amortiguado, con lo que disminuyen sensiblemente las velocidades y los fenómenos de remolinos. La eficacia del efecto de abrigo (ver ilustración) depende de la porosidad efectiva del follaje (es decir, la relación de superficie de los orificios sobre la superficie total de la masa foliar ponderada por un coeficiente de pérdida de carga). Es interesante observar que esta porosidad puede variar según las estaciones y las especies elegidas. Algunos árboles o arbustos tienen una estructura foliar que se vuelve porosa con el aumento de velocidad del viento, mientras que otros como las agujas de los pinos se pegan las unas a las otras y forman una pantalla más densa.

Regulación higrorémica

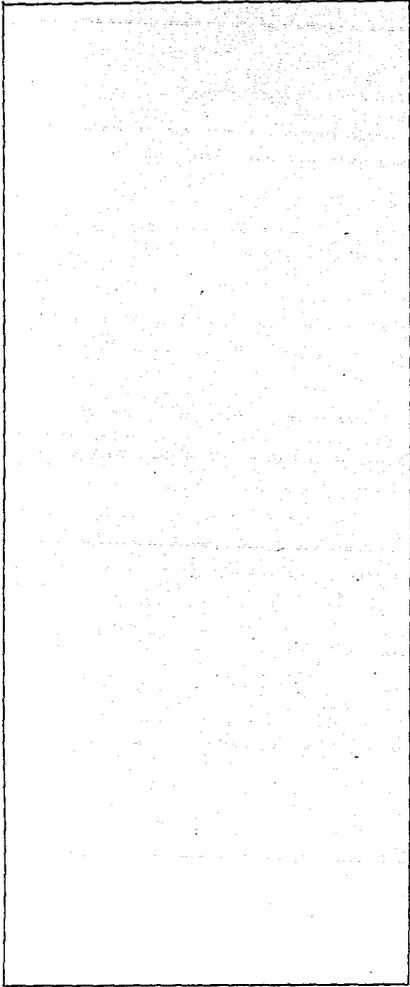
Se necesitan varias condiciones para que la vegeta-

ción pueda cumplir una función microclimática en un plano térmico e higrótérmico.

En primer lugar, el efecto de masa es importante en el proyecto (el elemento vegetal debe representar el 30% de la superficie construida, como mínimo). Además, es necesario proporcionar a esta vegetación los medios para una aportación de agua regular, diferentes a la que puede proporcionar los medios naturales.

Por otra parte, existe una cierta contradicción en la voluntad de una acción microclimática y en la elección de los vegetales de fácil mantenimiento, poco consumidores de agua y sin hacer por tanto función alguna de regulación; las plantas cactáceas que no emiten nada de vapor de agua, representan un caso extremo.

Por otro lado, existe una similitud entre una función vegetal y una función plan de agua. Se trata del consumo de energía por evaporación. El patio plantado de plátanos con una fuente corresponde a un modelo de espacio exterior urbano que presenta aptitudes microclimáticas favorables al confort en las regiones mediterráneas. En efecto, se encuentra uno en presencia de un ambiente climático que responde a las exigencias estacionales del espacio exterior. La bóveda que forma el follaje protege de los rayos caliente y deslumbrantes, y por otro lado mantiene el frescor que se desprende de la presencia del agua.



XI. MEDIO AMBIENTE Y FORMA CONSTRUCTIVA

Es reconocido el efecto directo que las fuerzas de la naturaleza tienen sobre la formación de los objetos que la conforman. Desde la más insignificante de las plantas hasta las gigantescas montañas, pasando por los grandes mamíferos, manifiestan en su morfología las huellas evolutivas -en tiempos geológicos-, de la lucha tenaz por adaptarse a las condiciones imperantes en su medio ambiente.

En la historia natural es una regla universal -e--nunciada por primera vez por Darwin, en 1859- (1), que solo las especies más aptas, es decir, mejor adaptadas a las condiciones de su medio natural, en armonía con su entorno, serían capaces de sobrevivir; balanceando su tejido material y adaptándolo a todas las fuerzas internas y externas a las que estuviera expuesto.

La existencia orgánica ocupa un campo de fuerzas -que nunca es sencillo y que desde luego reviste -una inmensa complejidad en su estructura interna. Así como, algunas veces en física, el reconocimiento de las formas guía hacia una interpretación de las fuerzas que la han modelado, otras veces el reconocimiento de las fuerzas en acción conducen a una mejor visión intrínseca de las formas en sí mismas. Por consiguiente, la concepción de la forma es en último caso la interpretación de las fuerzas que han incidido en ella; de tal modo que la forma viene a ser algo así como un diagrama de fuerzas en equilibrio.

11.1 MORFOLOGIA EN LA NATURALEZA

Las fuerzas en los organismos vivos, por consiguen- te la adaptación a éstas, están en un cambio constan- te bajo un equilibrio dinámico. "Ignorato motu ignoratur Natura", escribió Oliver Lodge. Este - cambio constante, constituye la base de la teoría - de la transformación, que es, cuando el mismo ele- mento bajo diferentes circunstancias cambia en sus proporciones, difiere en magnitudes relativas, o - en "excesos y defectos".

En la ilustración (), podemos observar variacio- nes clinales en tres grupos de mamíferos. Estas - variaciones se interpretan como el resultado de la selección natural que opera sobre la variabilidad genética de las poblaciones; una corpulencia mayor y una longitud relativa más corta de las partes o apéndices salientes del cuerpo son ventajosas bajo un clima más frío, ayudando a conservar mejor el - calor, y viceversa: apéndices grandes contribuyen a una mejor irradiación del calor metabólico excede- nte. (2)

Por otro lado, en el diagrama (), podemos ver un Diodon, o pez puerco espín. Deformando sus verti- cales coordinadas con un sistema de círculos con- céntricos, y sus líneas horizontales coordinadas - con hipérbolas aproximadas, la nueva red muestra - una representación de el cercano pariente pero muy diferente pez medialuna, Orthogoriscus Mola, forma do por la influencia de su habitat preferido. (3)

Volviendo de la complejidad del mundo zoológico, - la vida de las plantas manifiesta también una es- trecha relación con los problemas térmicos que -- plantea su medio ambiente específico. La morfolo- gía vegetal en varios climas parece sostener una - analogía con la formación y diseño de edificios, - en parte porque las fuerzas conformantes (como por ejemplo, los rangos de temperaturas) son algo simi-

lares a las mismas que necesita el hombre en su me- dio ambiente.

Un ejemplo ilustrativo de sección transversal (ver ilustración) llama la atención sobre las interesan- tes similitudes entre distintas plantas de un mismo clima. De acuerdo a las favorables o adversas con- diciones del medio, las plantas abren o cierran su superficie. Las plantas de las regiones frías y cá- lido-secas muestran semejanzas en sus masas; rotun- das y macizas, en contraste con su relativamente pe- queña superficie. Estas son sus respuestas de de- fensa contra el excesivo frío o el tórrido calor. - Inversamente las plantas de zonas más atemperadas - mantienen una libre comunicación con su ambiente es- tacional, donde el desarrollo y crecimiento de vege- tación cálido-húmeda es rico en formas y tamaños.

En una aproximación a los caracteres regionales des- critos anteriormente, los dos más importantes facto- res térmicos -los efectos combinados de temperatura del aire y radiación- guían la investigación. No - son simplemente las condiciones locales particula- res, antes por el contrario, son las característi- cas regionales generales a través de el cálculo del movimiento convectivo del aire, y sus efectos, los que mantuvieron una constante dirección en sus valo- res. En conclusión puede decirse que el desarrollo morfológico, bajo condiciones específicas, se detie- ne cuando ha alcanzado su punto óptimo; fuera de es- tas condiciones "originales" sólo será adaptable - bajo esas mismas características térmicas medio ambientales, estableciéndose así una estricta rela- ción entre esos dos elementos: morfología-medio am- biente.

11.2 IMPACTO DE LAS FUERZAS TERMICAS EXTERNAS SOBRE LA EDIFICACION

Para investigar los efectos del clima en los edificios, es factible considerar en primera instancia los mismos factores, que inciden en la forma de las plantas, en el análisis del medio ambiente del hombre.

Los datos de radiación solar nos indican claramente, en las altas latitudes, que la fachada sur de una edificación recibe cerca del doble de radiación en el invierno que en el verano. El efecto en las latitudes bajas es mucho más pronunciado en la medida que esta proporción se eleva a 1:4. Además, en las bajas latitudes, las superficies este y oeste, reciben cerca de 2½ veces más radiación en verano que en invierno. En las bajas latitudes esta proporción no es en realidad alta, pero es notable que en verano esas fachadas reciban de dos a tres veces más radiación que en las superficies verticales sur. Sobre las superficies oeste el impacto de las altas temperaturas, es producto de las altas temperaturas del aire en combinación con la radiación solar por la tarde. En todas las latitudes las superficies verticales norte reciben sólo una pequeña suma de radiación, manifestándose el máximo en verano.

Pero particularmente en las bajas latitudes las fachadas norte recibe en verano aproximadamente el doble de impacto de la fachada sur. La suma de la radiación recibida por la superficie horizontal de la cubierta o el pavimento, en verano, excede a todas las otras caras. El impacto calórico en el techo demanda especial atención, dado que la suma total de radiación en los muros de la casa pueden aproximarse drásticamente a la radiación recibida solo por la cubierta.

La relativa importancia de las tensiones térmicas

regionales puede ser clarificada como muestra de el papel determinante que juega en la forma de la estructura. En general -y esto lo podemos apreciar- en las construcciones vernáculas de culturas que han llegado a similares morfológicas edificatorias tras largas generaciones de "prueba y error"- las bajas temperaturas tienden a presionar edificaciones de formas compactas -V. Simil con las morfológicas zoológica y vegetal-, y las altas temperaturas de altos índices de radiación tienden a presionar para el desarrollo de formas alargadas, especialmente en el eje este-oeste.

Los edificios pueden ser considerados en parte, como una defensa del hombre frente a los efectos de variación de la irradiación solar e influencias climatológicas consiguientes sobre la tierra. En este sentido, el confort térmico es un criterio muy importante a tener en cuenta en el diseño del edificio. El término "confort" puede definirse, en sentido amplio, como una situación en la que se han reducido al máximo las tensiones térmicas y los ocupantes pueden adaptarse al ambiente desarrollando un esfuerzo corporal mínimo.

La función térmica del edificio tiene como objetivo establecer una zona de equilibrio biológico.

En líneas generales tal función esta basada en permitir la entrada de calor y su conservación, cuando el ambiente exterior es frío, o bien, la de impedir su entrada y disipar las ganancias interiores cuando el ambiente exterior es excesivamente caluroso.

Esta función térmica puede observarse más fácilmente en los edificios construidos en climas muy rígidos. Así, por ejemplo, los "igloo", construidos por los esquimales inuits con bloques de hielo, muestran una respuesta altamente satisfactoria a las condiciones prolongadas de clima rigurosamente frío y donde escasean los materiales de construcción, a través de su forma semiesférica (con lo que

su superficie expuesta es mínima), la buena estanqueidad y aislamiento térmico obtenidos con los bloques de hielo, su forma aerodinámica y las pequeñas aberturas al exterior orientadas en dirección opuesta a los vientos dominantes, reduciendo la entrada de las corrientes de aire y ofreciendo la mínima resistencia a la circulación exterior de éste.

Muchas construcciones en zonas subárticas poseen paredes compartidas para reducir la superficie expuesta al ambiente exterior. Existen también otras variantes tipológicas como la construcción de paredes dobles consiguiendo un buen aislamiento térmico con un gasto mínimo de materiales.

Por otro lado, es interesante resaltar que en regiones calurosas y áridas se han desarrollado construcciones similares a las anteriores. Así los poblados indios desarrollaron grandes viviendas comunales con tabiques interiores de separación para individualizar espacios y reducir las superficies expuestas al exterior. Esas viviendas no fueron concebidas bajo el aspecto de aislamiento térmico; no obstante emplean paredes de adobe de gran espesor y ventanas y puertas de pequeñas dimensiones que disminuyen la transmisión del calor.

Las cubiertas en forma de cúpula son también habituales en esas regiones calurosas y de escasa vegetación pues se comportan más satisfactoriamente frente a la elevada irradiación solar y a la falta de sombras que las superficies de tejados más convencionales.

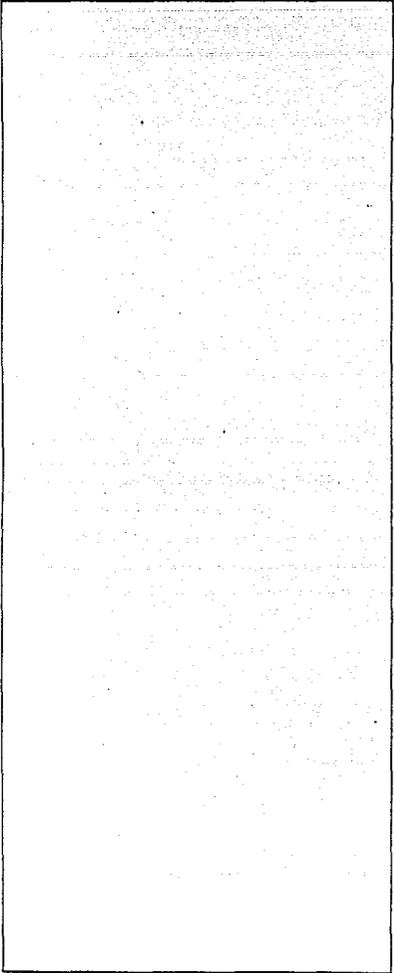
Así, cuando un tejado plano se sustituye por una cúpula, su superficie aumenta en relación con el área de la base, con lo que se reduce el valor medio de irradiación solar, que incide sobre aquél. Y se aumenta la disipación de calor por medio del viento, de forma que el calor que se ha ido almacenando durante el día en los materiales de construc--

ción se disipará más rápidamente con la brisa nocturna reduciendo su penetración en el interior.

En cambio, la construcción en regiones calurosas y húmedas tropiezan con un problema muy diferente, constituyendo un factor muy importante para el control de humedad y su efecto sobre la refrigeración de los ocupantes, el proceso de evaporación. Por ello, sus edificios disponen del menor número posible de compartimientos, desaparecen en parte los cerramientos exteriores y se eleva el suelo para facilitar la ventilación y eludir la humedad del suelo. Los árboles y tejados facilitan sombra y el aislamiento y para protegerse de la lluvia que podría entrar por la falta de paredes utilizan cubiertas que sobresalen del edificio.

En las regiones templadas se da la mayor variedad de tipos de construcciones, ya que en ellas se presentan variaciones climatológicas, que pueden llegar a ser extremas, y el edificio debe permitir el control de tales variaciones. Esto se ha traducido en una considerable diversidad de tipos de construcciones y ha estimulado el desarrollo de sistemas de control que permiten compensar la inestabilidad térmica debido a la forma, a los materiales y la orientación de aberturas del edificio.

Así, en esas regiones templadas los constructores deben distinguir entre períodos de tiempo en que se necesita la carga solar y períodos en que se hace preciso evitarla. Asimismo, períodos en los que el viento sea beneficioso o en los que se debe proteger de él. De tal forma que ha de establecerse un compromiso entre la forma del edificio, tipos de materiales utilizados, orientación del edificio y sistemas de control térmico.



XII. EFECTOS DEL VIENTO Y
PATRONES DE FLUJO EOLICO

Las funciones bioclimáticas de la ventilación y el movimiento de aire natural podemos resumirlas en tres aspectos bien diferenciados:

1. aprovisionamiento de aire puro (climas de cualquier tipo)
2. enfriamiento por convección (climas cálidos)
3. enfriamiento fisiológico (necesidad biológica - del organismo humano).

Existe una diferencia particular entre las funciones 1 y 2 y la función 3: por lo tanto, las dos primeras se considerarán como "ventilación", pero la última se considerará por aparte como "movimiento de aire", regulado por las diferencias de presión. El movimiento de aire o "aireación" produce un efecto mecánico y otro térmico en cualquier superficie sobre la cual incida el aire en movimiento. El efecto mecánico se traduce en incrementos o decrementos locales de la presión que la atmósfera ejerce sobre cada punto de la superficie. El efecto térmico es consecuencia de los procesos de convección y evaporación que tienen lugar sobre esa misma superficie.

A continuación procederemos a hacer un breve repaso de los mecanismos macro y microclimáticos que inciden en la generación de las corrientes eólicas. La importancia bioclimática de la ventilación y la aireación se trata en otro sector de este capítulo.

12.1 NATURALEZA DEL VIENTO

Los mecanismos de redistribución que tienden a equilibrar las diferencias térmicas y de presión sobre la Tierra precisan de la circulación general atmosférica.

Si la Tierra fuera homogénea y permaneciese inmóvil, el calentamiento más acusado del Ecuador originaría la ascendencia del aire, que sería reemplazado por aire frío procedente de los polos. El circuito se cerraría con una corriente en los altos niveles que iría del Ecuador a los Polos. Tendríamos así dos "células convectivas", una por cada hemisferio (1).

Y como la Tierra no es homogénea ni esta inmóvil, el giro del planeta da lugar a una desviación hacia la derecha de todas las trayectorias del viento, lo que impide que el aire procedente del Polo alcance el Ecuador. La desviación que experimenta hace que el viento originalmente N-S acabe describiendo una trayectoria W-W. Esto produce una acumulación de aire en la superficie y, por lo tanto, una ascendencia hacia los 60° de latitud. Se forman así las depresiones unidas al frente polar que separa el aire polar -que no puede avanzar más hacia el Ecuador-, del aire cálido.

Si se considera ahora una masa de aire ecuatorial, también se desvía hacia la derecha, en su ascenso y posteriormente va hacia los Polos, se acumula en torno a los 30° de latitud, y da lugar a una corriente del Oeste en altura y a una zona de descendencia de aire y, por consiguiente, de altas presiones en superficie: se trata del cinturón anticiclónico subtropical que, a su vez, para mantener su equilibrio dinámico, emite vientos en superficie hacia el Ecuador, que se desvían de la dirección N-S y siguen una trayectoria NE-SW en el Hemisferio Boreal y SE-NW en el hemisferio Austral.

Los vientos de ambos hemisferios, los "alisios", -- convergen en la zona permanentemente depresionaria: la zona de convergencia intertropical, en la que se dan fuertes ascendencias de aire sin vientos superficiales.

Por otro lado, los anticlones subtropicales emiten también vientos en superficie hacia los polos, que se desvían hacia el oeste, contribuyendo a crear la zona depresionaria de latitudes medias, unida al frente polar.

De esta forma; en superficie, y sobre una Tierra hipotéticamente homogénea, pero que gira sobre sí misma, se forman varios anillos de presión: uno de bajas presiones ecuatoriales, dos de altas presiones subtropicales, dos de bajas presiones ligadas a los frentes polares y dos de altas presiones polares. - entre las altas y las bajas presiones circula el viento en superficie según esquemas precisos.

En altura aparece un sistema de vientos del Oeste - desde los Polos hasta latitudes tropicales, en el que se encuentra incluida la "corriente de chorro" -un flujo de vientos que circula a gran velocidad dentro de la circulación general del oeste-, y un segundo sistema de vientos del Este sobre la zona ecuatorial. Ambos se encuentran separados por la parte alta de los anticlones subtropicales.

Fuerza de Coriolis

La "fuerza de Coriolis" es el denominativo científico que se asigna a un fenómeno colico que se presenta en la atmósfera por efecto de la rotación terrestre, y al cual obedece gran parte de las grandes corrientes de aire atmosférico.

Cualquier cuerpo fluido que se desplace horizontalmente sobre la superficie terrestre tiende a desviarse hacia su derecha en el Hemisferio Norte y hacia su izquierda en el Hemisferio Sur. La desvia--

ción es debida a la fuerza ejercida por el movimiento de rotación de la Tierra, que se efectúa O a E. Por tanto; para un observador situado de espaldas al viento en el Hemisferio Norte, las altas presiones quedan a la izquierda y las bajas a la derecha y un poco hacia atrás, y a la inversa en el Hemisferio Sur. La fuerza de Coriolis es nula en el Ecuador, por lo que no se da allí ningún tipo de desviación, mientras que aumenta hacia los Polos. (2).

Circulación celular

La configuración de las zonas continentales y oceánicas influyen, incluso decisivamente, en la circulación general de la atmósfera, de tal manera que los cinturones de presión, en determinados momentos y lugares, dejan de ser continuos.

Así, los cinturones subtropicales de altas presiones se escinde en células cerradas que se centran sobre los océanos, desarrollándose mucho más y avanzando en latitud desde el inicio y durante el verano (enero en H.S., julio en H.N.). Como estos anticiclones están desplazados al Este de los océanos, junto a las costas Oeste de los continentes, sobre éstas el aire es estable, sin movimientos verticales y, por tanto, sin lluvias.

Esta es la causa de que al Oeste de los continentes y en estas latitudes aparezcan zonas desérticas y esteparias (desiertos del Sahara, de la Guajira (Col.), de Nuevo México, de Namibia, o el Chileno-peruano de Atacata). En las costas orientales, a igual latitud, el anticiclón oceánico está ya lejos y el aire que llega a ellas procedente de ese anticiclón, por su largo recorrido sobre el mar, se ha inestabilizado al cargarse de humedad, así, cuando llega a la costa produce copiosas lluvias.

Entre las latitudes 35° y 60° en ambos hemisferios

se encuentra el cinturón de bajas presiones, el frente polar, escindido en varios tramos, a los que van asociados "familias" de perturbaciones. Pero, en el Hemisferio Norte, las grandes masas continentales distorsionan este anillo de vientos, mientras que la inexistencia de grandes masas continentales a la misma latitud en el Hemisferio Sur, permite la circulación ininterrumpida de la corriente del Oeste.

En el Hemisferio Norte, durante el invierno, sobre Euroasia y Norte de América, se instalan unos anticiclones térmicos, consecuencia del fuerte enfriamiento de la superficie terrestre, que dificultan la penetración en el continente de las borrascas asociadas al frente polar. En verano, los anticiclones se debilitan y permiten la llegada de aire marítimo del Oeste, produciendo lluvias.

Este tipo de circulación contribuye de forma importante al intercambio de calor en la atmósfera entre las regiones de mucha y poca insolación, ya que por medio de las ondas de aire superior, el aire frío de las regiones polares es transportado hacia el Ecuador, mientras que el aire cálido tropical asciende hacia latitudes altas.

Todo el sistema de presiones experimenta un desplazamiento estacional en el verano de cada hemisferio de forma que en el Hemisferio Norte, por ejemplo, el frente polar se desplaza hacia el Norte empujado por los anticiclones tropicales que extienden su acción hasta las regiones más meridionales de las latitudes medias, ocasionando un verano sin precipitaciones. A su vez la convergencia intertropical también se desplaza hacia el Norte, ocasionando precipitaciones en el verano en zonas que durante el invierno son de dominio anticiclones.

Los distintos cinturones de viento y presión originan los grandes anillos climáticos, mientras que los distintos subclimas dentro de estos aparecen

por la variabilidad celular de la circulación dentro de cada anillo.

12.2 VIENTO Y ARQUITECTURA

Como hemos visto, el viento es un factor climático que no se puede ignorar, de lo contrario, sus manifestaciones ya se encargarían de recordarnoslo.

Sus manifestaciones son numerosas en nuestro medio ambiente, en efecto; citaremos particularmente:

- efectos mecánicos directos sobre la construcción
- efectos mecánicos directos sobre la vegetación - arbustácea y arborea.
- menor rendimientos de cultivos.
- vibración, ruido y rotura de objetos frágiles - sujetos a su acción.
- transportación de polvo y otras partículas contaminantes.
- molestias físicas en las circulaciones peatonales.

A lo largo del tiempo, el hombre a través de su experiencia ha aprendido a protegerse eficazmente del viento, y es más, incluso a sabido sacar partido del mismo a partir de dispositivos arquitectónicos y disposiciones urbanas que han pasado a ser parte de la tradición de algunos pueblos, como veremos en los ejemplos siguientes:

- la disposición de las calles, en los pueblos de la costa africana sobre el Mediterráneo (cálidas-secas), que permiten que las brisas frías del mar lleguen hasta el corazón de la ciudad.
- las viviendas persas con sus enormes ventanales (iwanes) orientados en la dirección del aire.
- los enrejados de India y España, que permiten el

movimiento de una brisa suave y que cumple las mismas funciones de los porches occidentales.

- los ventiladores de techo (mulgufs) de las compactas viviendas egipcias.
- las torres de vientos en Charga, proveen a las casas persas de aire fresco y húmedo en medio del calor del desierto proviendo a los pueblos fuertes acentos arquitectónicos.
- mientras que en el valle del Indo, el pueblo de Hyderabad, presenta una silueta extraña en la cual los ductos y captadores de ventilación se entremezclan con los techos.
- las "celosías" musulmanas de Túnez, Irán, Irak y otros pueblos del medio oriente que a la vez que impide la vista desde el exterior al interior, protege a las habitaciones de la fuerte radiación solar, y, sobre todo, de "filtro" y atenuador de las fuertes corrientes de aire cargado de polvo.
- la localización de los pueblos en la solana, al abrigo de los vientos del Norte, en la Provenza.
- la forma anemomórfica de las masías provenzales y la falta de vanos en el norte.
- las redes de abrigo en el valle del Ródano, Breña, etc., conformadas por vegetación.

Pero hoy se ha de constatar que las construcciones contemporáneas se "jactan" de hacer caso omiso de este aspecto del clima, hasta que su defecto se hace manifiesto de una u otra forma: basta observar los perjuicios causados por las altas edificaciones al pie de los inmuebles, o los ambientes artificializados mecánicamente, por una falta de confort natural en su interior.

De todo esto anterior, la importancia que tiene para

una arquitectura comprometida con su entorno, la consideración de un elemento tan trascendental para el bienestar ambiental, como es el viento y la ventilación natural.

Para entender mejor la relación viento-arquitectura, distinguiremos varios aspectos explicatorio-analíticos, como son:

- definir ciertos mecanismos fundamentales de la mecánica de fluidos.
- analizar el comportamiento del viento en el medio edificado.
- precisar la importancia de la ventilación natural en la vivienda.

Efectos del viento en el hombre

Podemos hablar de dos tipos de efectos del viento en el ser humano: acción mecánica y acción térmica.

Para la acción mecánica, ha habido varios autores que han dado un enfoque subjetivo a los umbrales de perjuicio (Wise, Melbourne, Joubert, Hunt, Davenport, y otros) el más operacional ha sido el que ha dado Gandemer, que integra la velocidad media, la turbulencia y la frecuencia de rebasamiento de un umbral en función de su actividad.

Por ejemplo:

- V 4 m/s: sensación débil
- 5 V 10 m/s: sensación media
- 10 V 15 m/s: perjuicio grave
- V 15 m/s: peligroso para los peatones (3).

Desde el punto de vista de la acción térmica, recordemos que los desplazamientos de aire aceleran

los intercambios de dos formas: por convección entre la superficie a la piel y el medio ambiente, y por enfriamiento evaporativo.

Los diagramas bioclimáticos y los nomogramas de TE, ya estudiados anteriormente, muestran el efecto del enfriamiento del aire en movimiento, es decir las temperaturas elevadas que se pueden tolerar con una adecuada velocidad de aire.

El enfriamiento por movimiento de aire es más necesario donde no se dispone de otras formas de disipación de calor, cuando el aire está tan caliente y húmedo como la piel y las superficies del entorno - presentan éstas a una temperatura similar - característica particular de los climas cálido, húmedo y seco-.

12.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ORIENTACION SEGUN EL VIENTO

En los edificios bajos no es de gran importancia - la orientación según el viento ya que el uso de - captadores de vientos, la disposición de las aberturas en las áreas de alta y baja presión y el diseño de éstas, pueden mejorar los flujos de aire. Sin embargo, en edificios altos que no posean aire acondicionado, tales como edificios de apartamentos, de oficinas u hospitales (en donde el terreno circundante afecta poco los pisos superiores), la orientación según el viento se torna de especial - importancia.

Para evaluar los efectos específicos de los vientos, en las condiciones de confort humano, se deben analizar las variaciones mensuales de la dirección de los vientos y su velocidad. Para llevar - acabo este análisis es factible y necesario seguir varias etapas. Una primera etapa preliminar analítica, que comprende: estudio de condiciones meteorológicas locales, descripción del entorno próximo, etc.; y una segunda etapa descriptiva que nos ayudará a saber cuales son las características del viento a las que quedaran expuestos los edificios. Esta segunda etapa es posible realizarla a partir de la observación de los llamados "indicadores de vientos".

Los indicadores de vientos pueden distinguirse en dos clases:

Los indicadores instantáneos, dan una imagen relativamente temporal de la influencia del viento local sobre algunos elementos del medio ambiente sometidos a su acción (por ejemplo: polvo, banderas humo, etc.). Estos la mayoría de las veces, tienen tan sólo un valor cualitativo, pero nunca un aspecto de frecuencia. Sólo pueden visualizar un fenómeno en un lugar definido y de una duración -

prácticamente instantánea.

Los indicadores permanentes, que dan una imagen definitiva (o casi) de un estado generado por el viento. Entre los diferentes casos que citaremos más - adelante, el elemento vegetal reviste especial importancia. Las acciones del viento influye sobre - su crecimiento, dando prueba así de su adaptación a las condiciones locales.

Este tipo de indicadores sirve para secar los efectos más apremiantes bajo un aspecto de frecuencia, - como veremos a continuación:

Indicadores instantáneos:

- Humo: indica la presencia o no de viento y su - dirección. La amplitud del penacho pone de manifiesto su fuerza de una forma drástica.
- Banderas en astas: indica fuerza y dirección de vientos locales.
- Zonas de acumulación: las motas de polvo, papeles hojas, etc., indican zonas de torbellino del flujo colico.
- Dunas: indican la dirección de vientos dominantes regionales.

Indicadores permanentes:

- La indagación documental:
 - a) Información meteorológica: observaciones de - carácter científico, suministradas por la estación local, sobre dirección, intensidad, frecuencia, etc., del viento.
 - b) Indagación sobre experiencia de los lugareños: información de la población local, especialmente rural, que a través del tiempo han obtenido

precisión en la predicción de algunos fenómenos climáticos locales.

- Observación sobre el paraje: vivienda

- a) Localización de un pueblo: La mayoría de los pueblos antiguos deben su localización y trama urbana a una mejor disposición para la captación o protección del viento (por ejemplo: captación: Kairovan, Túnez; protección: Shi mane, Japón Oriental).

- Observación de la vegetación:

- a) Adaptación anemomorfica: Un paseo de árboles situados en la dirección del viento, presenta una masa foliar particularmente despejada en los primeros árboles, mientras que los últimos conservan todas sus hojas.

Por el contrario, un paseo de árboles perpendicular al viento dominante que presenta una diferencia de crecimiento en altura puede significar una presión importante, debida al viento: la primera fila de árboles que se encuentra más expuesta, sufre unas condiciones de crecimiento más duras que la que se haya situada detrás.

Uno o varios árboles que presenten una masa foliar descentrada con respecto al tronco, pone de manifiesto la acción del viento sobre las condiciones de crecimiento.

- b) La Ausencia de vegetación: Se encuentran generalmente áreas yermas en zonas expuestas, - vertiente Norte, crestas, llanuras, litoral, producto de las dificultades de crecimiento - en ciertos tipos de vegetación. Otras consecuencias visibles pueden ser: presencia de - vegetal frágil o enfermizo por la acción del viento (cereales) y árboles derribados o doblados.

Limitaciones en la validez e interpretación de los indicadores:

Cada observación debe ser objeto de un examen atento a fin de no llegar a conclusiones apresuradas de interpretaciones erróneas.

Si los parámetros no se pueden observar directamente, deberán multiplicarse las observaciones a fin de asegurar por diversos conductos la validez de su interpretación.

12.4 ELEMENTOS MODIFICADORES DE LA DIRECCION Y VELOCIDAD DEL VIENTO

La disposición de soluciones nativas responden, como ya hemos visto, muchas veces a las exigencias de los vientos. Barreras y cerramientos parciales -naturales y arquitectónicos- ayudan a proteger de los vientos a viviendas y, a veces, a poblaciones enteras, o a controlar la ventilación interior para un mejor confort ambiental.

El movimiento de grandes masas de aire, originado por diferencias de presión (ver "Elementos del clima, cap. No.), no puede alterarse, pero las velocidades de los vientos al nivel del suelo pueden modificarse un poco. La resistencia a la fricción de la vegetación y las obstrucciones ocasionadas por árboles, pueden crear variaciones en el flujo de aire, las cuales se pueden utilizar benéficamente, agregando a sus valores estéticos, su propiedad de reducir la velocidad del viento, lo que produce cambios perceptibles tanto en la estructura como en la humedad del aire.

Corta vientos

Un corta vientos, según C.G. Bates, dirige las corrientes de aire hacia arriba, y mientras que ésta vuelve a descender, se crea una calma relativa cerca del suelo. La parte más protegida en esta situación se encuentra inmediata al corta vientos, en el lado protegido y disminuye a medida que la distancia desde el corta vientos aumenta hasta alcanzar en determinado punto -dependiendo del tipo de cortaviento la misma velocidad que el aire traía antes de encontrar el elemento protector.

Hay un área de calma menor en el lado del viento, especialmente si el cortaviento es denso, pero si éste está cubierto, la zona de calma es casi nula, mientras que del lado protegido, esa apertura pro-

duce una disminución en el área sin vientos que se encuentra más lejos del cortavientos.

Las barreras sólidas producen remolinos en su parte superior, lo que reduce su eficacia. En general, se puede decir que los cinturones de árboles producen mejores efectos, si poseen gran densidad y espesor.

La Agricultural Experiment Station de Kansas (4) ha estudiado los efectos de varias formas de barreras contra el viento. En el tunel de viento se experimentó con maquetas de diferentes perfiles, a una velocidad constante de viento de 38 Km/h, los cuales se muestran en la figura (9-7, OLGAY).

Donde U_p/U_c expresa una relación adimensional, en la cual U_p representa la velocidad del viento en el tunel con la barrera y U_c indica la velocidad en un punto correspondiente en un tunel sin barrera. A continuación se indican los valores obtenidos por las figuras:

Distancia a 0.1 H hasta objeto	75% de reducción	50% de reducción	25% de reducción
Lámina vertical	13.0 H	15.5 H	21.5 H
Forma triangular	10.5 H	15.0 H	20.5 H
Forma cilíndrica	7.0 H	9.0 H	14.0 H
Arboles en maqueta		13.5 H	27.0 H

Con base en esto, N.P. Woodruff demuestra que aunque los árboles no obtienen una reducción del 75% -debido al rápido movimiento de aire por debajo de ellos se crean unas áreas de protección mayor que la de cualquier otra forma. El estudio muestra también que las reducciones en velocidad, en el lado del viento, son relativamente insignificantes para todas las barreras.

El interés arquitectónico, con relación a la protección contra los vientos, sucede no sólo en condicio

nes de confort exteriores sino también en condiciones de costo por calefacción o refrigeración. La relación general entre la carga de calor, la velocidad del viento, las diferencias de temperatura de la vivienda y la localización del cinturón protector puede expresarse en la ecuación.

$$\frac{Q}{T} = 1.3 (10^{0.18 L} 0.07^U), (5).$$

donde: Q = Carga de calor en Btu/h

T = Diferencia de temperatura entre exterior e interior

L = Distancia desde el cinturón protector hasta la vivienda expresada

en función de la altura H de la barrera

U = Velocidad del viento en millas por hora

Los cálculos indican que la carga de calor de una vivienda sin protección con vientos de 40 Km/h es de 24 veces mayor que la de la misma vivienda expuesta a velocidades de 8 Km/h con condiciones similares de temperatura. La carga de calor para una vivienda protegida expuesta a vientos de 30 Km/h, fue aproximadamente el doble que la de una casa similar expuesta a vientos de 8 Km/h; lo cual indica que la efectividad de la barrera aumenta cuando la velocidad del viento es mayor.

Efectos del paisaje adyacente a las edificaciones

Los alrededores inmediatos a los edificios bajos afectan claramente el flujo de aire y la velocidad del viento, lo que permite mayor flexibilidad en cuanto a orientación para ese tipo de edificios, ya que la utilización de plantas, vegetación y zonas verdes y de árboles y paredes de cerramientos, permiten la creación de áreas de alta y baja presión cerca de las viviendas y con referencia a sus aperturas. Debe tenerse especial cuidado para que los distintos arreglos no eliminen las brisas enfriadas

del período caliente, sino que más bien, dirijan y aceleren los movimientos de aire en el edificio.

En la Texas Engineering Experiment Station y en la Universidad del Valle, Colombia, (6), se han hecho pruebas de campo y experimentos en maquetas sobre las modificaciones que la vegetación produce en los flujos de aire, lo que puede observarse en las figuras que ilustran lo encontrado por Robert F. White y V. Olgay, en sus experimentos. Se muestra primero un seto medio colocado cerca o lejos de la edificación y enseguida los efectos producidos por un árbol en las mismas condiciones, cuando la velocidad del aire, por debajo del árbol, se aumenta debido a la resistencia que ofrecen las hojas. En este último caso el árbol es de 9 mt de alto, 7.5 mt del tronco y con un diámetro de 1.5 mt en el tronco. En seguida se ven los efectos producidos por el seto y el árbol combinado. Si el seto está colocado cerca del edificio, el flujo interno del viento puede modificarse considerablemente. En los cortes B y C el flujo, más o menos convencional, mientras que en la sección A, la corriente de aire, que el árbol dirige hacia arriba, produce un flujo invertido en el interior de la vivienda. El efecto direccional de los setos, sobre el flujo de aire, se muestra en dos ejemplos, pudiéndose observar que si se colocan barreras contra el viento, en el lado opuesto al del flujo del viento, las presiones pueden lograr que la estructura se ventile internamente.

12.4.1 PATRONES DE FLUJO DE VIENTO ALREDEDOR DE - LOS EDIFICIOS

La disposición de las construcciones y su forma - pueden generar localmente o sobre extensiones importantes fenómenos de aceleración con bruscas rafagas que ocasionan una falta de confort e incluso un cierto peligro para los transeúntes y usuarios.

De ahí que desde las primeras etapas del diseño - sea necesario que se prevean los efectos que toda nueva edificación pueda producir en las condiciones de aireación de su entorno.

Se analizan a continuación algunos efectos que por su predecibilidad se prestan a una tipificación:

- Efecto de esquina: En el ángulo de un edificio de gran altura, las aceleraciones pueden ser elevadas, a consecuencia de la sobrepresión de barlovento. El efecto se puede mitigar disponiendo vegetación en la esquina, degradando el edificio en altura sobre una plataforma.
- Efecto de Venturi: Cuando dos edificios se hallan implantados de manera que formen una especie de embudo, se crea una aceleración a ras del suelo. La zona crítica coincide, evidentemente, con el angostamiento. El efecto se acentúa con la altura.
- Efecto de "pilotes": Cuando existen perforaciones o espacios abiertos en la planta baja de una edificación, el flujo se encauzará por ellos alcanzando fuertes velocidades. Estos espacios sirven de puente entre las sobrepresiones de barlovento y las depresiones de sotavento. Este efecto se incrementa con alturas de más de 15 m.

En el trópico húmedo, y con brisas muy leves, este

efecto puede aprovecharse para mejorar las condiciones de confort.

El efecto se refuerza considerablemente cuando se presenta a barlovento una construcción baja y algo distanciada.

- Efecto de rodillo: Sobre la fachada expuesta al viento (barlovento) de un edificio, este efecto repercute en la parte descendiente del flujo que se organiza en rodillo remolinante del eje horizontal (7).
- Efecto de "sombra de viento": A sotavento de una construcción se produce un área de relativa calma que se conoce como "sombra de viento" y cuya extensión puede conocerse aproximadamente. En la figura se puede apreciar la variación de la longitud promedio de la zona de "sombra de viento", en función de la forma de la edificación que intercepta al flujo. Una edificación que se edifique en esa sombra de viento, tendrá unas condiciones de aireación bastante disminuidas; factor que puede ser benéfico o perjudicial según las condiciones climáticas del sitio. (vease "corta vientos")
- Efecto de barra: Se produce cuando el flujo se dirige hacia una edificación lineal con un ángulo de incidencia cercano a los 45°, y consiste en una desviación en rizo de las corrientes, que determinan una acción potencialmente molesta a sotavento. El efecto de "barra" no se produce o no afecta a la superficie cuando se cumple alguna de las siguientes condiciones: altura de la edificación (h) mayor de 25 m; longitud (l) inferior a 8h; edificación múltiple con espaciamiento inferior o igual a h; agregaciones construidas a sotavento de longitud por lo menos igual a 2h; protección por edificación a barlovento.
- Efecto de "pasillo por desfase": Se presenta cuando dos edificios de altura mayor a 15 m, in-

terceptan en forma desfasada un flujo normal a sus superficies mayores. Para que el efecto sea sensible, se necesita que la separación entre ambas construcciones sea igual o inferior a la altura media y que el segundo edificio presente un frente a barlovento suficiente como para generar la sobrepresión (8).

- Efecto de canalización: Este efecto se presenta cuando la calle tradicional determina generalmente un encauzamiento del flujo, que solo resultará molesto si se combina con un efecto Venturi, o con un fuerte flujo dominante.
- Efecto de remolino: Los acusados quiebres de la superficie de incidencia de un flujo determinan unos diferenciales de presión muy intensos y localizados que desvían las corrientes e inducen un típico movimiento en espiral.

Flujo de aire alrededor de conjuntos de edificaciones homogéneas

Los edificios colocados perpendicularmente a la dirección del viento, reciben en su lado expuesto el 100% de la velocidad, mientras que colocados a 45° con relación a su dirección, solo reciben el 50%, aunque algunas veces se calcula un 66% como factor de corrección en los cálculos.

Los experimentos realizados en el Architectural - Association Department of Tropical Studies, dieron los siguientes resultados (9).

- Si en una urbanización a campo abierto se colocan edificios de una sola planta en línea, según una distribución en parrilla, las zonas de aire estancado de la primera línea soplará con la "sombra de viento" hasta la segunda línea. Una serie de edificaciones paralelas y enfrentadas -

entre sí, recibirían ventilación satisfactoria, sólo si estuvieran dispuestos en forma tal que entre ellos hubiera una distancia de seis a siete veces la altura de uno. sin embargo, el viento tiene la tendencia a saltar por encima y alrededor de ese tipo de disposición de edificios, al mismo tiempo que las brisas se encauzan por el espacio libre sin penetrar en las últimas unidades.

- Un arreglo en forma de damero que incluya unidades intercaladas es mucho más ventajoso, pues utiliza la tendencia natural de los vientos de desplazarse hacia los lados cuando encuentra obstáculos (10).

La figura es importante por cuanto indica la forma de las zonas de baja presión alrededor de los edificios. La figura indica longitudes de la zona de baja presión en varios tipos de edificios y el punto en el cual los vientos reúnen su velocidad inicial que son una pauta para la disposición de los edificios.

La figura muestra los efectos de la forma de las cubiertas en la distribución de los vientos y algunos ejemplos de los flujos internos de ellos que veremos a continuación.

Estas ilustraciones que muestran el flujo de aire alrededor de los edificios, fueron tomadas del informe de Climatología de la Ciudad Universitaria -- del Valle, Cali, Colombia, (1968) el cual se basó principalmente, en las observaciones de la Texas Experimental Station.

Flujos de aire en el interior de las edificaciones

Las fuerzas que producen ventilación natural dentro de los edificios, pueden ser: primero, movimientos de aire originados por diferencias de presión, y, segundo, cambios de aire causados por diferencias de temperaturas. Estos pueden actuar independiente

mente o combinados (opuesta o paralelamente), según las condiciones atmosféricas y el diseño del edificio.

Basándose en tales observaciones se pueden aislar los siguientes factores que afectan el flujo interior de aire:

- Orientación: Se genera la máxima presión a barlovento de un edificio cuando la fachada está en ángulo recto con la dirección del viento, de tal forma que parece evidente que se consiga la mayor velocidad de aire interior, precisamente en este caso. Un viento que incidiese a 45° reduciría la presión el 50%.

En consecuencia, debe averiguarse el sentido de los vientos predominantes a partir de un mapa de frecuencias de vientos, sacado del diagrama de vientos reinantes, y debe orientarse el edificio de tal forma que las mayores aberturas hagan frente a la dirección del viento.

Sin embargo, Givoni encontró que si la dirección del viento incide a 45° aumentaría la velocidad media del aire interior y daría una mejor distribución de sus movimientos. La figura muestra estos hallazgos: las velocidades relativas (100% la del aire libre) se han mantenido a una altura de 1,2 m por encima del suelo. Esto parece contradecir el sentido común, pero se puede explicar con el siguiente fenómeno.

Teniendo dos edificaciones de planta cuadrada, en la primera incidiendo un flujo de aire a 90°, y en la segunda a 45°. En el segundo caso se crea una mayor velocidad a lo largo de las fachada de barlovento; por consiguiente, la sombra de viento será mucho más ancha, la presión negativa (efecto de succión), aumentará y resultará un flujo de aire interior acrecentado. En sus experimentos no varió el orificio de salida: lo fijo en lo máximo -

posible, de forma que el efecto de las fuerzas de succión fuese nulo. Es justificable suponer que con aberturas de salida más pequeñas, este efecto se reduciría o acaso se invertiría.

- Ventilación por medio de la fuerza de los vientos
La distribución del aire alrededor de la edificación depende de la geometría de ésta y es independiente de la velocidad del viento. En la ilustración ponemos un corte del flujo del viento y en la cual los signos más (+) y menos (-) indican áreas de alta y baja presión.

Las diferencias de presión en los lados pueden contribuir al flujo interior de aire, como vimos en el inciso anterior, y su efecto es más notorio si colocan las aberturas de entrada de aire en el costado de alta presión y las de salida en el de baja presión. La rata de cambios de aire depende de las diferencias de presión y de la efectividad de las aberturas. La rata de cambios de aire cuando la dirección de los vientos es perpendicular al edificio y las áreas de entrada y de salida son iguales (óptimo), puede expresarse de la siguiente manera:

$$Q = 3150 AV, (11).$$

Q = Rata de flujo de aire, metros cúbicos/hora

A = Area de entrada, metros ²

V = Velocidad del viento, Km/h

Esta expresión debe ajustarse cuando las áreas de entrada y de salida son apreciablemente diferentes, así:

A. de entrada: A. de salida Valor con que la constante 3150 debe reemplazarse.

1:1	3150
2:1	4000
3:1	4250

4:1	4350
5:1	4400
3:4	2700
1:2	2000
1:4	1100

- Características del flujo de aire: Es obvio que en las estructuras en que no haya perforación de salida, no habrá flujo interior. También es evidente que unas aberturas muy grandes colocadas frente a frente y en zonas de baja y alta presión proveerán el máximo de cambios de aire interior. Sin embargo, para obtener el enfriamiento necesario para el confort en la época de sobrecalentamiento, es más importante obtener suficiente velocidad de aire que proveer muchos cambios. Si se usa una apertura pequeña de entrada, se presenta el "efecto Venturi", que asegura un máximo de velocidad del aire dentro de la estructura, lo que se puede notar en la figura con el aumento de líneas de velocidad en el interior, comparativamente con el exterior.

El caso contrario, con una apertura de entrada grande y una de salida pequeña, no es suficiente, ya que las altas velocidades se presentan por detrás y por fuera del edificio.

- Efecto de inercia: Las entradas y las salidas colocadas simétricamente, producen un flujo interno derecho, ya que las presiones exteriores son iguales. Con una distribución asimétrica de las aberturas, concordantes con las diferentes presiones componente, el aire penetra al edificio en sentido oblicuo y el flujo interior tenderá a seguir su dirección original, debido a la inercia hasta que la diferencia de presiones le hagan dirigirse hacia la salida. Se presentan flujos asimétricos semejantes cuando una de las presiones exteriores se intercepa.

- Divisiones interiores: El flujo interno depende de las aperturas y es en su mayoría independiente de otras características geométricas de la habitación. El flujo lineal asegura el movimiento de aire más rápido; cualquier cambio en la dirección disminuye ese efecto y los cambios abruptos de dirección causados por muebles y equipos reducen visiblemente la velocidad del aire. Por lo tanto, la ubicación de las divisiones interiores deben respetar el flujo interno.

La corriente del flujo está delimitada por remolinos turbulentos que causan un movimiento giratorio del aire en relativa calma que rodea al flujo y por lo tanto si un tabique se coloca por fuera de la corriente, el perfil del flujo no cambia. Sin embargo, si el mismo tabique se coloca en la corriente el flujo se interrumpe y disminuye su velocidad causando una deficiencia de ventilación en los dos espacios. Cuando la estructura se divide en tres habitaciones se presentan condiciones similares. Los tabiques que sean inevitables en la división interna, pueden asegurar cierto flujo de aire si se utilizan mamparas abiertas por el suelo o por el techo.

- Colocación de Aberturas de Entrada y de Salida: Una relación relativamente grande entre los tamaños de entrada y salida de aire, asegura la mayor velocidad de éste y por lo tanto el mayor efecto de enfriamiento.

La localización del orificio de salida no afecta al flujo de entrada, ya que las velocidades se disminuyen sólo si se pierde energía en cambios de dirección.

Algunos ejemplos ilustran este efecto; aquí la posición de la entrada se ha mantenido constante, pero el edificio de salida se ha variado desde la altura del cielo raso, a la mitad de la pared y finalmente a nivel de piso. Obsérvese que tanto la

cantidad de aire como su flujo han permanecido constantes.

Por otra parte, si la posición de salida se mantiene constante, pero la de entrada se coloca a la altura del cielo raso, a media altura y a nivel del piso, la dirección del flujo se dirige hacia arriba hacia la media altura o hacia el piso respectivamente. Como se espera que la corriente de aire sea efectiva y beneficie a sus ocupantes, el flujo de aire se debe orientar hacia el "nivel de vida". La colocación de la entrada gobierna el sistema de flujo dentro de la estructura y éste puede variarse según la posición y según el tipo o disposición del orificio de acceso al aire.

- Efectos direccionales de dispositivos de control de flujo en las aberturas de entrada: Algunos elementos colocados en el exterior del edificio y cerca de la entrada de aire, pueden influir considerablemente el flujo interno. La magnitud relativa del aumento de presión al frente de las áreas sólidas de las fachadas (que a su vez depende del tamaño y posición de las aberturas) gobernará, en efecto, el sentido de la corriente de aire interior y ésta será independiente de la posición de la abertura de salida. La figura indica que una mayor superficie sólida crea un aumento mayor de presión y éste lanza la corriente de aire en un sentido opuesto, tanto en planta como en alzado. A consecuencia de esto, en un edificio de dos plantas, la corriente de aire en el primer piso puede ser satisfactoria, pero en el piso superior puede ir dirigida contra el techo. Un remedio puede ser la instalación de un parapeto en la cubierta.

Un voladizo que a la altura del cielo raso intercepta la masa de aire que se escapa por encima, mejora los efectos de ventilación. Otros voladizos sólidos, similares, colocados directamente sobre la ventana, hacen que el flujo de aire fluya al cielo ra-

so al eliminar presiones exteriores desde encima -
 Este efecto no es ventajoso porque -
 el aire tiende a sobrepasar la zona de habitabilidad por arriba. Sin embargo el mismo voladizo modificado por una ranura iguala las presiones y --
 tiende a hacer el flujo hasta un nivel más útil.

Los diferentes tipos de ventanas cambian y modifican el flujo y sea cual sea su diseño cada una tiene su efecto especial direccional.

Las ventanas abatibles pueden desviar la corriente de aire hacia arriba. Solo las abatibles de giro reversible, dobles o sencillas, canalizarán aire - hacia abajo, donde esta la zona habitable.

Las celosías y persianas presentan el problema que aún las hojas inclinadas 20° sobre la horizontal, canalizan todavía el aire hacia la zona habitable.

Las telas metálicas y redes para moscas y mosquitos, aunque necesaria sobre todo en zonas infectadas por estos insectos, presentan el inconveniente de reducir sustancialmente la corriente de aire. - Una red de algodón puede dar una reducción del 70% en la velocidad del aire. Resulta mejor una suave red de nylon, que tiene un factor de reducción de solo un 35%. La reducción crece cuando aumenta la velocidad del viento y también con el ángulo de incidencia, como lo demuestran los hallazgos de Koenigsberger y colaboradores:

velocidad exterior	incidencia normal		incidencia a 67.5	
	veloc. interior m/s	reducción %	veloc. interior m/s	reducción %
0.75	0.49	35	0.40	47
1.23	0.87	29	0.75	40
2.50	1.33	30	1.00	60
3.30	1.79	47	1.33	50
3.80	2.64	60	2.23	43
Valor medio		37.4	50.0	

Control de humedad:

La deshumidificación sólo es posible por medios mecánicos; sin éstos, en los climas templado y cálido húmedo, se puede obtener algún consuelo mediante el movimiento de aire y asoleamiento controlado. En los climas cálido-secos, puede ser necesaria la humidificación, que puede asociarse con el enfriamiento evaporativo. En estos climas el edificio está normalmente cerrado para conservar atrapado el aire más frío dentro de la estructura de alta capacidad térmica y también para evitar la arena y el polvo - que transportan los vientos. Sin embargo, se necesita algún medio para suministrar aire al edificio.

Todas estas funciones:

abastecimiento de aire controlado

eliminación de arena y polvo por filtrado

enfriamiento evaporativo

humidificación

puede realizarlas un dispositivo combinado, utilizada en el Medio Oriente. Una gran abertura de entrada-correctamente orientada- capta el aire fresco en movimiento por encima del tejado en áreas densamente pobladas. Las paredes frías interiores del ducto lo densifican y lo hacen bajar por gravedad. Este aire ya enfriado, pasa a través de recipientes - de cerámica porosa, llenas de agua o de parrillas - de carbón húmedas por el agua que resuman recipientes superiores y en algunos casos por superficies de agua, subterráneas, de depósitos del líquido; que saturan al aire de humedad. El aire así enfriado contribuye a que su movimiento descendente conforme un tiro natural inverso.

Este dispositivo es muy útil para la ventilación, - pero no puede esperarse que de lugar a un movimiento de aire bastante fuerte para que produzca enfriamiento fisiológico.

12.5 DISPOSITIVOS ESPECIALES DE VENTILACION FORZADA

La aireación interior no tiene que estar necesariamente sólo condicionada a los campos de presiones del viento. Se pueden aprovechar algunos fenómenos, o mejor comportamientos físicos de fluidos, - en este caso del aire, para modificar dicho campo y mejorar las condiciones de aireación mediante algunas intervenciones de diseño como las que a continuación reseñamos:

- Captadores de viento. A lo largo de este capítulo (ver "Viento y arquitectura" y "control de humedad"), hemos venido insistiendo en la utilización de este dispositivo tradicional en la arquitectura iraní, paquistaní y de otros países. Se conocen como "deflectores de vientos", "torres de vientos", etc., que son estructuras, cuya misión es interceptar flujos de vientos a mayor altura que la del espacio habitable e introducirlo por canalización y tiro inverso a la edificación. La altura de estos dispositivos les permite beneficiarse de una mayor velocidad del viento y de una menor contaminación por sólidos en suspensión.

- Ventilación por diferencial térmico: Las diferencias de temperaturas entre el interior de una habitación y el exterior, hacen que el aire caliente tienda a subir debido a diferencia de peso. Mientras más alta sea la diferencia de temperatura, mayor la diferencia de alturas entre la entrada y la salida de aire y mayor su tamaño más vigoroso será el efecto de "chimeneas" que se obtenga.

La rata aproximada de cambios de aire, cuando los orificios de entrada y salida de aire sean iguales puede expresarse así:

$$Q = 540 A H (T_i - T_o), (12).$$

Donde:

Q = rata de flujo de aire, m³/h

A = Area de entrada, m²

H = Altura entre entrada y salida de aire

T_i = Temperatura del aire interior, °C

T_o = Temperatura del aire exterior, °C

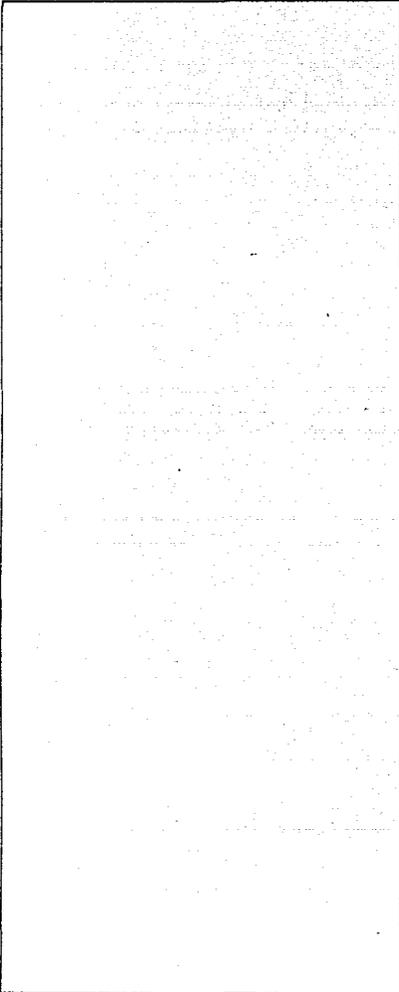
Esta expresión debe ser ajustada cuando el área de salida es apreciablemente diferente de la de entrada, así:

<u>Area de salida</u> Area de entrada	Valor, por la cual la constante 540 debe sustituirse en la ecuación
5	745
4	740
3	720
2	680
1	540
3/4	455
1/2	340
1/4	185

Una de las razones por las cuales se acostumbra encontrar cielos rasos altos en los climas cálidos, - es la de los cambios de aire por gravitación, lo que ha sido ampliamente reconocido con relación a las casas coloniales y republicanas de América Tropical. Las recomendaciones de hoy hacen énfasis en la necesidad de ventilación para zarcos y áticos. - Según T.S. Rogers, el área de los elementos de ventilación bajo techo, debe ser de por lo menos 1 pie² por cada 150 pies² de área de ático -0,30 m² - por cada 45 m²- de área de ático, si se desea confort en el verano. En el Ecuador la relación asciende a 1:100.

- Extractores estáticos: Algunos dispositivos permiten el aprovechamiento de la energía eólica para forzar un tiraje, aún cuando la dirección del flujo que se pretende generar no coincida con la del viento dominante. Tal es el caso de los extractores estáticos en los que el paso del viento produce un efecto de Venturí, por lo que se favorece el tiraje de chimenea. El aumento local de la velocidad del viento genera una depresión estática que equivale a una succión en el extremo del ducto. Para grandes volúmenes de aire existen dispositivos de aireación industrial en los que el viento hace girar una caperuza formada por aletas. Esta rotación genera una succión de aire interno.

La combinación de éstos y otros dispositivos y efectos permiten una gran gama de variaciones al servicio de la imaginación del diseñador.



XIII. HACIA
UNA METODOLOGIA PARA
UN DISEÑO ARQUITECTONICO
ECOTECNOLÓGICO

Antes que todo, es importante mencionar, que, cuando hablamos de diseño arquitectónico bioclimático y ambiental, la redundancia de lo "bioclimático y ambiental" en lo arquitectónico se hace evidente; si pensamos en el objeto y fin principal del trabajo arquitectónico que, conjuntando las definiciones de algunos de los más grandes teóricos de todos los tiempos, es: proporcionar un cobijo bello y perdurable al hombre, pero sobre todo, confortable y sano. Sin entrar en más detalles al respecto de esta definición, está claro que no es exactamente la que ha guiado al quehacer arquitectónico de los últimos tiempos, sobre todo en lo que respecta a las dos últimas premisas, objeto primordial de nuestro trabajo.

Sin embargo, cuando nos referimos a un diseño bioclimático no nos limitamos exclusivamente a una mera solución climática, en cuanto a lo de confort térmico en los espacios habitable se refiere. De ser así, estaríamos cayendo nuevamente en un determinismo tecnológico, excesivamente limitado por una serie de necesidades biológicas particulares; quizá inconexas con el medio ambiente exterior, que nos devolvería nuevamente al problema básico a resolver en esta investigación, basado en la hipótesis causal que indica como origen de los conflictos arquitectónicos modernos a la desarticulación entre producción arquitectónica y medio-ambiente. Es innegable que el objeto arquitectónico, como tal, es producto, y generador de la conjunción de factores que conforman al universo ambiental en que se enclava, y que este "universo ambiental", es mucho más que los simples elementos físicos que lo conforman. Así, y de acuerdo con esto, podemos evaluar a estos factores desde muy distintos puntos de vista que a su vez no desvirtúa una relación entre ellos, y todos juntos, en la solución -

final arquitectónica y urbana. Se estudiaron en este proceso de desarrollo del diseño arquitectónico las variables socio-económicas, climáticas y ecológicas del lugar, como los más grandes campos que inciden y, a la vez, son influenciados por la edificación.

El procedimiento ideal sería trabajar con y no contra las fuerzas de la naturaleza y hacer uso de su potencial para crear mejores resultados en el objetivo particular de cualquier diseño con intenciones bioclimáticas: crear mejores condiciones de habitación. La estructura que en un medio determinado reduce las fuerzas negativas y al mismo tiempo utiliza todos los recursos naturales, favorables a la comodidad humana, puede llamarse "estable con respecto al clima". Un equilibrio perfecto no puede lograrse, a no ser que las circunstancias ambientales sean excepcionales, pero es posible lograr una vivienda de gran comodidad a un costo menor reduciendo el número de aparatos de acondicionamiento mecánico. Primero se estudiarían la totalidad de las condiciones del clima para luego aplicar los conocimientos adquiridos a una región específica y a una estructura específica, no olvidando nunca las variaciones regionales.

Un estudio sistemático para establecer condiciones del clima estable, crea un problema intrincado, -- pues el procedimiento en sí, incluye varias disciplinas. Se pueden identificar rápidamente dos de éstas: climatología y arquitectura, que se encuentran a su vez circunscritas por otras, en su área de influencia, como son: sociología, fisiología, ecología, antropología, etc., y que al combinarlas plantean las condiciones ideales de diseño para las edificaciones. Como escribe R. Neutra (#): "Para la planificación del futuro se necesitarán más de dos artes y ciencias... la tarea de construir muchas cosas que conforman el medio humano... no puede llevarse a cabo bien sin el uso del conocimiento científico inmediato... Una investigación biológi-

ca sistemática cuando se correlaciona cuidadosamente con políticas de diseño organizadas repercutirán para beneficio de un mayor consumo humano". (1)

Un método universal y aplicado al control del clima en arquitectura debe tener mayores fundamentos que los que se han empleado hasta ahora y debe de ir acompañado de un análisis más cuidadoso de un área dada. Para adoptar un proceso tal deben buscarse los pasos intermedios.

En los últimos años numerosos investigadores y teóricos, han intentado construir un esquema o modelo del proceso del diseño. La gran mayoría de estos procesos se han caracterizado por una clara tendencia hacia el carácter puramente teórico y técnico del proceso, sin considerar las variables socio-culturales, que desde un principio inciden fundamentalmente en el resultado último. La validez de la solución a un problema específico radica, en gran parte, en las variables de análisis que se hayan considerado para esa solución; dependiendo particularmente (en el caso arquitectónico) de esto, la integración de la solución al medio socio-cultural. Si esta última variable se ha obviado o minimizado subestimándole, la inclusión del proyecto arquitectónico en la sociedad de que se trate será dudosamente satisfactoria; de ahí la importancia de un estudio más profundo del paisaje socio-cultural en que se piensa desarrollar el proyecto.

La mayoría de los estudios teóricos con enfoques exactos y precisos se suspenden en los límites entre lo abstracto y lo real; sin embargo, la arquitectura por naturaleza es fundamentalmente práctica, y en ella, la eficacia de las premisas consideradas dependen de su aplicabilidad a problemas particulares.

13.1 EL METODO

El proceso de construir una vivienda estable de acuerdo al medio ambiente, puede dividirse en cinco pasos de los cuales el último sería la expresión arquitectónica que irá después del estudio de las variables dadas por el clima, biología, tecnología y cultura.

El primer paso hacia el ajuste con el medio es un examen climático de una localidad específica, pues cada elemento tiene un efecto diferente ofreciendo un problema distinto. Como el hombre proporciona la escala fundamental de la arquitectura y la vivienda se diseña para satisfacer sus necesidades biológicas, el segundo paso sería valorar cada fuerza climática en términos fisiológicos. A su vez, es hoy por todos conocidos, que la vivienda-producto típicamente humano, en sus connotaciones sociales, y las sensaciones-subjetivas por demás de confort térmico, responden en gran parte a patrones socio-culturales que determinan la estructura intrínseca de una comunidad, de aquí que el tercer paso sería considerar la variable sociológica (cultural), que nos ayudará a aproximarnos a una solución óptima y apropiada tecnológicamente. Luego vendrá en un primer paso las decisiones técnicas que pueden aplicarse a cada problema del confort y en la última etapa estas soluciones deben combinarse de acuerdo a su importancia, buscando la unidad arquitectónica. La secuencia de este intercambio de variables es: Clima-Biología-Cultura Tecnología-Arquitectura, y en general este trabajo sigue ese orden.

13.1.1 LOS DATOS CLIMATICOS

Los datos climáticos de una región particular que deben analizarse de acuerdo a las características anuales de los elementos, como son: temperatura, humedad relativa, radiación y vientos. Los datos, si es necesario y posible, deben adaptarse al nivel de vida y deben considerarse sus efectos bajo la influencia del microclima.

Estos datos climáticos es factible conseguirlos en las estaciones metereológicas regionales o, en su defecto, centrales, aunque es siempre preferible una estación local. Las observaciones realizadas por estas estaciones se hacen deliberadamente en lugares donde las lecturas no sean afectadas por los accidente topográficos locales. A menos que la magnitud, la importancia y el plazo del proyecto permitan establecer un observatorio en el sitio (Sin embargo, hay que tener presente que todo lo que sea información climática de menos de un año no tiene utilidad alguna) el proyectista tiene que aceptar los datos de la estación metereológica más próxima como representativos del clima de la región.

El calculista que realice la estructura tiene que basar su diseño en las condiciones extremas. El arquitecto sólo puede basar su diseño climático en condiciones típicas. Estas condiciones normales están definidas convenientemente por valores que van desde medidas horarias hasta medidas mensuales mínimas y máximas.

La configuración o perfil de los datos climáticos, nos ayudará a definir a que tipo de clima vamos a enfrentar y de ahí las posteriores especificaciones de funcionamiento requeridas por el proyecto. Para esto es necesario usar un sistema jerárquico, para determinar deductivamente la importancia relativa de los diferentes factores estudiados, tanto

espacial como temporalmente.

Los datos, para su mejor lectura en términos de precisión y rapidez es preferible que sean organizados en un primer momento, en forma de tablas. Una primera tabla debe registrar los datos climáticos más esenciales, orientando y determinando la extensión del trabajo. Una segunda tabla facilita un diagnóstico precoz y desarrolla los primeros indicadores climáticos.

Esta forma de organización de la información es posible utilizarla para el estudio de cualquier clima. A continuación se da un ejemplo de las tablas que sintetizan esta información.

Situación	Cartagena, Colombia
Longitud	75° 31' 0
Latitud	10° 27' N
Altitud	2.00 m

Temperatura del aire: °C

	E	F	M	A	M	J	J
Max. mensual media							
Min. mensual media							
Diferencia media mensual							

La primera tabla se usa para reunir datos relativos a temperatura, humedad, lluvia y viento. Después de ubicar geográficamente, de una manera precisa el sitio estudiado, se procede de la manera siguiente:

TEMPERATURA

1. Teniendo como base los registros metereológicos se escriben los valores de temperatura del aire máximo medio y mínimo medio mensuales. Se re-- dondean todos los valores al 0.5°C más próximo.
2. Se halla la diferencia media para cada mes entre los valores máximo y mínimo medio.
3. Se separan los valores de temperatura extremos (el más alto y el más bajo del año) y se colo-- can en casillas aparte.
4. Se suman los valores anteriores y se divide el resultado por dos, obteniéndose así la "temperatura media anual". Este valor se coloca en una casilla aparte identificada como TMA.
5. Se halla la diferencia entre estos dos valores (restando el mínimo medio más bajo del máximo - medio más alto), lo que da la "diferencia media anual" y se escribe este valor en la casilla de signada DMA.

Es conveniente y hasta imprescindible obtener los - datos horarios de un día típico de cada época o es-- tación del año. Los datos se procesarán de igual forma a los datos mensuales, y además que nos arro-- jará las características climáticas regulares de - la temporada en cuestión, nos permitirá analizar - las variaciones térmicas del día a la noche en esa región, ayudándonos así a suponer el perfil micro- climático a resolver.

HUMEDAD, LLUVIA Y VIENTOS

Para organizar y sintetizar la información referen-- te a las variables: humedad relativa, lluvia y -- vientos, a de procederse de la siguiente forma:

- De los registros metereológicos se escriben los

valores máximos medios mensuales y los mínimos me-- dios mensuales (tomadas después del medio día) de la humedad relativa (HR), durante todo un año.

- Se halla la "humedad media" de cada mes sumando - estos dos valores y dividiendo por dos.
- Se establece el "grupo de humedad" de cada mes, - según las categorías siguientes:

HR media: Baja (menos del 30%)	= grupo 1
intermedia (de 30 a 50%)	= grupo 2
elevada (50 a 70%)	= grupo 3
Muy elevada (más del 70%)	= grupo 4

Estos datos se escriben en otra línea

- En otra línea se escriben los valores medios men-- suales de agua de lluvia (en mm). Sumando estos doce valores se halla el agua de lluvia total -- anual y se escribe este valor en una casilla apar-- te.
- Se determina, de acuerdo a los datos mensuales de precipitación, los meses de lluvia y los meses de secas.
- Por último, se escriben las direcciones de vien-- tos dominantes y secundarios de cada mes, basándo se en los picos primero y segundo de las cifras - de frecuencias de vientos (hay que distinguir si es posible, 16 puntos de la brújula, por ejemplo, N, NNE, NE, ENE, E, ESE,).

- Se escribe la velocidad (en m/seg.) del viento do-- minante en los meses de máxima velocidad.

INSOLACION

- Se clasifican las intensidades de asoleamiento --

diario anual, de acuerdo a los siguientes rangos:

Insolación (en cal/cm² día): Baja (menos de 400)
 regular (de 400 a 450)
 elevada (más de 450 a 500)
 muy elevada (más de 500) (2).

- Se determina el porcentaje anual de la intensidad disponible respecto a la máxima posible en días despejados.
- Luego se escribe la duración de insolación anual (en horas) total y la duración de la insolación en promedio diario anual.
- Según los datos anteriores, se calcula el porcentaje anual de la duración de la insolación real respecto a la máxima posible en días despejados.
- Se determina la calidad de la radiación solar según las categorías siguientes:
 - Predominantemente directa (más de 50% de la global)
 - Predominantemente difusa (menos de 50%)
- Se consideran los siguientes ángulos solares:
 - . Angulo de máxima elevación solar, en verano.
 - . Angulo de mínima elevación solar, en invierno.
 - . Angulo de inclinación del plano de las trayectorias solares diarias respecto al plano horizontal.

13.1.2 EVALUACION BIOLOGICA

La evaluación biológica debe basarse evidentemente en las sensaciones humanas y a partir de estas sensaciones determinar, a manera de diagnóstico las necesidades bioclimáticas inherentes al sitio, edificación y función a desarrollar en él. Para obtener estos datos es preciso hacer uso de las herramientas que nos proporciona la fisiología, y que ya hemos analizado en los primeros capítulos de este trabajo (ver ASPECTOS BIOCLIMATICOS), como son las gráficas de confort térmico y el cálculo de las temperaturas de termo-preferendum. Al trazar sobre un gráfico y a intervalos regulares los datos del clima, dará un diagnóstico de la región con la importancia relativa de cada uno de estos elementos. El resultado de este proceso puede tabularse sobre una base anual de la cual puede obtenerse para cualquier fecha las medidas necesarias para restablecer las sensaciones de confort.

PROCESO HACIA UN DIAGNOSTICO BIOCLIMATICO

Para obtener un diagnóstico preciso que nos ayude a encontrar las sollicitaciones bioclimáticas, hemos de organizar los datos en la siguiente forma:

CLIMA

- Su clasificación (según Köppen o cualquier otra sistematización usada).
- Descripción del clima, en términos de humedad relativa, precipitaciones y temperaturas.
- Descripción del paisaje en el cual se va a desarrollar el proyecto.

. Diagnóstico microclimático

Una vez identificado el clima de que nos vamos a

ocupar -utilizando para ello toda la información preliminar obtenida en "Datos climáticos"-, podremos procesar un diagnóstico como sigue:

- a. Clasificación del régimen térmico predominante, según las siguientes categorías:

- Por la oscilación de las temperaturas medias mensuales:

cuasi-isotérmicas	(menos de 5°C)
atenuado	(entre 5° y 7°C)
extremoso	(más de 7°C y hasta 14°C)
muy extremoso	(mayor a 14°C)

- Por su temperatura media anual:

muy caluroso	(mayor a 25°C)
caluroso	(mayor a 20° y hasta 25°C)
templado	(entre 15° y 20°C)
templado semi-frío	(menor a 15°C) (3).

Diagnóstico bioclimático

(Tomado de Koenigberger y et al. 1977)

(4).

En una tabla como la que se muestra a continuación, se colocan los datos en el orden siguiente:

c. Se comparan los límites de confort diurnos con la máxima media y los límites de confort nocturno con la mínima media y se establece la naturaleza de la sollicitación térmica, poniendo en las dos últimas líneas las convenciones siguientes:

- K (caliente) - Si la media está por encima del límite
- C (confort) - Si la media está entre los límites
- F (frío) - Si la media está por debajo del límite.

Meses	E	F	M	A	M	J	
Máx. $\frac{1}{2}$ mensual							
Confort diurno superior							
inferior							
Mín. $\frac{1}{2}$ mensual							
Confort nocturno superior							
inferior							
Sollicitación térm. diurna							
nocturna							TMA

- a. Se escriben en la primera y cuarta línea las temperaturas mínima media y máxima media mensuales obtenidas en la primera tabla de datos.
- b. Se hallan los límites de confort superior e inferior para el día y la noche de cada mes, basándose en la tabla que aparece a continuación, definida por la "temperatura media anual" y el "grupo de humedad" de cada mes. Estos valores se escriben, respectivamente, en las líneas 2, 3, 5 y 6.

	TMA por encima de 20°C	TMA 15-20°C	TMA por debajo de 15°C
Límites de confort	Día - noche	Día - noche	Día - noche
Grupo de humedad	1 26-34 17-25	13-32 14-23	21-30 12-21
	2 25-31 17-24	22-30 14-22	20-27 12-20
	3 23-29 17-23	21-28 14-21	19-26 12-19
	4 22-27 17-21	20-25 14-20	18-24 12-18

13.1.3 ANALISIS SOCIO-CULTURAL

Los componentes socio-culturales de una comunidad particular claramente estabilizada, definen en muchos aspectos las limitantes de su asentamiento. - La vivienda tradicional autóctona se erige entonces, como la más absoluta síntesis reflejo y producto de la articulación hombre-medio ambiente en su entorno inmediato, considerando como "entorno" a todas las subcomponentes física y socio-económicas que lo integran. Se ubica así, la "casa" como el catalizador de irresoluta gravedad en la interacción socio-ambiental: la solución óptima y directa al conjunto de necesidades humanas, y modo contrarrestante a los factores negativos que interferirían en la búsqueda de un espacio amable.

La "casa original" nos presenta, así un mérito de invaluable e indispensable apreciación imprescindible en este tipo de estudios. Ella realiza en su propia e indiscutible estética, tanto la profunda relación entre forma y uso, como su economía intrínseca, en la utilización de los recursos naturales, específicamente los materiales de construcción. Aunándose estos elementos, hallamos entonces este organismo latente que convive tan armoniosamente en el universo casi-mágico de las comunidades primarias.

Ya F.Ll. Wright, había tomado atentamente nota de todo esto, cuando decía:

"El verdadero fundamento para el estudio más serio del diseño y la arquitectura yace en aquellas construcciones modestas que se encuentran por todas partes y que representan para la arquitectura, lo que el folcklore es para la literatura, o el canto popular para la música, aspectos de los cuales los arquitectos académicos no se ocupan mucho... estas estructuras tradicionales pertenecen al suelo, son naturales. Aunque por lo general son ligeras, su

virtud radica en que están íntimamente ligadas con el entorno y con el corazón y la vida de la gente. Su función está usualmente concebida con veracidad y se las traduce invariablemente con un sentimiento natural. El resultado es a menudo bello y siempre funcional". (5)

La arquitectura tradicional se nos ofrece así, para ser aprehendida y aprendida, para ser amada y ser estudiada, desde ese cúmulo de experiencias generacional, a veces milenaria, de una búsqueda incesante de equilibrio con el medio.

Cuando F.Ll. Wright, nos habla de "la vida de la gente" a la que esta ligada la gente, nos conduce a algo más que la pura existencialidad física. Se deduce de aquí todo un trasfondo de variables sociológicas, interactuando estrechamente en la búsqueda de un lugar común, de una identidad compartida.

Es importante darle a este aspecto la relevancia que merece, so pena de caer en un romanticismo esteticista, idealista y estéril; precisamente lo que tratamos de eludir. La búsqueda de respuestas prácticas en la construcción autóctona, es buscar la autenticidad de los logros en la consecución de un confort ambiental; es retomar el camino de la continuidad histórica en nuestra tradición arquitectónica.

Toda comunidad es el producto de la interrelación de factores medio-ambientales y factores socio-culturales y tecnológicos. La consideración de estas variables en su conjunto es indispensable e inobjetable, si nuestro objetivo es una solución integral en su implementación real a la estructura social particular que estudiemos; prescindir de estos elementos, casi significaría para el proyecto, el aumento en las posibilidades de rechazo en la integración social de éste a la comunidad.

Podemos sintetizar el estudio de estos factores - desde un enfoque antropo-cultural, siempre y cuando tengamos presente la visión práctica de la reimplantación tecnológica de soluciones tradicionales comprobadas; pero además, la observación objetiva de elementos que nos sirvan de parámetros de análisis en la investigación.

Podemos dividir el estudio de estas variables en - exógenas y endógenas; donde consideraremos como - exógena a aquellas que sólo incidieran indirectamente en la respuesta bioclimática de los espacios habitacionales, pero que sin embargo, delimitan - particularmente el universo cultural de nuestro - proyecto; éstas son, por ejemplo: la vestimenta, folclore y tradiciones míticas (si es que existen etc.,) Por otro lado tenemos a las variables endógenas, que se generan directamente a partir de las exógenas, teniéndolas como marco de referencia cultural, en la búsqueda de una respuesta empírica de un confort ambiental, tecnológica y socialmente acorde al conjunto recíproco de necesidades y recursos ambientales, que a su vez vienen a organizar la estructura económica regional, y que al mismo tiempo nos da pie y parámetros de soluciones congruentes al entorno socio-ambiental. Entre las variables endógenas consideraremos, evidentemente a la vivienda, en primer término, y luego su relación con la tecnología constructiva y productiva, - el transporte, comunicaciones e infraestructura.

Sería conveniente añadir otro comentario acerca de las aplicaciones de un enfoque integral. El interés antropo-cultural, situado dentro del contexto del ambiente natural y social del hombre, encierra la comprensión y el uso de teorías y técnicas multidisciplinarias. A este respecto, en este trabajo, esto a estado claramente definido con el estudio de la ecología y la biología, la etología y la arquitectura, la física y la fisiología y ahora la antropología cultural y la sociología. Nuestra hipótesis tiene aquí su fundamento y su origen; la

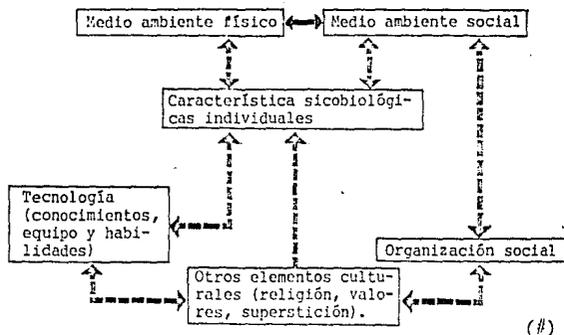
concepción de una solución congruente solo puede basarse en la observación y estudio integral del hombre y su sociedad, interactuando íntimamente con la naturaleza.

Por último, sería aconsejable llamar la atención sobre la importancia -que trasciende lo puramente académico- que reviste la comprensión de las maneras en que los diferentes pueblos perciben la realidad. La comprensión de nuestra cultura o la de otras sociedades pone muy en relieve el carácter de nuestras propias percepciones y análisis. El método científico, después de todo, forma parte de nuestra propia forma de estudiar al mundo que nos rodea. Pero la objetividad que requiere no siempre se alcanza con facilidad, cuando se estudian - las costumbres de otros hombres. Nuestro empleo del método científico da por hecho que el conocimiento que adquiramos nos permita tomar decisiones más racionales de naturaleza social y tecnológica. Ya que todos nosotros, en lo que se refiere a nuestras responsabilidades profesionales, nos vemos comprometidos en decisiones que pueden afectar a amplios sectores de la población, sería deseable que reflexionáramos sobre las contribuciones que la antropología puede hacer para que se ejerza racionalmente la influencia inevitable que cada uno de nosotros tiene en el futuro de nuestra especie.

En una aproximación a la sistematización de la información procedente de nuestra investigación, podemos utilizar la siguiente matriz de análisis:

		COMUNIDAD
VARIABLES EXOGENAS	Características físicas	
	Bienes materiales Arte Vestimenta	
	Ciclo vital (nacimiento, normas de cuidado infantil, pubertad, matrimonio y muerte)	
	Producción y distribución de bienes y servicios	
	Lo sobrenatural	
	Personalidad, valores y ethos (cosmo-visión)	
VARIABLES ENDOGENAS	VIVIENDA	Morfología
		Materiales
		Tecnología
		Acabados
		Dispositivos de control ambiental
	Recursos naturales accesibles para la vivienda	
	Tecnología de producción	
	Transporte, comunicaciones e infraestructura	

En la comprensión de la importancia de todos los factores antes enunciados y su íntima interacción, además de mutuas influencias, podemos conceptualizar sus articulaciones en el siguiente diagrama de elementos significativos en la ecología humana; en tanto entendamos como "ecología humana" la parte de la antropología que "considera al hombre como organismo que funciona dentro de un medio físico y socio-cultural, y trata de explicar las particularidades humanas basándose en la interrelación de todos estos factores". (6).



A manera de guía para la investigación podemos -- plantearnos una serie de interrogantes que nos ayudarán a "ubicarnos" en el contexto socio-cultural en cuestión. Por ejemplo:

1. A partir de la experiencia (de la sociedad estudiada), cuales son las características que existen en los materiales de construcción y el funcionamiento ambiental y uso de la edificación - en su relación con las diferencias del medio.

2.- Indicar algunas de las relaciones entre el clima cálido-húmedo, la fisiología humana y los -

(#). CONE, C. PERTTI, P.: "Guía para el estudio de la antropología cultural", 1977, pág. 38.

niveles de la productividad.

3. ¿Cómo afecta a los aspectos de la cultura la relación entre los hechos de la fisiología humana y las profundas diferencias climáticas?

Las respuestas objetivas a estas preguntas nos estructurarán racionalmente el marco de referencia socio-cultural en que se encuadra a nuestra virtual solución de manera armónica y apropiada.

Analizando cada una de las variables endógenas, por separado y su aplicación en el proyecto bioclimático, podemos describirlas como sigue:

Vivienda y asentamiento: El manejo del espacio físico y conceptual, los materiales empleados en su delimitación, así como los diferentes elementos que lo integran y que hacen la estancia más agradable a sus usuarios, reflejan no sólo su nivel tecnológico sino también el conocimiento y grado de percepción de su medio ambiente en su equilibrio dinámico.

La evaluación de este punto ha de seguirse teniendo en cuenta las siguientes variables:

a. Morfología exterior; Un análisis visual exterior a de resolvernos interrogantes con respecto a origen, razón y consecuencia de la forma de la edificación, integración de ésta con su entorno espacial inmediato y mediato, orientación disposición de la edificación con respecto a las otras áreas de la vivienda y por último la participación morfológica de la edificación con el resto del paisaje cultural.

b. El predio productivo: (aquella porción de terreno apropiada a la vivienda por un grupo familiar para su permanencia y explotación). Su incidencia en la concepción del espacio arquitectónico habitacional.

c. Materiales de construcción: Recursos naturales disponibles en la zona accesible, como materiales de construcción, extracción y aprovechamiento limitado. Que materiales se utilizan en la vivienda tradicional del área, optimización técnica y bio-climática en su uso.

"La disponibilidad de recursos para la construcción de la vivienda rural es un factor definitivo en su configuración física. La distinción entre las técnicas constructivas autóctonas, tradicionales y modernas se puede apreciar en su manera más evidente y completa en las áreas rurales, en las cuales la accesibilidad es un factor determinante y la disponibilidad de recursos directos e indirectos para la construcción es limitada" (Saldarriaga. Fonseca) (7).

d. Tecnología constructiva: A diferencia de la tecnología cultural, constituida por los conocimientos organizados y los instrumentos utilizables que coadyuvan a la existencia de los asentamientos, permitiéndole que se efectúen las actividades necesarias para su permanencia; la tecnología constructiva se fundamenta básicamente en el procesamiento de la materia prima, necesaria en la edificación, de manera artesanal e industrial, su distribución, el uso de herramientas de trabajo constructivo y el papel de éstas en el resultado final, y, por último, participación e influencia de la mano de obra en la construcción.

e. Acabados: Desempeño físico y social de los acabados constructivos. Es decir, función constructiva de éstos, características físico-térmicas y su incidencia en el confort y perdurabilidad de la edificación, por un lado; por otra parte, el rol comunicacional -percepción y respuesta- que juegan los terminados exteriores, lenguaje, interpretación y nivel identificato-

rio que alcanzan, su caracterización del alter ego usuario y comunal.

Análisis del mantenimiento y frecuencia de éste, su participación en la economía familiar y comunal.

f. Dispositivos de control ambiental: Aditamentos arquitectónicos y urbanísticos, que contribuyen visiblemente a un mejoramiento en la interacción hombre-medio-ambiente, función arquitectónica (practicabilidad), estética y papel bioclimático. Podemos analizar, entre los más usados a los, por ejemplo: patios, jardines, terrazas, azoteas, porches, persianas, rodapiés, etc.

Para terminar, podemos concluir afirmando convencidamente, que en la medida en que se consideren esos elementos ya enunciados, en la proposición final arquitectónica-urbanística, dependerá el éxito de la integración y participación social del proyecto. Sin embargo, es evidente, que no tendría objeto reimplantar elementos que no contribuyan satisfactoriamente a la benevolencia de la vivienda, en nuestro poder estriba el utilizar las herramientas que poseemos para optimizar, reutilizar o eliminar los dispositivos que no cumplan una función específica o que por el contrario, disminuyan la actuación de otros.

Recursos y producción: Análisis de la organización estructural socio-económica como parte activa en la articulación hombre-naturaleza. Estudio de las fuerzas productivas humanas y tecnológica, conformadas por los recursos naturales. Participación de la actividad constructiva en la economía local y en la estrategia productiva comunal. (8)

La consideración de recursos se encuentra condicionada por la forma en que la sociedad se relaciona con la naturaleza y con la sociedad misma, con los métodos que ésta utiliza para su extracción y reproducción, y con el tipo de tecnología que predomine

De aquí se derivarán las especificaciones recomendadas para el proyecto, bajo los siguientes términos:

- a. Selección del sitio en donde la mayoría de los factores son variables y en general los sitios que ofrecen las mejores características en la relación de invierno a verano, son los más adecuados.
- b. La orientación donde el calor del sol es decisivo. Puede conseguirse un equilibrio entre el período de menor calor y el período de mayor calor.
- c. Los cálculos de sombra que se basan en el principio que durante el año y en épocas calientes, la estructura debe estar en la sombra. Un gráfico de la trayectoria solar y los cálculos geométricos de la radiación, pueden describir la eficiencia ofrecida por los elementos de sombra en fachadas.

Para especificar el funcionamiento de los dispositivos de sombra deben establecerse los ángulos de sombra vertical y horizontal. El proceso se basa en dos tipos de información.

1. Un período de sombra definido
2. La orientación decidida.

E, implica el uso de diagramas de trayectoria solar. el uso de éstos se ha estudiado ya con detalle en: "Gráficas solares".

- d. Las formas de la vivienda y formas de construcciones, deben conformarse prefiriéndose ciertas formas a otras, según el medio. La elección no ha de ser gratuita, debe responder a un estudio amplio, ya especificado profundamente con anterioridad.

- e. Ventilación y movimiento de aire que pueden dividirse en categorías de vientos y brisas. La ventilación, es decir, el abastecimiento de aire puro, es necesario bajo cualquier circunstancia.

El movimiento de aire a través del edificio, opuesto a la ventilación, resulta esencial en los climas templados-húmedos. ahora, en esta etapa de especificaciones, estas recomendaciones necesitan cuantificarse. La base más útil es el diagrama de isóptimas de temperatura eficaz, como se describió en "Elementos bioclimáticos". Estos valores de la TE se han calculado para el aire en calma. cuando el valor de TE excede el límite superior de confort, respecto al nomograma de TE puede establecerse que la velocidad del aire haría descender la TE por debajo del valor aceptable.

Siempre que la curva de temperatura del aire esté por encima del límite superior de confort, será necesario el movimiento de aire. Cuando se ha establecido el exceso de temperatura por encima de la zona de confort se puede hacer referencia al diagrama bioclimático, que nos indicará la velocidad del aire que compensará tal exceso.

Desgraciadamente, se encontrará que las más altas temperaturas, conciden a menudo con las más ligeras brisas. Como esto es una situación crítica, lo mejor es proveer de aberturas lo más grande posible y despejadas para que el edificio resulte tan transparente al viento como sea posible.

En conclusión, el movimiento interior del aire debe satisfacer las necesidades bio-climáticas y los cálculos basados en la fluidez del aire a través de un edificio, respecto a los ritmos interiores de movimiento, pueden emplearse para determinar la localización, organización y tamaño de las aberturas.

- f. El equilibrio interior de la temperatura que puede lograrse hasta cierto grado por el empleo --

cuidadoso de los materiales. Tanto la vejez como las características aislantes de éstos, pueden utilizarse para mejorar las condiciones interiores. ¿Cuánto aislamiento se aconseja para el tejado en los climas cálido-húmedos?

La magnitud de la temperatura en exceso sol-aire - (Tes), (es decir, el equivalente en temperatura de la ganancia radiante) se calcula:

$$T_{es} = \frac{l \times a}{f_o}, (10).$$

donde l = intensidad de la radiación

a = absorbanza de la superficie

f_o = conductancia de la superficie exterior,

y puede estimarse para cualquier período fijado - (por ejemplo, un año). Cuanto mayor es este valor más ventajoso será el aislamiento. Sin embargo, - la ventaja residiría en el mejoramiento de las condiciones ambientales, o en el ahorro del costo. - Koenigsberger y Lynn (11), han sugerido una especificación del hecho: la temperatura del techo no debe exceder de la temperatura del aire en más de 4°C.

Para conseguir esto, la transmitancia de la combinación tejado-techo, necesitará valer alrededor de 0,8 W/m² grado C, o la superficie debe ser muy reflectora.

El diseño de controles solares para ventanas y aberturas comprende tres fases:

- a. Definición del período de sobrecalentamiento, - cuando se necesita sombra.
- b. Especificación del funcionamiento del dispositivo en función de los ángulos de sombra.

c. Diseño detallado del dispositivo.

El tiempo de sombra puede definirse de tres modos:

1. Sólo en función de la temperatura sol-aire.
2. En función de la temperatura eficaz, combinando la temperatura del aire y la humedad, y posiblemente el movimiento del aire.
3. En función de la temperatura sol-aire, separadamente para cada superficie de distinta orientación.

CONDICIONANTES BIOCLIMATICAS DE DISEÑO URBANO (13)

- TRAZA, FORMA Y ORIENTACION MAS FAVORABLE DE LAS MANZANAS EN CONJUNTO.
- DENSIDAD DE DISTRIBUCION ESPACIAL MAS RECOMENDABLE DE LAS VIVIENDAS EN CONJUNTO.
- MICROCLIMA PROPICIO EN CONJUNTO.
- BARDAS Y CERCAS.

CONDICIONANTES BIOCLIMATICAS DE DISEÑO ARQUITECTONICO

- ORIENTACION MAS FAVORABLE DE LA VIVIENDA EN EL LOTE.
- DESARROLLO PERIMETRAL MAS RECOMENDABLE DE LA PLANTA DE LA VIVIENDA.
- DESARROLLO VOLUMETRICO MAS RECOMENDABLE DE LA VIVIENDA.
- TIPO DE COLINDANCIAS MAS RECOMENDABLE.

CONDICIONANTES BIOCLIMATICAS PARA TECHOS

- ALTURA DE PISO A TECHO.
- TIPO ESTRUCTURAL DE CUBIERTA.
- FORMA GEOMETRICA MAS ADECUADA.
- ORIENTACION MAS RECOMENDABLE.
- PENDIENTE MAS RECOMENDABLE.
- MATERIALES TERMICAMENTE ADECUADOS.
- ACABADOS.
- PLAFOND TERMICO.

CONDICIONANTES BIOCLIMATICAS PARA MUROS EXTERIORES

- TIPO ESTRUCTURAL
- MATERIALES TERMICAMENTE ADECUADOS.
- ACABADOS.
- CONTACTO TERMICO CON BANQUETAS PERIMETRALES.

CONDICIONANTES BIOCLIMATICAS PARA MUROS INTERIORES

- TIPO ESTRUCTURAL.
- MATERIALES TERMICAMENTE ADECUADOS.
- ACABADOS.

CONDICIONANTES BIOCLIMATICAS PARA PISOS EXTERIORES

- TIPO ESTRUCTURAL DE BANQUETAS Y ANDADORES.
- MATERIALES TERMICAMENTE ADECUADOS.
- ACABADOS.
- TIPO ESTRUCTURAL DE VIALIDADES VEHICULARÉS Y ESTACIONAMIENTOS.
- MATERIALES TERMICAMENTE ADECUADOS.
- ACABADOS.
- CURVATURA Y PENDIENTES DE DRENAJE EN VIALIDADES VEHICULARES (BOMBEO).

CONDICIONANTES BIOCLIMATICAS PARA PISOS INTERIORES

- TIPO ESTRUCTURAL.
- MATERIALES TERMICAMENTE ADECUADOS.

- ACABADOS.
- CUBIERTA PARA PISOS.

DISPOSITIVOS EXTERIORES DE CONTROL SOLAR

- ALEROS.
- QUIEBRASOLES VERTICALES Y GALERIAS.
- TOLDOS Y PARASOLES.
- CELOSIAS.
- REMETIMIENTOS.
- CONTRAVENTANAS.
- REPIZONES.
- PERGOLAS.
- TIPOS DE VIDRIOS.
- PELICULAS REFLEJANTES ADHESIVAS AL VIDRIO.
- TRAGALUCES.

DISPOSITIVOS INTERIORES DE CONTROL SOLAR

- CORTINAS.
- PERSIANAS HORIZONTALES.
- PARTELICES VERTICALES.

CONTROL SOLAR CON VEGETACION

- EN LAS AREAS VERDES DEL CONJUNTO.
- EN LAS VIALIDADES DEL CONJUNTO.

- EN EL LOTE DE LA VIVIENDA.
- EN LOS MUROS EXTERIORES.
- EN EL TECHO DE LA VIVIENDA Y VOLADOS.
- EN LAS VENTANAS.

CONDICIONANTES BIOCLIMATICAS DE VENTILACION

- CONTROL DE VIENTOS EN EL CONJUNTO URBANO.
- CONTROL DE VENTILACION EN EL CONTORNO DE LA VIVIENDA.
- CONTROL DE VENTILACION EN INTERIORES.
- VENTILACION CRUZADA.
- VENTILACION VERTICAL POR DIFERENCIAS DE TEMPERATURA (CONVECCION).
- VENTILACION VERTICAL INDUCIDA POR SUCCION "VENTURI".
- VENTILACION HORIZONTAL INDUCIDA POR CANALIZACIONES Y ELEMENTOS ARQUITECTONICOS.
- VENTILACION INDUCIDA POR TURBINA EOLICA.

ELEMENTOS ARQUITECTONICOS DE CLIMATIZACION

- PATIOS.
- BALCONES.
- PORTICOS Y TERRAZAS.
- JARDIN.
- INVERNADERO.

- CAMARAS DE AIRE.
- SISTEMAS PASIVOS.

EQUIPAMIENTO DE CLIMATIZACION ARTIFICIAL DE APOYO

- VENTILACION.
- CALEFACCION.
- ENFRIAMIENTO.
- DESHUMEDECIMIENTO / HUMEDECIMIENTO.
- ILUMINACION.

CONDICIONANTES BIOCLIMATICAS PARA ABERTURAS

SECTOR NORTE SUR ESTE OESTE

VENTANA

FORMA
GEOMETRICA
MAS ADECUADA.

TAMAÑO
RESPECTO
AL AREA
DEL MURO
DE LA
HABITACION
SEGUN
FACHADA.

UBICACION
MAS
RECOMENDABLE
EN EL
MURO

RESPECTIVO.

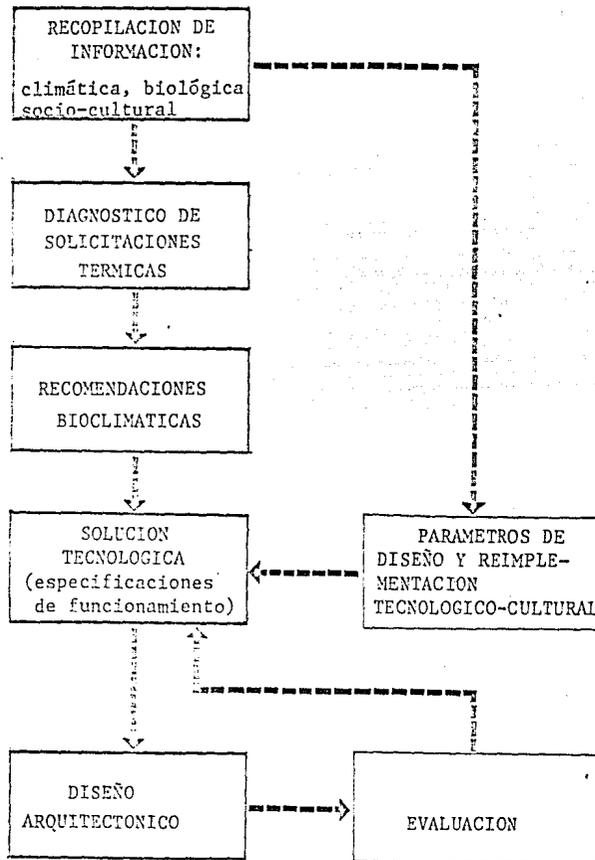
TIPO DE
VENTANAS.

ORIENTACION MAS ADECUADA DE LOS ESPACIOS PARTICULA-
RES DE LA VIVIENDA

PROTECCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LA VIVIENDA CON--
TRA:

- SISMOS.
- INUNDACIONES.
- CICLONES / HURACANES.
- TOLVANERAS.
- INSECTOS VOLADORES.
- INSECTOS RASTREROS.
- HUMEDAD.
- CORROSION.

Se debe considerar estas tablas como ayuda para - el diseño esquemático, pero no como un sustituto - mecánico del pensamiento del proyectista. La lógica del proceso tiene que ser entendida y recordada:



En la primera parte se han registrado en una forma simplificada los aspectos dominantes del clima y - su duración/frecuencia, al mismo tiempo que se han evaluado los aspectos biológicos y culturales, ha- ta un nivel puramente descriptivo.

A continuación se ha diagnosticado la naturaleza - de las solicitudes térmicas.

Por último se han examinado y correlacionado estos indicadores, dando algunas recomendaciones para el diseño. Es indiferente, si estas recomendaciones se toman como funcionamiento requerido, o como decisiones de diseño amplias y básicas. En cualquier caso, se tienen que usar como restricciones junto con muchos factores, aparte de los climáticos, al formular el diseño esquemático.

En el control climático, mediante medios naturales con frecuencia los convenios son ineludibles. Las últimas etapas de desarrollo del plan y diseño de elementos, proporcionará la oportunidad de mejorar las configuraciones favorables y mitigar las desfa vorables del concepto inicial.

La compatibilidad de detalles, es un antiguo prin- cipio de arquitectura. Cada simple detalle debe - diseñarse a la luz de la solución total y debe re- flejar el objetivo global del diseño.

Si esto, es cierto en términos generales, lo es mu- cho más en función del diseño climático. Ello im- plica no sólo compatibilidad formal, sino también una compatibilidad de función. Sin embargo, por - buena y climáticamente apta que sea la solución - global, los más cuidadosos detalles pueden dar al traste con la realización del edificio. Si por al- guna razón el esquema global es climáticamente me- nos perfecto, los buenos detalles pueden hacerlo - eficaz, sino haciéndolo confortable, mejorando al menos las condiciones causantes de incomodidad.

El caso ideal, naturalmente, es cuando el concepto

global y los detalles se formulan con el mismo propósito: la creación de condiciones confortables - para las personas y sus actividades.

En fin, la adaptación de los edificios al medio ambiente, ha sido un problema a través de los siglos. Vitruvio, hizo eco en Le Corbusier al reconocer la importancia de ésta: "La sinfonía del clima... no ha sido comprendida... El sol difiere a lo largo - de la curvatura del meridiano, su intensidad varía sobre la corteza terrestre de acuerdo a su incidencia... En este juego se crean muchas condiciones - que esperan soluciones adecuadas y es aquí en donde un regionalismo auténtico tiene su lugar propio (14).

13.2 EVALUACION: UN ACERCAMIENTO

La evaluación como comprobación o verificación de un proyecto arquitectónico, cualquiera que sea su fin, entraña una gran importancia en el proceso del diseño. Tan importante como lo fue la relación de necesidades que generaron ese proceso del diseño. Sin embargo, es evidente que la arquitectura moderna y más precisamente aquella que se guía por parámetros de carácter "mercantilista", ha substituido y minimizado el papel de la evaluación en el diseño y construcción arquitectónico.

La arquitectura con un interés bioclimático, por el contrario no puede ser ajena a esta herramienta tan valiosa que es la evaluación. Casi podría decirse que su función retroalimentadora es inherente al objetivo fundamental del diseño climático. En ella está el origen y fin del proceso del diseño, en un ciclo constante de comprobación que enriquece continuamente la experiencia del diseño.

A nuestra manera de ver, el diseño arquitectónico bioclimático puede y ha de valerse de una verificación sucesiva en la "salida" de respuestas solutivas. Esta verificación constante, que prácticamente empieza con la proposición diagnóstica y continúa aún mucho después de la materialización física del proyecto, podemos dividirla en dos grandes etapas:

- Una primera etapa "a priori" de la construcción del proyecto, cuando las "especificaciones de funcionamiento" apenas alcanzan a ser dilucidables a nivel de maqueta, verificándolas.
- Y una segunda etapa cuando el proyecto ya hecho realidad, es necesario que compruebe la hipótesis de confort ambiental que le dieron origen, evaluándolas.

En la primera etapa hemos de valernos de útiles de verificación denominados "modelos o sistemas análogos", que si bien se emplean ahora como elementos de evaluación, en una etapa anterior, han debido funcionar como útiles de diseño.

Entre los útiles de verificación encontramos a: los modelos físicos, sistemas análogos, modelos matemáticos y el dibujo que en combinación con instrumentos como el túnel aerodinámico, el heliodon, los diagramas solares, los sistemas análogos del flujo calorífico y las computadoras, nos ayudan a verificar la hipótesis de diseño propuesta.

En la segunda etapa hemos de valernos de una matriz de análisis donde se vaciarán y calificarán los datos "a posteriori" respectivos a las variables de confort higro-térmico y ambiental, proveniente de encuesta directa con instrumentos climáticos, a saber: termómetro de bulbo seco, termómetro de bulbo húmedo, termómetro de esfera, termómetro de máximas y mínimas, termómetro de contacto, higrómetros, anemómetros, etc.

13.2.1 MODELOS Y SISTEMAS ANALOGOS

El término "modelo", se utiliza aquí en un sentido genérico y significa la representación de un modelo por otro, análogo a aquél desde el punto de vista considerado.

En este sentido podemos hablar de:

- a. dibujos, representaciones bidimensionales
- b. modelos físico, reproducciones de objetos a tamaño reducido para un fin específico, que puede ser representativo de:
 - estructuras
 - flujo de aire
 - iluminación natural
 - visualidad.
- c. sistemas análogos, por ejemplo sistemas de flujo calorífico, eléctrico o hidráulico. Las computadoras entran en esta categoría.
- d. modelos matemáticos, que representan cualquier sistema. Estos pueden utilizarse con o sin ayuda de computadoras.

Desde el punto de vista de la evaluación, tales modelos pueden utilizarse, según lo que se quiera comprobar como útiles de verificación; con los que es necesario suponer una hipótesis de diseño, la cual se representa entonces con un modelo y se com- prueba dando lugar a posibles modificaciones, es decir "análisis indirecto". Muchos métodos de comprobación y de error conocidos y programas de cálculo iterativos menos conocidos entran en esta categoría.

Túnel aerodinámico

Los modelos físicos y las maquetas se utilizan fre-

cuentemente para verificar o presentar un esquema - desde el punto de vista de un aspecto. Si la escala es adecuada, el mismo modelo puede comprobarse - en el túnel aerodinámico para examinar el flujo de aire alrededor de los edificios.

La necesidad de tales ensayos surge especialmente - en caso de grandes desarrollos o esquemas que impliquen grupos de edificios. Incluso resulta útil de comprobación de un sólo edificio, desde dos puntos de vista:

- a. como influyen los objetos situados frente al viento en el flujo de aire que llega al edificio
- b. como afecta el edificio considerado al entorno - y las características topográficas.

Para comprobar el flujo de aire a través de un determinado espacio, se requiere un modelo a gran escala con representación exacta de aberturas y objetos situados en el espacio.

Para ambos propósitos el propio ensayo puede tomar tres formas:

1. visualizar los diagramas de flujo de aire, utilizando trazas de humo,
2. medir la distribución de presión,
3. medir la velocidad del aire en varios puntos.

Helioscopios:

En la predicción del asoleo y la sombra, los diagramas estereográficos de trayectoria solar (diagramas solares) y los transportadores y plantillas superpuestas relacionados, proporcionan ayuda de verificación de una solución bidimensional.

Se han construido diversos dispositivos para simu--

lar la relación sol-edificio y facilitar los estudios de sol y sombra sobre modelos. Se utilizan con varios fines:

- a. como comprobación final sobre el modelo de un esquema terminado,
- b. en caso de un esquema complejo, cuando solo se haya determinado analíticamente unos pocos salientes, para examinar el comportamiento del complejo total y de los detalles postulados.

El indicador solar es un útil muy sencillo. Si se une al modelo, éste puede girar e inclinarse hasta que el indicador muestre la fecha y la hora. Se puede usar cualquier fuente de luz. Los mejores resultados se consiguen con luz solar en el exterior.

El heliodon, útil para simular los movimientos aparentes del sol, sobre un modelo, ya ha sido explicado en detalle en "Sol y edificación". Su ventaja es su bajo precio y su sencillez de utilización

Los helioscopios, aunque tienen el mismo principio y uso del heliodon son bastante más sofisticados y por lo tanto caros.

En cualquiera de estas máquinas se puede probar un modelo visual de un grupo de edificios para predecir la duración y extensión de la sombra en los espacios exteriores a los edificios y entre éstos.

Los cielos artificiales: se utilizan para los estudios de modelos frente a la iluminación diurna. Son fundamentalmente útiles de verificación, porque hay que construir un modelo que se adapte a una hipótesis supuesta. (ver gráfico 108, INGER-SOLL, Koenigs).

El transportador de luz diurna (gráfico 99, INGER-SOLL) es un sistema análogo gráfico y se utiliza

para predecir la componente celeste del factor de luz diurna en función de dibujos.

Computadoras:

Ya se dispone de diversos programas para el estudio del flujo calorífico mediante calculadoras digitales. Cada vez están desarrollando más programas los investigadores.

Hay programas para cálculo del flujo calorífico y para predicciones de luz solar. Se han programado diagramas solares y diseño de dispositivos para sombra, etc.

Utilizando estos instrumentos adecuadamente sobre modelos exactos obtendremos predicciones de gran certeza muy aproximadas a las condiciones y respuestas que se experimentarán en la realidad. Valiéndonos de esto podremos lograr una buena pre-evaluación del diseño climático.

13.2.2 MATRICES PARA EVALUACION DE ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO BIOCLIMATICO

En esta segunda etapa de verificación evaluativa - los instrumentos analizados anteriormente, prácticamente no tienen función que cumplir. Se da por hecho que el proyecto ya ha sido construido y que es necesario constatar y medir el nivel de optimización, alcanzado por la estructura en la búsqueda de un confort ambiental; en otras palabras, comprobar y calificar el grado de aproximación alcanzado en la predicción de nuestra hipótesis.

Así de este modo, la matriz de evaluación se nos presenta como la manera más sencilla de lograr un perfil integral del funcionamiento higro-térmico - de nuestro espacio arquitectónico que queremos evaluar.

La matriz comprende todos los elementos que integran el funcionamiento de la edificación en términos de bioclimatismo, también se considera dentro de ese nivel la integración y respuesta de la edificación, como sistema, al medio; a su vez cada uno de estos componentes es analizado a través de las variables que lo constituyen. De esta forma subdividimos la matriz de evaluación en tres grandes componentes, a saber: Confort Higro-térmico y síco-físico; Respuesta físico-térmica de materiales y Respuesta ambiental de la edificación; estos componentes vendrían a ser a "grosso modo" la síntesis hipotética de nuestro proyecto, interactuando estrechamente en la búsqueda de un confort interno y de una integración equilibrada al medio ambiente.

Empleo de la matriz

Es indispensable que antes de empezar a llenar la matriz, dispongamos de una matriz semejante, donde estén ya asentados los datos óptimos arrojados por los cálculos y verificaciones hechas durante el

proceso del diseño. De esa forma dispondremos de - las mediciones, especificaciones y estimaciones de especificaciones recomendadas a la hora de recopilar nuestros datos.

Es evidente que nos encontraremos con items que no podrán ser calificados cuantitativamente, v.g.: impacto visual, integración paisajística, etc., u otros que responderán a parámetros meramente subjetivos, como serían los niveles de iluminación, aislamiento acústico y confort térmico, en las que no nos quedara otra alternativa que evaluarla, según - escalas preconvénidas entre evaluador y usuario, - bajo parámetros de:

En cuanto a los items susceptibles de ser medidos y cuantificables, su eficiencia puede ser extrapolada a términos cualitativos a través de porcentajes de complementación o cualquier otro sistema previamente convenido.

Esta evaluación a de hacerse mínimo un año después de concluido el proyecto, tiempo recomendable en - que los distintos elementos de la edificación han - adquirido un ritmo propio de climatización y adaptación a las condiciones imperantes en el lugar.

Después este período puede prolongarse con intervalos de dos años a tres por una o dos veces más, sobre todo para analizar ya no sólo respuestas de confort, sino deterioro y temporalización de materiales, por un lado, y por otro adaptación del usuario al espacio arquitectónico.

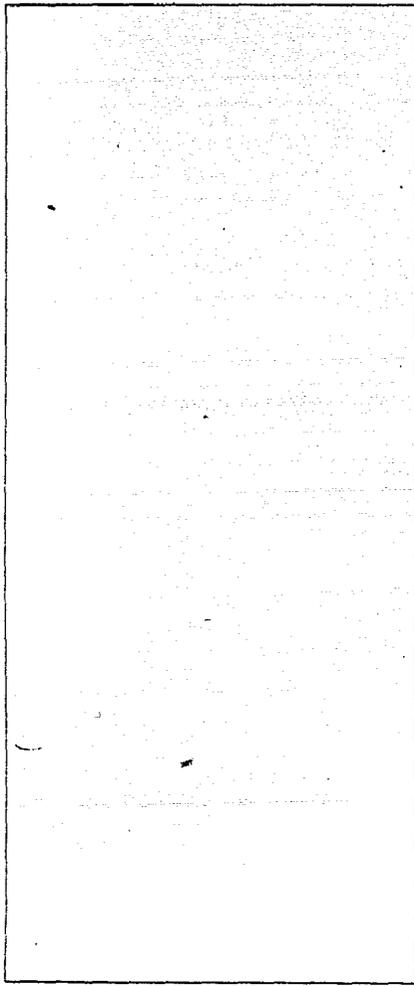
A continuación un ejemplo de lo que podría ser una matriz prototipo -en este caso referido al clima - cálido-húmedo con sus respectivos requerimientos de confort que puede ser adaptada fácilmente a las necesidades particulares del interesado.

Para terminar, es importante saber que, la mejora - de los dispositivos de entrada, salida, es decir de

los sistemas de computación interactivos ha facilitado una gran gama de programas del tipo INTUVAL - (intuición-evaluación). Se genera una solución - "intuitivamente" y la computadora imprime o proyecta en una pantalla un orden completo de secuencias que ayudan a la evaluación. La solución puede entonces modificarse fácil e inmediatamente y los números ajustados en la pantalla mostrarán las consecuencias casi al instante.

También se han elaborado programas basados en los algoritmos de optimización, por ejemplo, para la planificación de edificios complejos. Estos programas no solo verifican las hipótesis postuladas, sino que realmente aportan soluciones.

Por una parte, el método manual aquí presentado, a partir de datos, diagnóstico y especificaciones recomendadas podría proporcionar un rápido (aunque generalizado) análisis directo, estableciendo los parámetros generales. Por otra parte, basados en esos parámetros generales, podrían generarse muchas posibles soluciones, casi intuitivamente, las cuales se podrían entonces evaluar utilizando rutinas de análisis indirecto rápido.



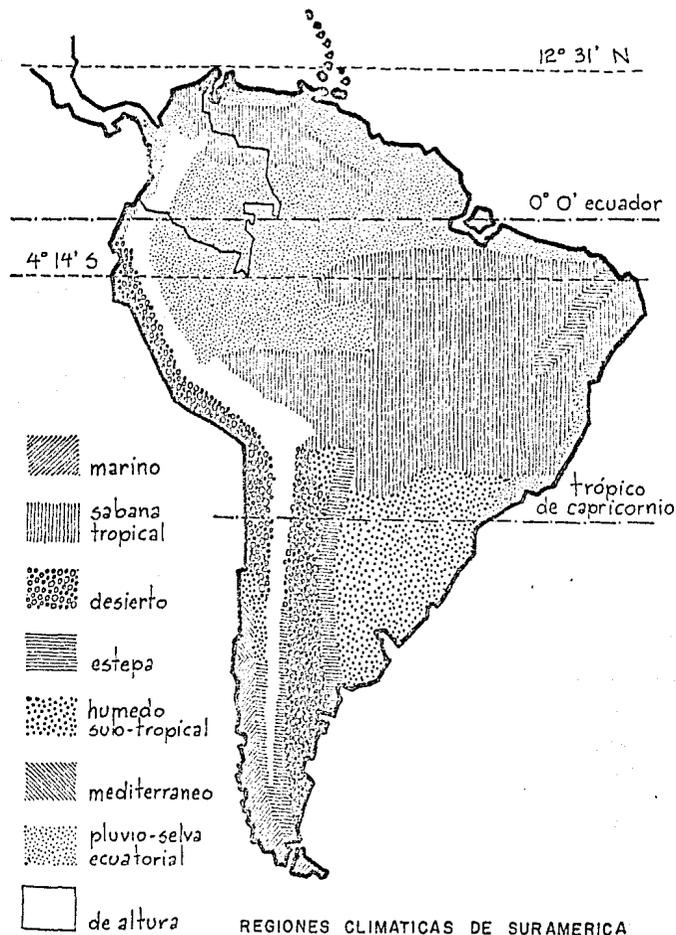
XIV.
PROPUESTA PARA CRITERIOS
DE DISEÑO ECOTECONOLOGICO
EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES
PARA CARTAGENA, COLOMBIA

Colombia, ubicada en el extremo noroeste de suramérica como punto de enlace entre este subcontinente y Centroamérica, presenta por su posición geográfica y sus características topográficas, casi que una características "sui generis" en lo que a composición climática se refiere. A más de ser el único país del hemisferio suramericano que posee costas sobre los océanos Atlántico y Pacífico, es también la única entidad política cruzada por los Andes, - que posee tal cantidad de pisos térmicos.-desde los litorales selváticos y de sabana hasta los páramos, pasando por las grandes planicies del oriente y los desiertos del norte; pero, para poder ubicar claramente las situaciones climáticas de Colombia, debemos ante todo discutir el fenómeno climática total de suramérica.

14.1 EL CLIMA DE SURAMERICA *

Suramérica posee gran cantidad de climas, no solo - debido a la topografía y a la influencia de la cordillera de los Andes, sino también por los grandes cambios de latitud que presenta la región. Es el único continente que, al sur del Ecuador, se extiende hasta latitudes templadas y la masa de tierra - que de él penetra hacia el polo sur, posee poca superficie en comparación con la que presenta los océanos que le rodean. Las influencias de temperatura se ven modificadas por la influencia del agua, que debido a su alta capacidad de calor impide que la región se presenten los extremos de temperatura característicos del subcontinente norte. Los inviernos de las latitudes templadas son mas calientes y los veranos mas frescos que los de Norteamérica o Asia. El continente es mas ancho en la zona Ecuatorial y posee mas areas bajas, tropicales y calientes y mas regiones altas, tropicales y frías que cualquier otro continente.

*OLGYAY.V.: "El clima de Colombia" V.del Valle,1969



REGIONES CLIMATICAS DE SURAMERICA

Con excepción de las regiones extremadamente frías, se presentan en Suramérica todas las zonas climáticas resultando una figura climática muy variada (ver figura). Hacia el oeste se encuentran áreas - desérticas mientras que en el norte del Brasil hay selvas pluviales ecuatoriales, en donde el calor y la humedad oprimen. La zona central del Brasil es una sabana tropical; las pampas de la argentina y Uruguay tienen un clima sub-tropical húmedo; el occidente argentino posee cinturones de clima estepario y Chile central posee clima mediterráneo.

Las temperaturas del continente también varían. El promedio anual de temperaturas en la hoya del Amazón es de aproximadamente 30° C con variaciones - casi imperceptibles debido a las estaciones. Quito cerca al Ecuador, pero a 2.830 m. de altura, posee un promedio de temperatura de 12.5°C. cada mes. Los cambios de temperatura debido a las estaciones, dependen de la cantidad de impacto solar, aumentan con la latitud y alcanzan un máximo en el noroeste de Patagonia en donde el promedio en el mes - de julio es de 0° C. más frío que en enero. En Tierra de fuego y Patagonia se presenta congelamiento a escasa altitud, lo que no es raro en la pampa argentina o al sur de Chile Central, presentándose al sur del Brasil a altitudes entre los 300 y los 600 m.

Las corrientes oceánicas ejercen influencia sobre - las temperaturas costaneras. La corriente de Humbolt enfría la costa oeste hasta el Ecuador, la corriente de Falkland enfría las costas argentinas mientras que corrientes calientes afectan las costas del Brasil y en el océano Pacífico, las costas del Ecuador y Colombia.

El régimen pluvial del continente se relaciona directamente con la distribución de los vientos y de las masas de aire. La mayoría de la Suramérica tro

pical, al este de los Andes posee direcciones predominantes de los vientos del noreste, este o sureste. Los que cargados de humedad y proviniendo del océano Atlántico que es cálido, descargan copiosas lluvias debido a los efectos de convección. La distribución de la precipitación varía considerablemente, presentándose regiones como las del Chocó en Colombia en - donde caen 10,000 mm. al año, lo cual la ubica como una de las regiones más lluviosas del mundo * y - otras zonas secas en la costa oeste del Perú y al norte de Chile en donde el desierto de Atacama es una de las áreas más secas del planeta. En general puede decirse que la zona noroeste de Suramérica posee dos periodos de máxima precipitación, asociados con los dos periodos de alto impacto solar.

* junto con Cherrapunji en la India y los montes - Wakaleale, Kauas en Hawai; 11250 y 11.500 mm respectivamente. World Climatic data, Pennsylvania 1972.

14.2 EL PAIS : COLOMBIA *

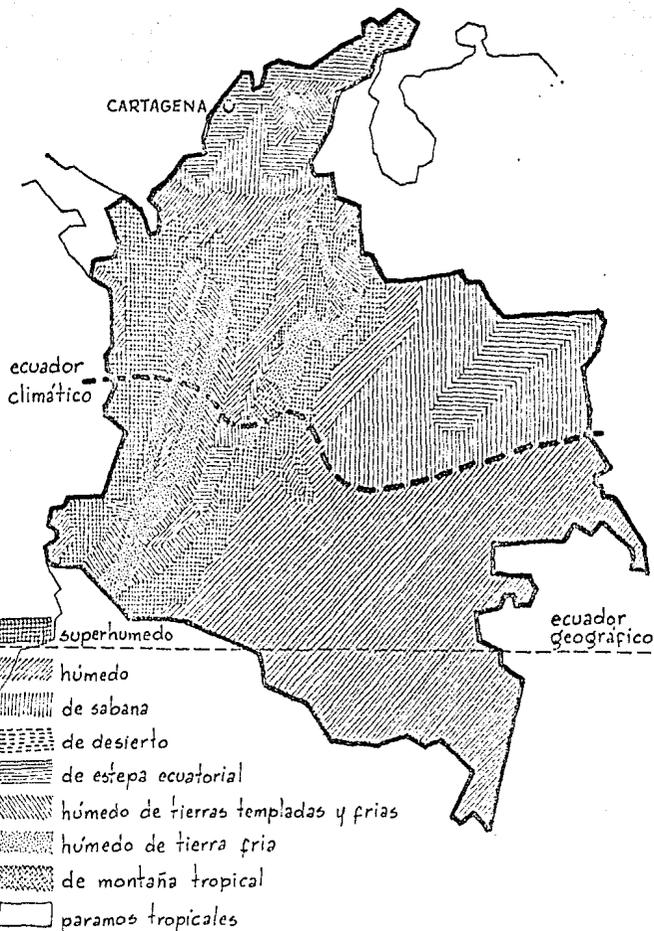
El país está ocupado por el extremo norte del sistema andino y por una zona oriental llana y selvática. Sus ríos discurren primero por grandes fosas y terrazas aluviales en los valles y una amplia zona pantanosa sobre la costa del Caribe. La cordillera andina se divide en tres cadenas casi paralelas, que atraviesan el país de norte a sur. Junto al Pacífico está la cordillera Occidental; en el interior, - la central y la oriental. Las tres se unen en la meseta "Nudo de Pasto" para continuar hacia el sur formando una sola. En el norte, sobre la costa del mar Caribe, se levanta el macizo montañoso de Santa Marta, de carácter insular.

El país posee numerosos y grandes ríos, como el Magdalena (1550Km), el Cauca (1350 Km), el Orinoco - (420 a 2900 Km) el Caqueta (2000Km) el Putumayo y muchos más.

Las costas del Pacífico son bajas y pantanosas - (1300 km) Mas altas e irregulares, formando Golfos y bahías, son las del Caribe (1500 km) El clima es tropical tórrido, modificado por la altitud.

14.2.1. EL CLIMA EN COLOMBIA

Colombia se encuentra casi en su totalidad en el - norte de la zona tórrida lo que, sin embargo, no describe las condiciones climáticas típicas. Se ha dicho correctamente que Colombia es la tierra de - los climas en donde estos son "verticales" Su gran variedad está determinada por el relieve topográfico, por la humedad o la sequía, por el calor o el frío, por la acción de los vientos dominantes y por la variedad de intensidades de la radiación solar.



PISOS CLIMATICOS DE COLOMBIA

(*) V. OLGAY: (idem)

14.2.2. TEMPERATURA

En cualquier parte del país la oscilación anual promedio de temperaturas no sobrepasa los 2°C (y Cartagena, objetivo de nuestro estudio, no es una excepción). Pero los cambios diarios entre mínima y máxima pueden ser apreciables.

Si no existiera la zona montañosa, todo el territorio, al nivel del piso, sería tórrido con muy pocos cambios dependientes de la precipitación y del sistema de vientos, pero los tres ramales de la cordillera de los Andes que cruzan al país producen cambios drásticos de temperatura a medida que se asciende, ya que la radiación solar, que afecta mayormente al aire más denso, produce efectos más débiles en el aire delgado de las montañas, aunque la intensidad de radiación que se siente aumenta proporcionalmente. A nivel del mar, específicamente en la sabana del litoral Atlántico, predomina un clima típico de litoral occidental, de gran uniformidad en todo el año y con características climáticas propias de los climas cálido-húmedos; Son temperaturas que oscilan entre los 27°C y los 30°C, solo atenuadas por las brisas térmicas provenientes del mar y los vientos alisios que refrescan el área desde diciembre hasta marzo. En el resto del año y especialmente en la época de lluvias en que el movimiento atmosférico es más débil, predominan las altas temperaturas en un ambiente saturado de humedad que lo hace casi insoportable por lo bochornoso.

Considerando que la temperatura desciende 1°C por cada 187 m. de altitud, podemos clasificar los distintos pisos térmicos, dentro de un margen de 400 mts en las siguientes categorías:

ZONA CALIDA: de 0 a 1000 mts. con temperaturas pro-

medio superiores a los 23°C

ZONA TEMPLADA: de 1000 a 2000 mt. Con temperaturas promedio entre 17.5°C y 23°C

ZONA FRÍA: De 2000 a 3000 mts. Con temperaturas entre 12°C y 17.5°C en promedio.

ZONA DE PARAMOS: A más de 3000 mts. Con temperaturas promedio inferiores a 12°C

14.2.3 HUMEDAD

Si analizáramos el clima colombiano únicamente desde el punto de vista de la temperatura, su imagen - resultaría incompleta y equivocada ya que la ubicación característica del país, bañado por dos océanos cruzados por grandes ríos, con enormes pantanos y - zonas inundables, afecta el clima, produciendo una alta humedad relativa en el territorio durante todo el año.

En las selvas del Amazonas, así como en la hoya del Orinoco, en el valle del río Magdalena, en las ribe- ras del Atrato y en las zonas de bosques de mangla- res de la Costa Pacífica, los valores de humedad - relativa se mantienen muy altos (entre el 75 y el - 95%).

Hay otras áreas como el valle del Cauca, Girardot, la sabana de Bogotá, en donde otros efectos micro-- climáticos mantienen la humedad relativa en un 65%, mientras que en la zona semi-desértica de la penín- sula de la guajira. Los valores de humedad relati- va oscilan en proporción inversa a la temperatura.

14.2.4 PRECIPITACION

Hay gran variación en cuanto a la intensidad y a la distribución de las lluvias en el país. Por una parte se encuentran zonas con escasa lluviosidad - tales como Uribí, en la Guajira, en donde caen 330 mm. al año y otros sitios como el Chocó donde una precipitación de 1000 mm. y más, al año lo convierten en una de las tres zonas más lluviosas del planeta.

El ciclo anual pluvial está controlado por los movimientos del sol y ya que la mayoría del territorio colombiano está localizado en el Hemisferio Norte, el máximo de influencia solar sucede a partir del equinoccio de primavera. La posición del sol en el zenit produce un área de baja presión, reduce la velocidad del viento hasta las calmas ecuatoriales, dando comienzo al período de lluvias. El movimiento contrario que se produce en agosto, produce nuevamente cinturones de baja presión y por lo tanto otro período de lluvias. Hay entonces un gran período de abril a noviembre con dos máximos: uno en mayo y otro en octubre-noviembre, generalmente mayor.

14.2.5. RADIACION SOLAR

Dada la posición del país, sobre el ecuador, la trayectoria que experimenta el sol en la bóveda celeste, es prácticamente simétrica durante todo el año, es decir, no se aprecia mayor variación en el movimiento solar sobre el firmamento. En el ecuador, donde los días duran siempre 12 horas. hay dos máximos de insolación en los equinoccios, cuando el sol es vertical al mediodía y dos mínimos en los solsticios, cuando el sol se encuentra más alejado. Los valores no varían mucho a lo largo del año, debido a que el sol nunca está demasiado alejado del zenit.

- El doble periodo de insolación para el Ecuador, anotado anteriormente, es constante hasta para latitudes a 12°N y S (Cartagena, 10° 27' N) El día 21 de junio (solsticio de verano) en el ecuador el día dura 12 horas pero el sol no llega al zenit y por lo tanto la cantidad de insolación es menor que en equinoccio. La carga total de radiación, incluyendo los lados y el techo, es la mayor de todas las zonas y por lo tanto este efecto debe tener prioridad en las condiciones climáticas.

Aunque evidentemente, a nivel del mar los valores más altos se obtienen de la radiación directa incidente en días despejados (época de secas), los valores de radiación difusa que obtenidos en días nublados (época de lluvias o de calmas ecuatoriales) no son nada despreciables, dándose casos en que pueden equivaler a los de radiación directa.

14.2.6. VIENTOS

Convergen en el país tres sistemas atmosféricos-planetarios, que son:

a. Los vientos alisios del noreste durante la época de verano del hemisferio sur. Ellos determinan en Colombia las épocas secas, cuando alcanzan su máxima penetración en el continente (meses de diciembre a marzo) Apreciados con gran intensidad en la costa del Caribe.

En las vertientes septentrionales de los Andes, sin embargo, los alisios ascendentes y húmedos, mantienen un cinturón selvático con lluvias durante todo el año.

b. Los vientos alisios del sureste durante el verano del hemisferio norte (julio y agosto) que son ampliamente percibidos en el altiplano cundi-boyacense.

c. La región intertropical de las calmas ecuatoriales (ZCIT) (*)

Entre ambos periodos de vientos y desplazada hacia el sur o norte respectivamente, se observa la región de calmas coincide con el ecuador climático, que atraviesa el país entre más o menos 2 y 5° de latitud norte y que hace pertenecer al país de hecho a dos hemisferios reales aunque no matemáticos. La zona de calmas ecuatoriales, al extenderse sobre el país, lo cubre de lluvias cenitales y calmas bochornosas: meses de abril a noviembre, excepto julio.

(*) ver capítulo "Elementos del clima", "Vientos"

14.2.7. DISTRIBUCION CLIMATICA Y CONSIDERACIONES GENERALES.

El mapa climatico de Colombia (ver figura .) se dibujó según la clasificación de Köppen, ya que se considera bastante conocida. El mapa se basa en las variaciones de temperatura y precipitación, los cuales se evalúan según ciertos valores numéricos seleccionados principalmente según su efecto en el crecimiento de las plantas, lo cual lo hace poco aplicable con propositos arquitectónicos bio-climáticos.

El colombiano Justo Ramón categoriza los climas así: de 30° a 35°C. ecuatorial; de 24° a 30° C., tropical ; de 18° a 24°C medio; de 10° a 18°C frio; de 4° a 10°C, muy frio; por debajo de 4°C nevado. Naturalmente, está clasificación es local, no aplicable a escala mundial, y considera únicamente las variaciones de temperatura como parámetro.

Otros investigadores han intentado tambien una clasificación climática válida universalmente y que ya revisamos en el aparte correspondiente a "El clima y su clasificación"

En esta parte del trabajo no viene al caso hacer una clasificación del clima. Además con el método de evaluación bio-climático poseemos una herramienta mas adecuada para investigar las situaciones climáticas, adaptable e implementable a problemas y principios arquitectónicos.

En esta investigacion, por razones de acceso a información detallada se seleccionó con propósitos de evaluación a Cartagena de Indias como una localidad representativa de un área cálido-húmedo (83% del territorio nacional se encuentran en esta area). Por otra parte, hasta ahora ningún estudio bioclimático

se ha ocupado de la zona litoral Atlántico de este clima en el país, por lo que consideramos de particular interés, centrar toda nuestra atención en esta ciudad en especial; de tan importantes connotaciones por demás en la vida nacional.

La metodología a seguir será la misma descrita y analizada en el capítulo XIII sin mayores variaciones, con propuestas arquitectónicas que alcanzaran el nivel de criterios de diseño y especificaciones constructivas generales recomendadas.

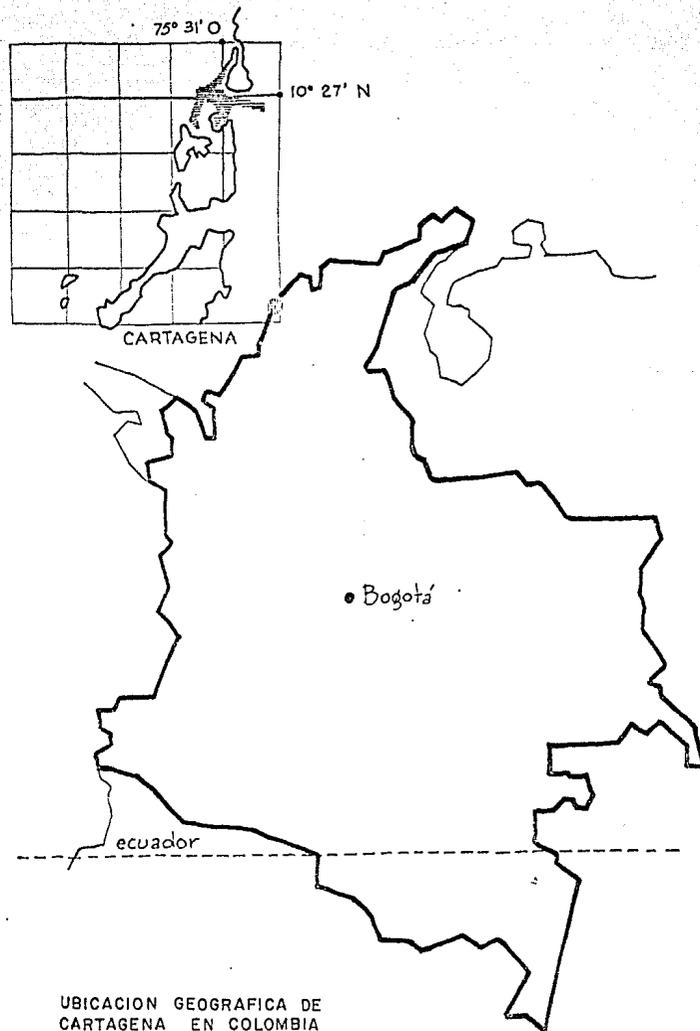
14.3 CARTAGENA: BREVE RESEÑA HISTORICA

Cartagena, "el corralito de piedra", así llamado por sus gentes carifiosamente, por razones que veremos más adelante, se localiza como una Venecia americana en la costa del Caribe colombiano, enclavada sobre una bahía, amplia y protegida, que lleva su mismo nombre "bahía de Cartagena"; entre islas, cienegas salobres y canales que le dan casi un aspecto mítico a la ciudad.

Fundada en 1533 por el adelantado español Don Pedro de Heredia, fue habitada anteriormente por tribus de raza Caribe, de carácter vagamundo y guerrero; Kalamari y Mocanaes, quienes opusieron gran resistencia a la conquista española hasta el punto de ser completamente aniquilados y exterminados. Se le llama entonces "Cartagena de Indias" para diferenciarla de su homonima española.

La posición geográfica de la fundación hace que el virreinato de la Nueva Granada (hoy Colombia, Venezuela, Perú, Bolivia y Ecuador) se interese en convertirla en un puerto de importancia estratégica; objetivo que se logra en el siglo XVII y puesto que sostiene hasta mediados del siglo XIX Cartagena se convierte así en puerta de salida y entrada, en el Caribe, de los tesoros y riquezas provenientes del virreinato, por un lado, y de los grandes cargamentos de esclavos negros proveniente de Africa, por otro lado.

Este trajinar de riquezas por sus lares la convierte en la codicia de Piratas, filibusteros y corsarios franceses e ingleses. Esto obliga a la Corona Española a invertir grandes sumas de dinero y a contratar a los mejores ingenieros - constructores de la época (siglo XVI y XVII) pa



UBICACION GEOGRAFICA DE
CARTAGENA EN COLOMBIA

ra dotar a la ciudad de las mas imponentes murallas construidas en América.

Las murallas rodearon completamente la ciudad en el siglo XVII y hasta la independencia de la Corona Española estuvieron defendiendo a la ciudad de los enemigos de turno. Junto con la Habana, Cuba, San Juan de Puerto Rico y Veracruz, México; constituyó el cuarteto de ciudades amuralladas de mayor importancia durante la colonia española.

La ciudad creció y prosperó dentro de su "corralito" en un ambiente de franca distensión y progreso durante la colonia, hasta tal grado de constituirse, por muchos años, en asiento del poder virreinal. Sus calles estrechas y flanqueadas de balcones se trazaron a la manera morisca, sin ejes visibles de organización, conformando manzanas poligonales, de todas las formas; típicas de una ciudad fortificada; para dificultar el tránsito de los enemigos en caso de ataque. Esto le dio un aspecto especial a la ciudad, semejante a los barrios andaluces de ascendencia árabe.

Sus casas altas, encaladas y embalconadas, entre penumbras apenas matizadas por algún rayo de sol que logra penetrar al medio-día, cuando el sol esta en el cenit, ayudan a realzar su aspecto de ciudad mediterránea; creando una atmósfera de tal frescura y placidez que resulta increíble pensar que se trata del tropico-húmedo americano.

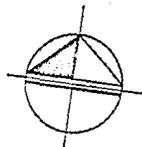
A excepción de uno que otro sobresalto causado por los piratas que asolaban la zona, Cartagena floreció durante toda la colonia. Con la llegada de los ecos revolucionarios de Europa, al clarear del siglo IXX. Cartagena se contagia febrilmente de ánimos independentistas, lo que genera toda una acción socio-política por parte de la ciudad, que logra el triunfo el

11 de noviembre de 1811; fecha en que se emancipa políticamente del Imperio español, convirtiéndose así en la primera provincia libre del Nuevo Mundo.

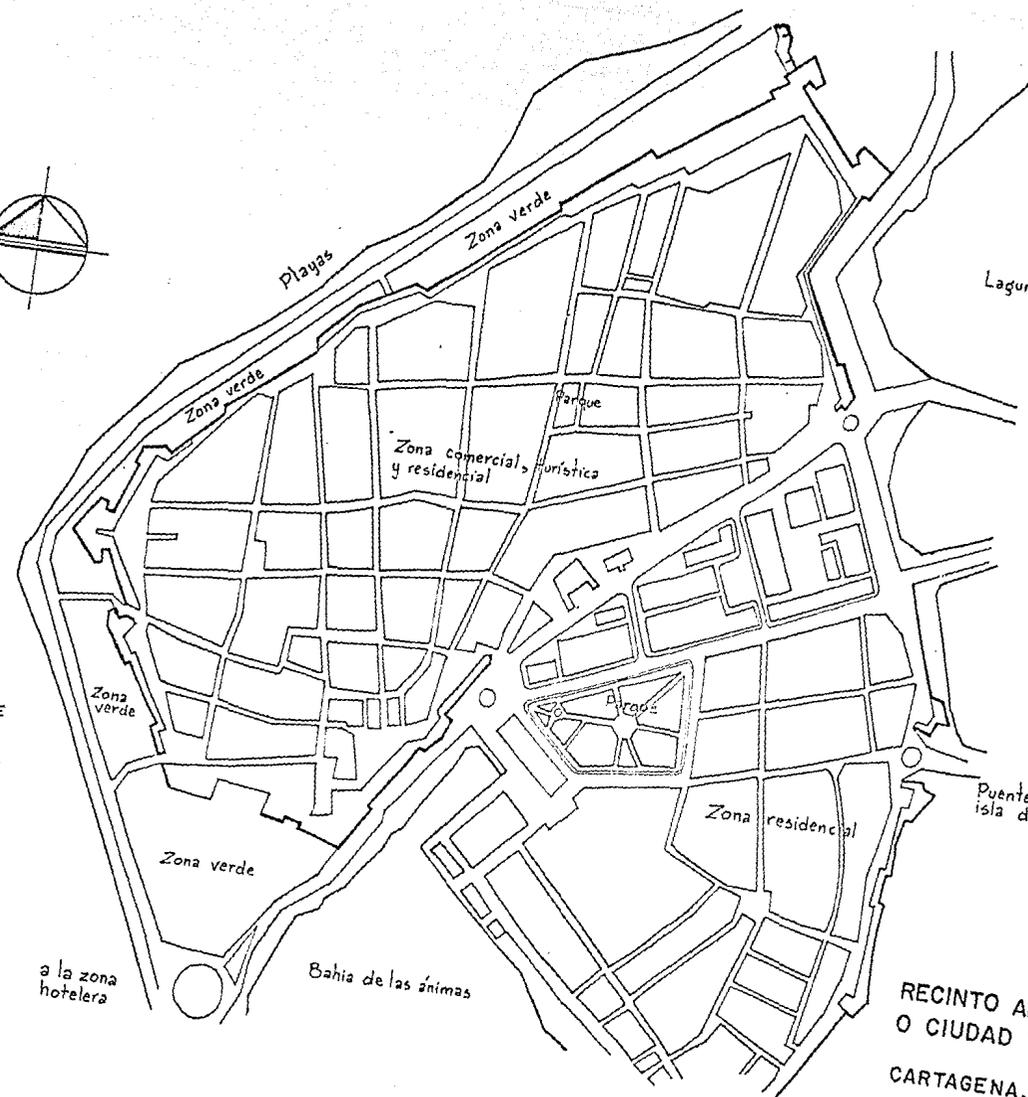
El jolgorio y la alegría del triunfo no dura mucho tiempo. La campaña emancipadora, quijotesca por demás, no había previsto las consecuencias que se desencadenarían con el triunfo pírrico obtenido. El puerto, aislado literalmente dentro del concierto colonial español, entra en una fase de abandono, bloqueo comercial y austeridad que facilitan la reconquista española un lustro mas tarde a manos del "Pacificador" Pablo Morillo, despues de un sitio dramático a la ciudad que practicamente acabó, a base de física hambruna, con la población de Cartagena, esto le valió el mote que hasta hoy conserva de "Ciudad heroica"

Después de la reconquista española Cartagena entraría en una etapa de franca decadencia en todos los ordenes: sociales, económicos y políticas, de la que no se repondría más hasta mediados de los años 60 de este siglo. El deterioro de la ciudad fue precipitado además, despues de la independencia de Colombia, con el surgimiento, crecimiento y expansión de una pequeña población situada 360 Km. al norte, cuyo progreso comercial e industrial eliminó a Cartagena como el principal puerto de Colombia sobre el Caribe, adjudicándose el liderato Barranquilla, posición que conserva hasta hoy.

A todas estas Cartagena paulatina pero incesantemente había seguido aumentando su población, lo que obligó en la época republicana a la expansión de la ciudad extramuros de sus fortificaciones. Definitivamente era una Cartagena nueva con aires de modernidad y una arquitectura neoclásica al estilo frances: no mas balcones, no mas callecitas estrechas; casas de un piso con amplios jardines al frente y eclecticamente decoradas, que por esas virtudes de la ciudad se



MAR
CARIBE



Playas

Zona verde

Laguna del Cabrero

Zona verde

Zona comercial, turística
y residencial

Parque

Zona verde

Zona verde

Zona residencial

Puente a la
isla de Manga

a la zona
hotelera

Bahía de las ánimas

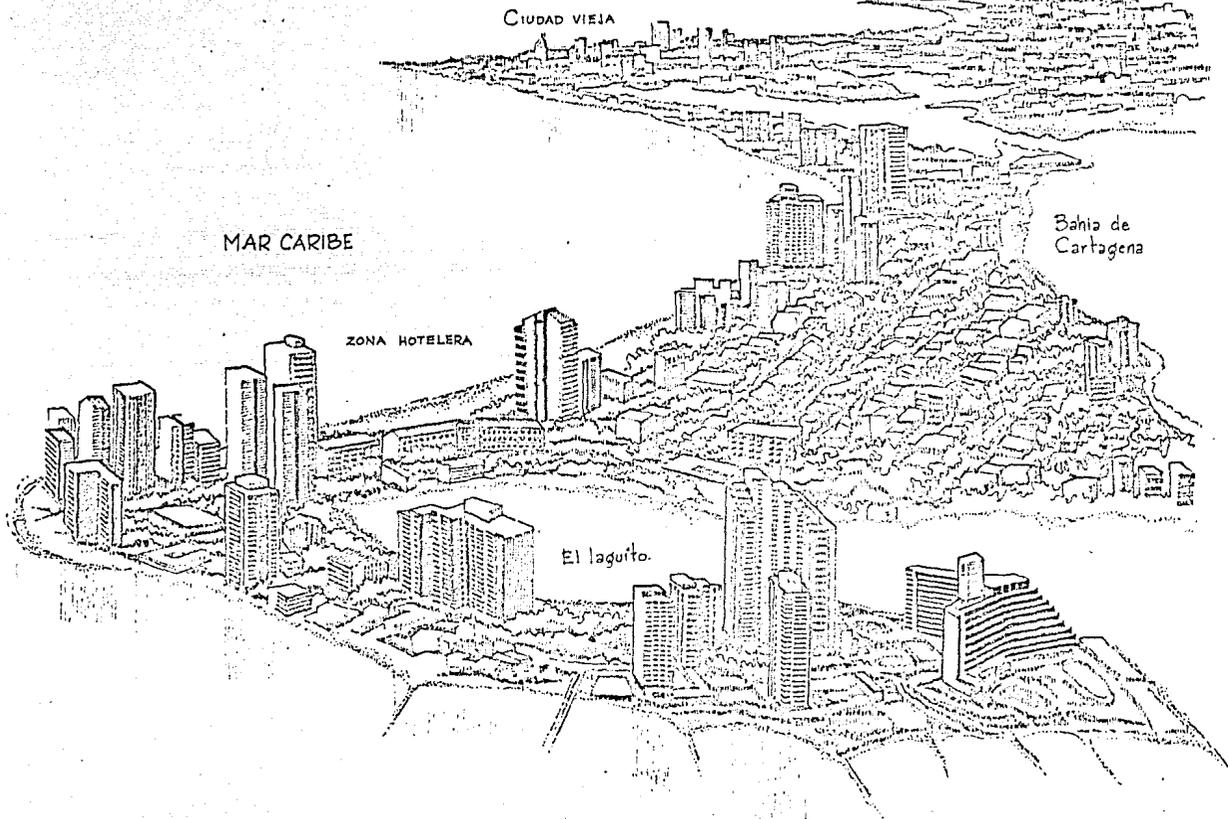
RECINTO AMURALLADO
O CIUDAD VIEJA
CARTAGENA, COLOMBIA

aclimataron perfectamente al medio. Así surgieron - alrededor de 1900 los hoy tradicionales barrios de Manga y Pie de la Popa. Este último toma su nombre de un cerro de caracter insular con 600 mt. de altura, antiguo convento carmelita hoy de amplia tradición y veneración.

Con el desarrollo de la industria turística en el - mundo, el gobierno colombiano fija de nuevos sus - ojos en la ruिनosa Cartagena, para la sexta década de este siglo. El estado de abandono y atraso en que - había estado sumida por mas de un siglo paradójica- mente o mejor dramáticamente había ayudado a conser- var ese aire colonial del siglo XVII. Y es que en verdad la ciudad materialmente se había quedado es- tancada despues del "siglo de las luces" Fuertes in- yecciones de capital y recursos materiales devolvie- ron el ánimo a la desalentada población haciendole renacer el orgullo de antaño por el puerto fortifica- do. Las características urbano-arquitectonicas de la "ciuda vieja" sería un magnífico atractivo para el turismo internacional y nacional, era el pensa- miento de autoridades centrales y locales. Eso com- binado con fuertes inversiones en el comercio y la industria devolverían la vida a la ciudad.

Afortunadamente los pronosticos no fueron equivocados y Cartagena se salvó de su ruina total.

Hoy Cartagena es una pujante ciudad turística (la - primera del país), comercial e industrial, con una infraestructura urbana capaz de atender comodamente el gran volumen de visitantes temporales, convirtiéndose así en menos de 20 años en el orgullo de nati- vos y nacionales. Con una población que llega a los tres cuartos de millon de habitantes y una próspera industria turística, Cartagena crece día a día pro- gresivamente, no siendo extraña a las bondades y - faltas de la arquitectura contemporanea, con una man- cha urbana que se extiende sin cesar entre el mar Caribe, la bahía de Cartagena y la Ciénega de la Virgen.



VISTA PANORAMICA DE CARTAGENA DE INDIAS
ZONA TURISTICA HOTELERA

Estos factores juntos producen una gran variedad de condiciones en una tierra en donde el sol se mueve con una gran igualdad, en donde los periodos de florecimiento y de cosecha son paralelos y perpetuos y en donde la germinación y la producción de frutas se entrelazan incesantemente.

14.3.1 DATOS CLIMATICOS

SITUACION: Cartagena, COLOMBIA

LONGITUD : 75° 31' O

LATITUD : 10° 27' N

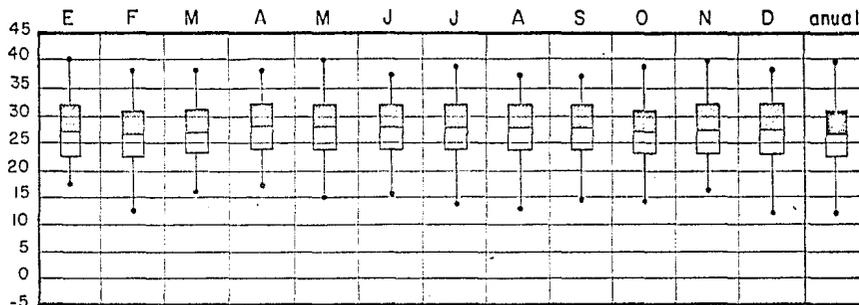
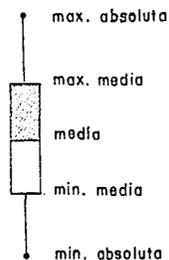
ALTITUD : 2.00 m

TEMPERATURA DEL AIRE : °C

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	anual
MAXIMA MEDIA MENSUAL	: 32	31.5	31.5	32	32	32	32	32	32	31.5	32	32	32
MINIMA MEDIA MENSUAL	: 22.5	22.5	23	24	24	24	24	24	24	23.5	23.5	23	23.5
MAXIMA ABSOLUTA MENSUAL	: 40	38	38	38	40	38	39	38	38	39	40	39	40
MINIMA ABSOLUTA MENSUAL	: 17.5	12	16	16.5	15	15	13	12.5	14	14	16	12	12
TEMPERATURA MEDIA MENSAL	: 27.5	27	27.5	28	28	28	28.5	28	28.5	27.5	28.5	27.5	28
DIFERENCIA MEDIA MENSUAL	: 10.5	9	8.5	8	8	8	8	8	8	8	8	9	8

TEMPERATURA MEDIA ANUAL : 28.0 °C

OSCILACION ANUAL DE TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES : 9.5 °C

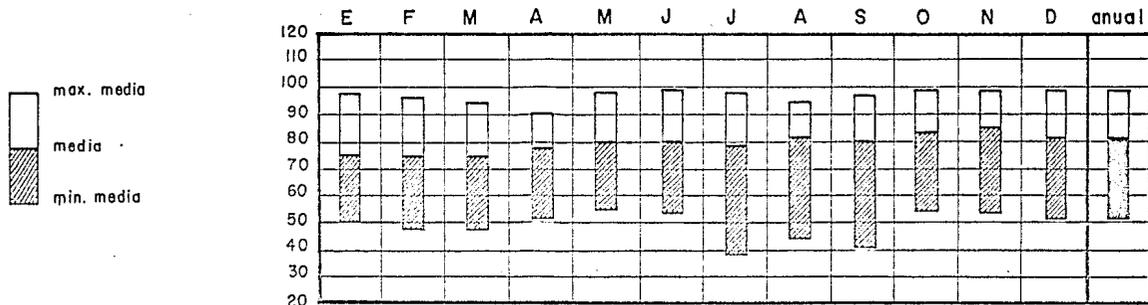


GRAFICA DE TEMPERATURAS MENSUALES (°C)

HUMEDAD RELATIVA: %

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	anual
MAXIMA MEDIA MENSUAL	97	96	95	90	98	99	98	93	97	99	99	99	99
MINIMA MEDIA MENSUAL	50	48	48	51	56	54	37	44	40	55	54	51	51
VALOR MEDIO MENSUAL	76	76	76	78	80	80	79	81	80	82	83	81	81

HUMEDAD RELATIVA MEDIA ANUAL : 79%



GRAFICA DE HUMEDAD RELATIVA MENSUAL (%)

LLUVIA Y VIENTO

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	anual
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL	0	0	4.3	24.2	119.4	76.5	63.3	51.4	120	225.6	285	24.9	994.6
MAXIMA EN 24 Hs.	0	0	1.8	9.5	27.0	25.5	31.9	15.2	68.6	66.4	54.4	9.6	68.6

PRECIPITACION TOTAL ANUAL 994.6 mm

EPOCA DE MAXIMA PRECIPITACION abril a junio ; septiembre a noviembre

EPOCA DE MINIMA PRECIPITACION diciembre a marzo ; junio a julio

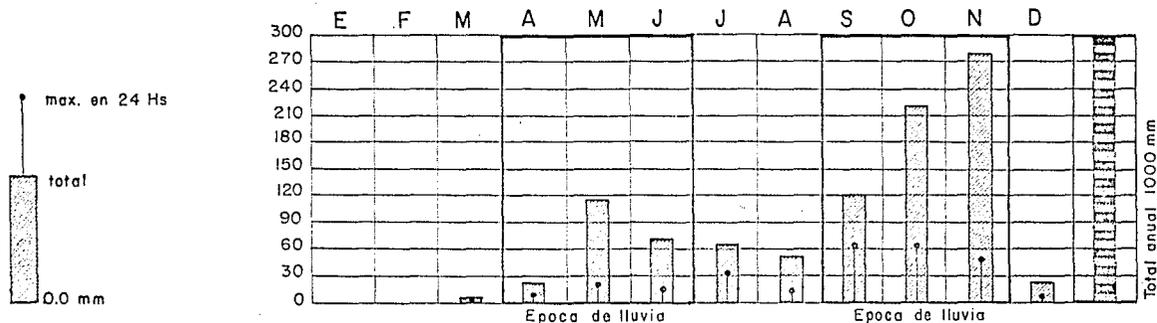
VIENTO DOMINANTE

VIENTO SECUNDARIO

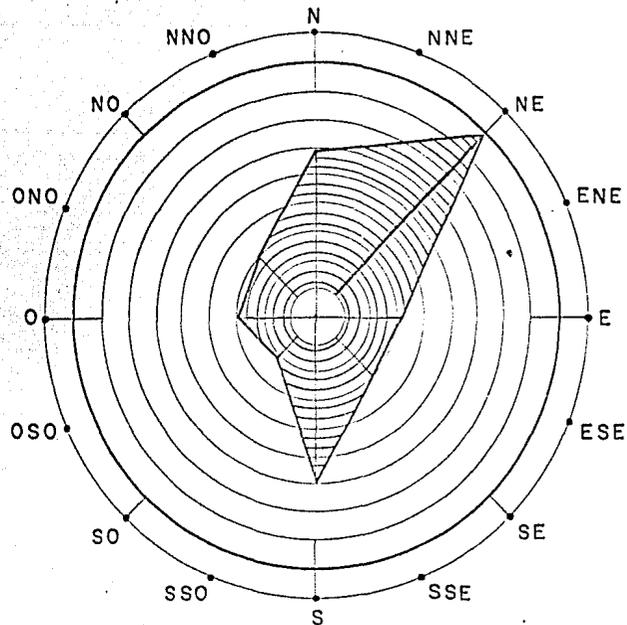
VELOCIDAD m/s,	a las 07 h.	2.8	4.4	2.6	2.4	1.6	2.8	2.5	1.4	2.8	2.4	1.6	2.0	1.5
a las 13 h	5.8	6.2	4.9	6.8	4.9	5.2	6.0	5.5	4.8	4.4	4.6	6.4	5.2	
a las 19 h	5.9	6.6	5.1	4.6	3.8	3.2	4.3	5.2	2.9	3.5	3.4	4.7	5.2	

NUBOSIDAD MEDIOS /8

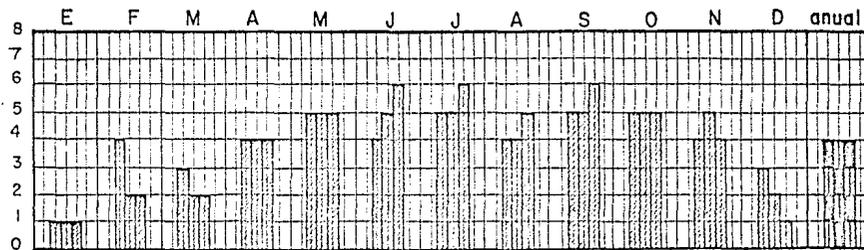
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
media a las 07 h	1	3	2	4	5	5	5	4	5	5	4	2	4
a las 13	1	4	3	4	5	4	5	4	5	5	4	3	4
a las 19	1	2	2	4	5	5	5	4	5	5	5	2	4
	0	2	2	4	5	6	6	5	6	5	4	1	4



GRAFICA DE PRECIPITACION PLUVIAL MENSUAL (mm)



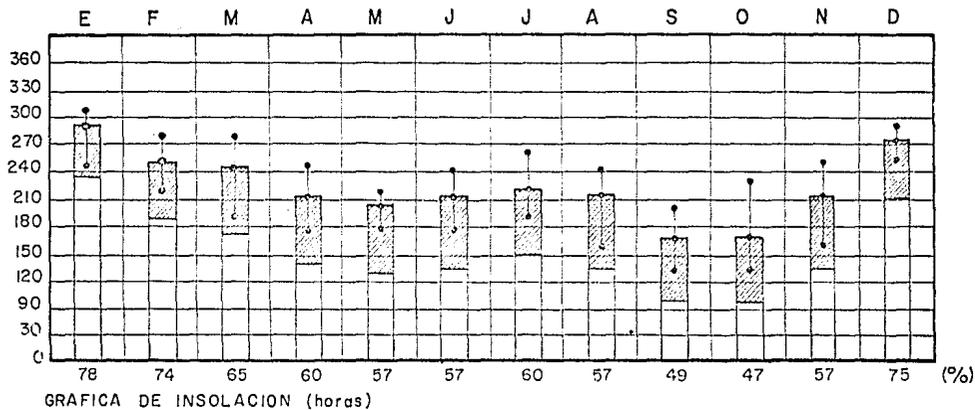
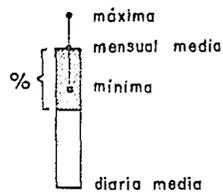
DIRECCIONES PREDOMINANTES DE LOS VIENTOS

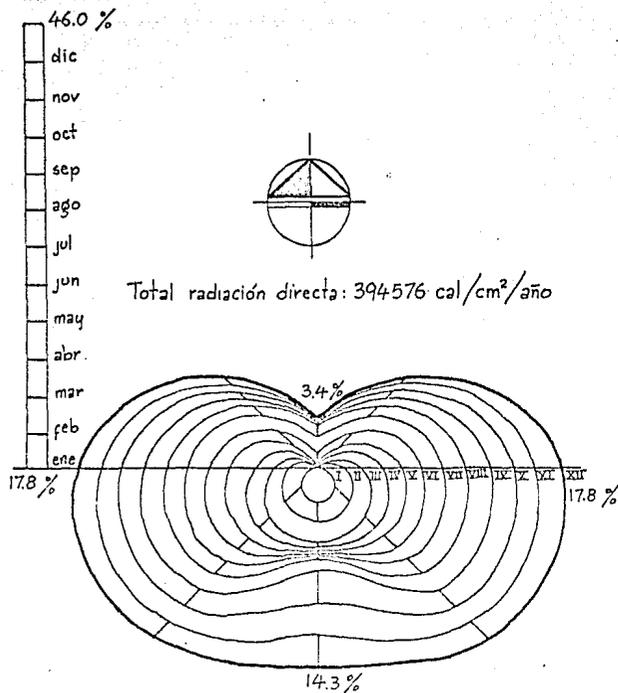


071319
GRAFICA DE NUBOSIDAD (/8)

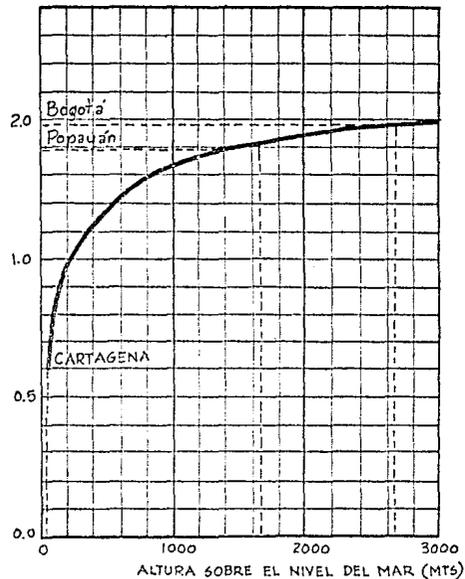
VALORES MULTIANUALES DE INSOLACION: (horas)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
MENSUAL MEDIA	285	250	242	215	209	204	224	212	174	174	204	273
DIARIA MEDIA	9.1	8.9	7.8	7.2	6.7	6.8	7.2	6.8	5.8	5.6	6.8	8.8
MAXIMA	310	273	284	250	224	241	263	241	204	228	258	292
MINIMA	243	225	191	178	177	176	194	167	137	127	154	250

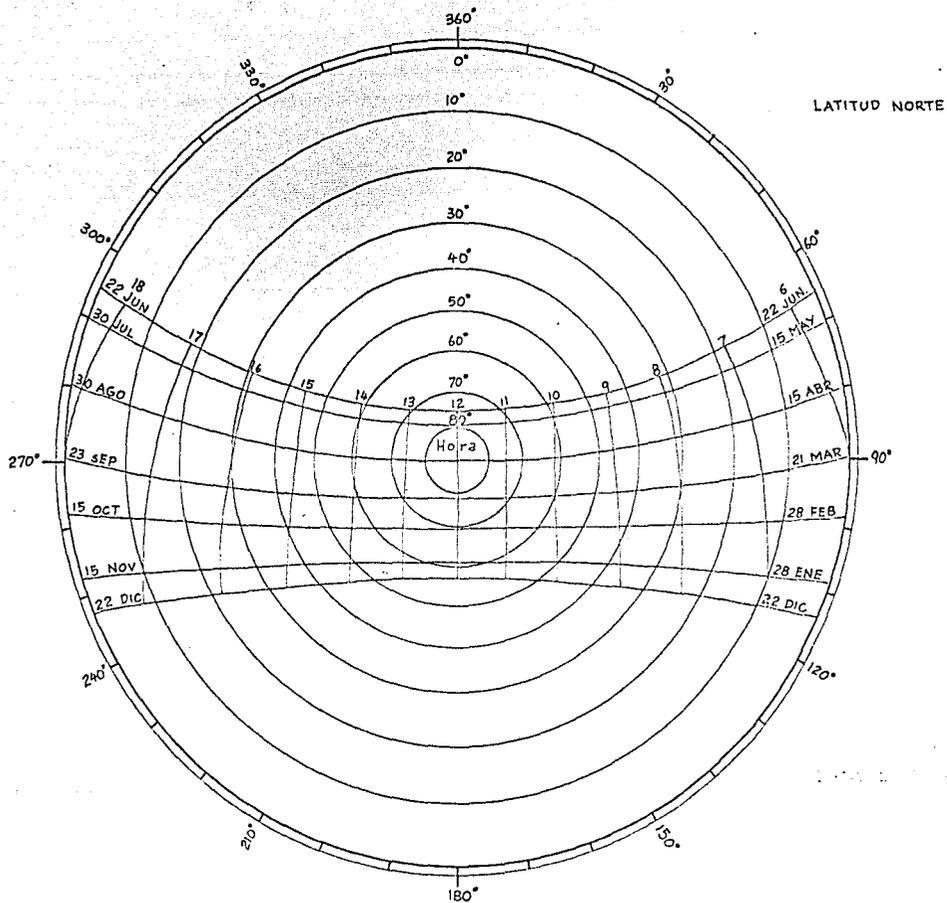




IMPACTO DE LA RADIACION SOLAR SOBRE SUPERFICIES VERTICALES



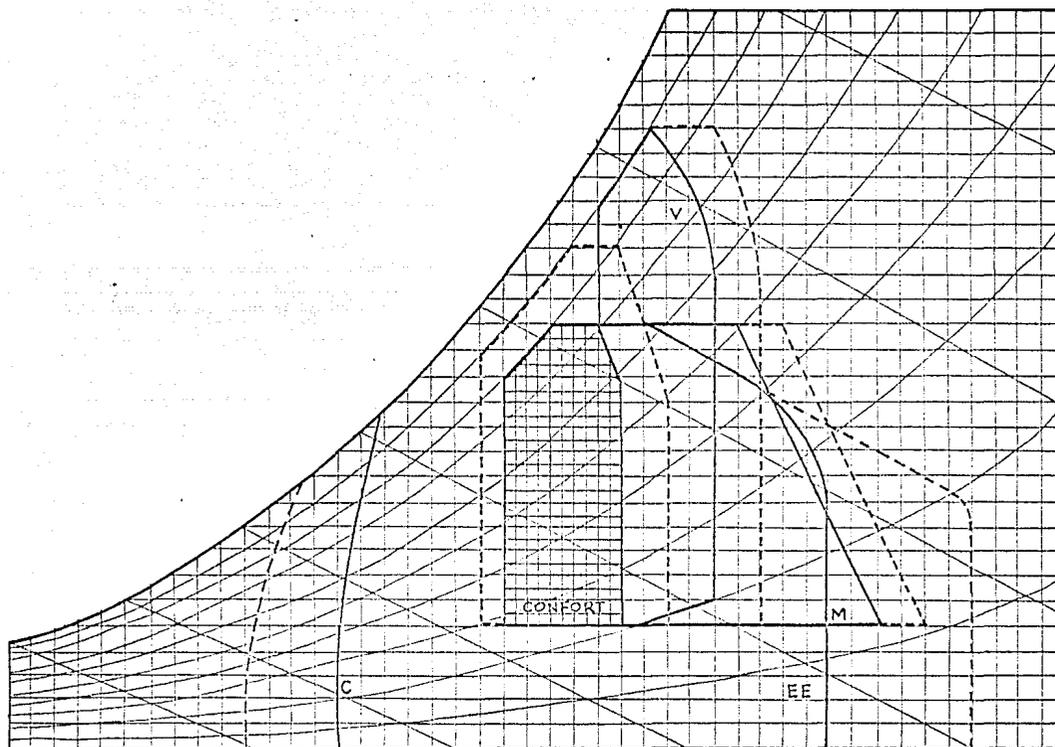
EFFECTO DE LA ALTITUD EN LA ENERGIA SOLAR RECIBIDA



CARTAGENA: 10° 27' N

DIAGRAMA ESTEREOGRAFICO DE
TRAYECTORIA SOLAR

DIAGRAMA BIOCLIMATICO PARA INTERIORES
CARTA PSICOMETRICA



CARTAGENA, COLOMBIA

M: masividad
EE: enfriamiento evaporativo
V: ventilacion
C: calentamiento

14.3.3. ANALISIS SOCIO-CULTURAL

VIVIENDA Y ASENTAMIENTO

Refiriéndonos a Cartagena en su estructura urbana - y su área de influencia rural, debemos diferenciar cuidadosamente los tipos de edificaciones habitacionales que la caracterizan. Utilizando la clasificación de Saldarriaga y Fonseca (1980) ('), podemos referirnos exclusivamente a dos tipos predominantes - e importantes de viviendas, en su trascendencia cultural.

En una primera instancia la vivienda urbana de carácter tradicional de indiscutible ascendencia europea; colonial en un primer momento y neo-clásica posteriormente.

Por otra parte la vivienda rural minifundista, característica de toda la región (a diferencia de la vivienda urbana) .Enraizada culturalmente en Africa a partir de la población negra meridional de ese continente que desde el siglo XVI hasta nuestros días constituye un importante porcentaje demográfico de la población del área.

Curiosamente estos dos tipos de edificaciones ya comentados anteriormente nunca se influenciaron mutuamente y por el contrario siguieron caminos evolutivos distintos sin tocarse en ningún momento, eso sí, cada cual adaptándose generación a generación cada vez más perfectamente a las solicitaciones del medio. Así tenemos una vivienda urbana tradicional de aspecto colonial español o republicano francés, completamente respondiendo a las necesidades de confort de Cartagena. O una vivienda campesina rural casi que trasplantada directamente desde el Ecuador africano formando parte ya de nuestro folclor constructivo.

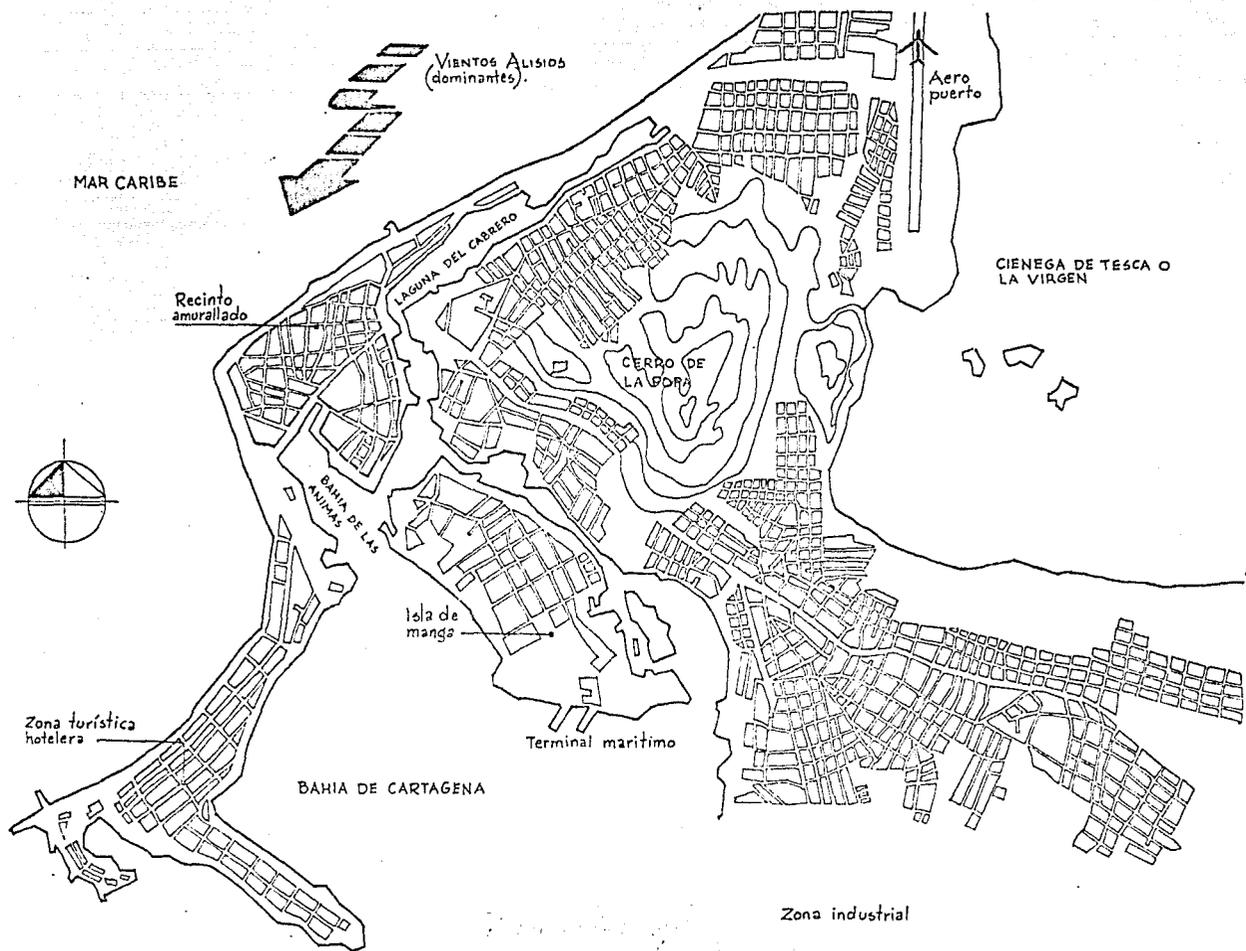
ECOLOGIA:

A medida que se avanza desde el Ecuador, hacia el Caribe suramericano, la selva se clarifica y deja paso paulatinamente a la "sabana". Aquí aparecen dos estaciones bien definidas, una húmeda y lluviosa, otra seca y ventosa. Durante la estación seca, a final de año, la zona entre 5° y 25° de latitud N queda bajo el dominio del alisio seco que sopla desde el océano, mientras que a mitad del año está bajo el dominio de la "zona de convergencia intertropical" (ZCIT) produciéndose cuantiosas lluvias.

La existencia de una estación seca, más o menos larga según la zona, requiere que las plantas se adapten - evolutivamente a la sequía endureciendo tallos y hojas y reduciendo su tamaño. Se da así una formación vegetal, la "sabana" caracterizada por la abundancia de hierbas altas y arbustos de pequeño tamaño con algunos árboles dispersos, que resulta excelente hábitat para los grandes depredadores (casi extintos en la zona) y herbívoros y que a menudo el hombre dedica a la explotación ganadera.

Por último la región de Cartagena forma parte de la extensa región geográfica de la llanura del Caribe, en el norte del país. Las características de la ubicación de la ciudad le dan un aspecto por demás "sui generis" a la urbe. Literalmente está metida en el mar de tal forma que el casco urbano está conformado en realidad por tres islas unidas precariamente al continente, entre tantas otras cienegas, bahías, lagunas, caños y demás. Complementando todo este paisaje marítimo un elemento totalmente ajeno a su contexto pero que por la fuerza de la costumbre se ha hecho familiar, como es el "cerro de la popa"; elevación de unos 600 m. de altura que se yergue solitario entre la Laguna de Tesca o la Virgen y la bahía de Cartagena (ver mapas)

La topografía general de la región aledaña combina - llanuras bajas, algunas de ellas cenagosas, y terrenos ondulados. Hidrográficamente sólo es importante el canal del Dique (brazo artificial del río Magdalena, que desemboca en la bahía), con una profusión de caños y cienegas que incorpora.



CARTAGENA DE INDIAS
 CARACTERISTICAS DEL ENTORNO

MORFOLOGIA ARQUITECTONICA

La vivienda urbana colonial se caracteriza por su planta ortogonal; generación vertical a dos niveles, máximo tres, patio central; vestíbulo interior de acceso llamado "zagüan" y su cubierta a cuatro -- aguas.

En las zonas tradicionalmente coloniales, como el centro amurallado de la ciudad, el perfil que ofrece el conjunto de viviendas es indiscutiblemente morisco; calles estrechas de angostos andadores bordeadas continuamente por las altas casas, que aumentan la sensación de estrechez de las calles, y casi techadas por los balcones floridos, dobles o sencillos infaltables en cada vivienda. Esta conformación arquitectónico-urbana permite mantener en una penumbra casi total a las vías de circulación y a las fachadas de las casas, matizando la suave luz, filtrada del sol, por las brisas que se encajonan a través de las calles para terminar de refrescar el caldeado ambiente costero.

La casa republicana moderna, contrariamente a la vivienda colonial, se explaya a sus anchas en amplios lotes que bordean grandes avenidas flanqueadas de arboles y jardines. La planta sigue siendo ortogonal pero la entrada deja de ser un vestíbulo oscuro para abrirse a la luz y la vegetación a través de grandes terrazas exteriores; el patio central se traslada al exterior de la casa (conformando una gran proporción del area total de la vivienda); disminuye a un nivel la altura de la edificación; se achata la cubierta con el uso del concreto y los techos inclinados terminan usandose solo para pequeñas areas de la vivienda.

Las calles se llenan de luz matizandose solo por el follaje de los grandes arboles tropicales y el pavimento de concreto y asfalto, que da la bienvenida al

automóvil, a de ser contrarrestado con amplios jardines entre los andadores calle y vivienda. Asi estos "nuevos" barrios (principios del siglo XX) adquieren una fisionomia moderna de clara influencia norteamericana y europea.

Por su parte la vivienda rural en su humildad ratifica la importancia de su papel en la historia de Cartagena y la región. Al acabar con los indios los españoles los campos quedan vacios y agrestes, resécos por el sol y las esporádicas sequías. Solo pequeñas poblaciones de mestizos y españoles vivifican las areas interurbanas. La fuga de negros esclavos vendrán a suplir entonces la falta de población rural en el área. Los negros africanos cimarrones construyen pequeños poblados llamados palenques que representaran en toda su extensión el hogar lejano, y abandonado a la fuerza, del continente negro.

Estos palenques estaban (aún hoy existen algunos diseminados en el área) constituidos por casas de planta rectangular, techos a cuatro aguas y un solo espacio interior indiferenciado. la cocina y la troja se construan como edificaciones independientes de la casa principal pero lo suficientemente cerca para no perder su relación, si acaso se ubicaba un aldeaño huerto cerca que complementara la economía familiar.

Este tipo de vivienda es hoy todavía predominante entre los campesinos pobres del area y su perdurabilidad a través de cinco siglos nos indica la eficiencia de su papel como cobijo.

El predio productivo:

Esta parte de la vivienda no existe en las áreas urbanas, solo entra a formar parte de la vivienda rural en forma de corrales, gallineros o huertos familiares; proporcionalmente al número de individuos de la familia alcanza de 200 a un 300% del área de la casa, y siempre es constituido a un lado de esta. En mayor escala esta la roza de grandes cultivos - (maíz, mijo, yuca, ñame, etc.); esta puede estar a gran distancia de la casa y ser compartido por dos o más vecinos.

Materiales de construcción

En la vivienda urbana es usado indistintamente el cemento, ladrillo de barro cocido, yeso y cal en los muros; maderas y hierro en puertas y ventanas; loseta de cemento prensada en pisos; tejas de barro o de cemento y concreto armado en techos, y por último mezclas de materiales naturales y semi-industriales en acabados y revestimientos, por ejemplo el granito marmol, etc.

Las casas rurales están construidas por materiales conocidos tradicionalmente, muros de bahareque de estructura de varas largas de madera y recubiertas con barro y estiercol de ganado; techos de paja o palma y pisos de tierra; con cerramientos de caña brava que delimitan la propiedad de cada familia.

Tecnología constructiva:

La situación tecnológica en esta región es muy clara y categórica. En el núcleo urbano hay fabricación - de la totalidad de materiales necesarios para la - construcción, con la excepción del cemento que ha de ser traído desde Barranquilla, a dos horas al norte. Sin embargo la producción de materiales abarca solo los niveles de calidad y características artesanal y semi-industrial condicionando y siendo condicionado por la mano de obra del área de la edificación. Hay que hacer la observación que este solo ocurre a nivel de construcción de viviendas. Así encontramos trabajadores poco o no especializados y mucho menos calificados técnicamente lo que limita enormemente - la producción constructiva.

En las áreas rurales hay una total ausencia de producción y distribución de materiales de construcción Sin embargo a nivel doméstico la tendencia de autoconstrucción suple esta falta. La distancia entre los poblados y la gran urbe es a veces demasiado - grande, agravada con las precarias vías de comunicación existente. Se explica entonces, la utilización frecuente de materiales autóctonos para la construcción de viviendas rurales.

La mano de obra para la construcción en estas áreas es polivalente y sigue el patrón de localizarse en las áreas rurales como parte de la estructura de la comunidad campesina. El manejo de ciertas técnicas por los usuarios mismos, facilita enormemente la - construcción de algunas partes de la edificación y el trabajo en el mantenimiento de la vivienda. Se anota, como hecho particular, la participación de vecinos en la construcción o en el traslado de algunas partes.

Acabados;

En la vivienda colonial es típico el acabado en cemento pulido y posteriormente encajado o en su defecto - pintado de blanco o carburo (mezcla de cal con pigmentos de colores) en muros exteriores. En interiores - los pisos son en mosaicos de cemento a dos o tres colores sobre fondo blanco o pisos de cemento sin pulir para patios y terrazas. los muros se pintan en vivos colores o se recubren con mosaicos hasta una cierta altura que no pasa de 1.20 m.

La casa "moderna" utilizando los mismos materiales es mucho mas decorada hay más uso de molduras y sobrelieves pero el color sigue restringiéndose al blanco y grises claros. En la vivienda rural el revestimiento define un carácter muy especial, como conjunto de unidades, todas ellas de un piso. El revestimiento exterior se presenta como una de las situaciones evolutivas de la vivienda, cuya fase mas lograda incluye también la pintura exterior, faltante en la gran mayoría de las edificaciones, se acostumbra a dejar el - bahareque al natural y si acaso darle una capa de cal.

Los pisos en la gran parte de los casos, son de tierra tratados de tal forma que se obtiene una superficie lisa, muy afinada. Las puertas y ventanas son hechas muchas veces con las mismas varas de los muros y al estar cerradas se integran a ellos.

Dispositivos de control ambiental

En la casa colonial estan presentes todos los dispositivos de climatización que caracterizan a la vivienda arabe y mediterranea: celosías, que permiten el paso del viento pero de la luz o el polvo; puertas -ventanas, que combinan la función de acceso físico, luz y ventilación, modulable a través de hojas abatibles, en dos o cuatro partes; los tradicionales patios centrales inferiores, alrededor de los cuales se generan todos los espacios habitacionales, y que profusamente adornados con vegetación constituyen un gran aliciente psicológico al clima del área, los balcones son otro dispositivo ampliamente usado en este tipo de casas y cuya función radica, más que todo, en servir de terraza de solaz en las frescas tardes de la época de sequía, o también de "jardín colgante" y parapeto a amplias puertas ventanas; la gran altura de los espacios habitables (3.00 a 3.50 m) es una característica de estas viviendas que podemos enumerar como otro dispositivo de climatización a pesar que algunos autores (Koenisberger, 1977) lo consideran discutible; a nivel urbano la cercanía de una vivienda a otra actúa como un todo contra la excesiva radiación solar procurandose sombra mutuamente.

La habitación "moderna" de principios de siglo, al perder las ventajas que ofrecia el agrupamiento de edificaciones de la época colonial, busca individualmente satisfacer los requerimientos de bioclimatización que exige el medio. Así por ejemplo se desarrollan amplios jardines exteriores que actuaran como refrigerantes del cálido viento procedente del centro de la ciudad, al mismo tiempo grandes árboles plantados en ellos procuraran sombra y bienestar a la vivienda. Amplias terrazas de acceso mantienen sombreadas grandes porciones de las fachadas de la edificación, que combinadas con amplios ventanales

vendrán a hacer mas refrescante el ambiente interior de las edificaciones. Los patios exteriores posteriores vendrán a completar el cuadro de dispositivos refrigerantes para estas viviendas. Generalmente estos patios estan plantados de frondosos arboles frutales tropicales que convierten en un verdadero espacio paradisíaco a este sitio de la casa, donde muchas veces se realizan las actividades sociales y familiares. Los techos inclinados de teja de barro de las casas coloniales se cambia por losas de concreto armado de gran espesor, propias de la epoca que actuan como un aislante capacitivo contra la radiación solar, en su defecto se usan cubiertas inclinadas de teja de cemento con cielo raso de asbesto cemento que aunque forma una camara de aire aislante (resistivo) entre el exterior y el interior, es de menos efectividad que las cubiertas de teja de barro o las macizas losas de concreto armado.

La vivienda rural ha de conformarse con dispositivos menos sofisticados pero quizá igual o más efectivos. Hay que empezar aclarando que la vivienda campesina no tiene las mismas condiciones de funcionabilidad que la vivienda urbana. Es decir: la casa rural - practicamente actúa como un dormitorio nocturno y un recipiente de utensilios domesticos para sus usuarios, ninguna otra función de importancia se desarrolla en ella; cocinar, lavar, comer, recibir visitantes, hacer la siesta del mediodia, en fin, todas las actividades domesticas se llevan a cabo en el exterior. Esto obviamente trae como consecuencia que se adecúe térmicamente la edificación para esas actividades exclusivamente, de ahí que sean habitaciones mas bien oscuras y tiznadas por el negro de humo de linternas y mecheros.

Los muros de estas casas actuan muchas veces más como aberturas de ventilación que como cerramientos físicos (no así a la totalidad de la luz natural la cual tamizan a través de los intersticios de las va-

ras que conforman el muro). La cubierta de paja o palma actúa como un verdadero filtro natural impidiendo el paso del agua y la luz solar pero en cambio permitiendo el paso del aire tanto del exterior hacia el interior como lo contrario. Las aberturas propias de dichas, tales como las ventanas y puertas, se caracterizan por su reducido tamaño; se opina que es debido a la resequedad aparente del clima, lo cual es cierto relativamente, lo que ha motivado una edificación de clima cálido seco, pero opinamos que mas bien obedece a la transculturización de sus originales constructores desde las regiones secas del Africa meridional que una vez instalados aquí solo procedieron a realizar pequeñas modificaciones en el proceso de adaptación evolutiva al medio, v.g: cambiar la forma circular a rectangular, cambiar de techos cónicos a piramidales, variar la organización urbanística tribal por una organización aldeana (en virtud de la nueva estructura social), etc. Indudablemente que la coincidencia virtual de los dos medios -el africano y el suramericano caribeño- favoreció la implantación y continuación constructiva de las mismas tradiciones, pero no puede negarse que a través de cinco siglos el medio ha influido grandemente en el desarrollo de estas construcciones.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

RECURSOS Y PRODUCCION

El hombre urbano cosmopolita basa su economía fundamentalmente en una estructura comercial de carácter capitalista-burgues (en su acepción económica más no política), es decir el ciudadano medio organiza su vida productiva alrededor del comercio, profesionalismo liberal, o como simple empleado burocrata u obrero industrial, al igual que en cualquier urbe cosmopolita moderna; reflejando al mismo tiempo las características productivas de la metrópoli. Cartagena se sitúa en el ámbito de las urbes turísticas modernas basando gran parte de su economía en este renglón; de fondo presenta una naciente industria, petro-química básicamente, que amenaza con florecer en gran escala.

El hombre de estratos económicos bajos todavía basa su sustento en actividades de tipo artesanal como la pesca menor, el comercio al detal, manufacturación de elementales utensilios y artículos domésticos, etc.; cuando no ha sido absorbido por la gran industria o el salario comercial.

La economía de la región es predominantemente ganadera a nivel rural. En los últimos años se han incrementado cultivos tales como el algodón, el arroz y el maíz. En las pequeñas parcelas se cultiva el tabaco, la yuca, el ñame, el frijol, el maíz, mijo, ajonjolí, tomate y frutales, que constituye uno de los pocos renglones de ingreso familiar. La economía rural del minifundista presenta semejanzas en toda el área, en cuanto se sostienen muy cerca del límite de la subsistencia, con trabajos esporádicos en las grandes haciendas.

De aquí que la pobreza de estos habitantes sea notoria y alarmante convirtiéndose así en un acicate más para la emigración, (a engrosar los grandes cinturones de miseria.), a la ciudad.

Las viviendas rurales muestran la situación habitual de un ligero superavit en relación con el número de hogares. En los asentamientos urbanos y en las ciudades, la situación se muestra estable, con una leve tendencia al déficit.

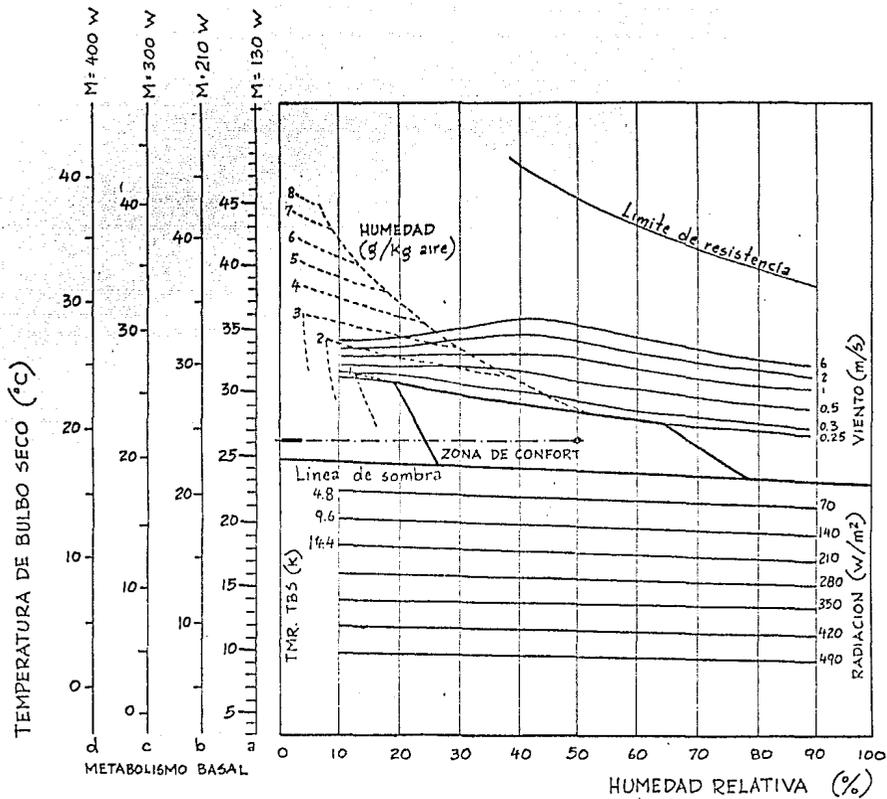
OTROS ELEMENTOS CULTURALES

El vivir dentro de un ambiente cálido y tropical, - que se complementa con sus llanuras y paisajes, ha determinado en el elemento humano de la región su carácter abiertamente extrovertido, fácilmente sociable y en consecuencia más adaptable para la vida en comunidad, lo cual ha facilitado la creación de agrupaciones o poblados cercanos unos de otros. El trazado urbano de los poblados se desarrolla a partir de la plaza o parque de forma rectangular, donde invariablemente ubica la capilla y el lugar de reunión y desde el cual se desarrolla el pueblo con sus calles angostas y a veces de formas caprichosas que no obedecen a ningún orden.

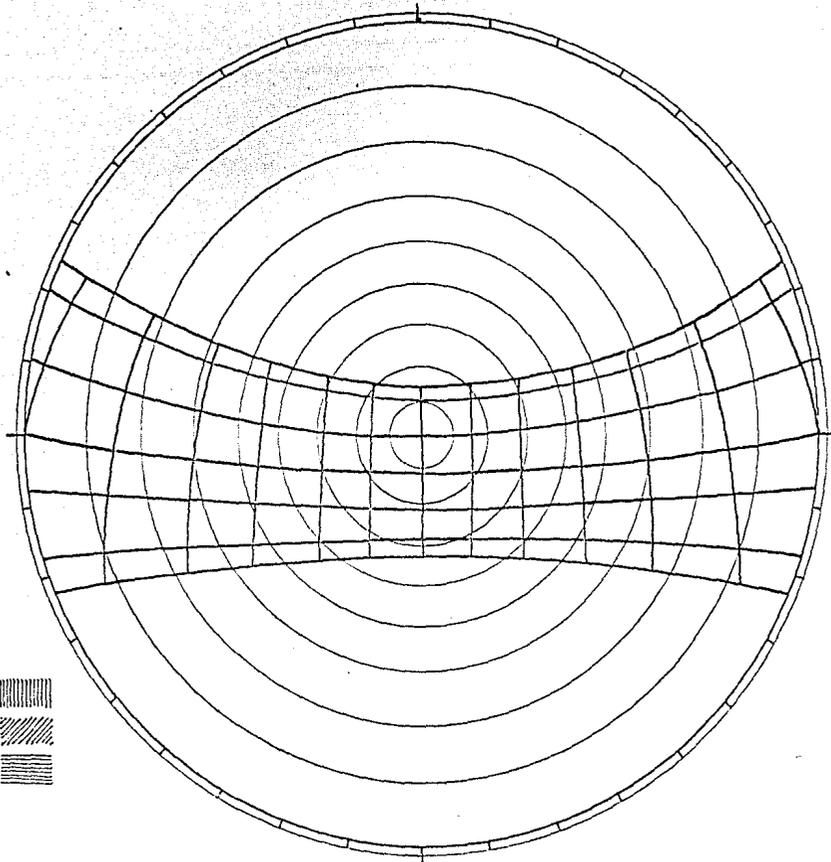
Predomina en la población de esta región la gente - de ascendencia africana negroide y mestiza, derivada de los tiempos de la conquista española y la esclavitud. La inmigración de extranjeros en los últimos tiempos ha sido más bien mínima en proporción a otras ciudades costeras o del interior del país, de ahí que se conserven vivas como en ninguna otra parte tradiciones folklóricas y místicas.

Sus gentes son además de carácter extrovertido, de espíritu bullanguero y alegre, junto con su música representa legítimamente el folklor nacional.

CARTA BIOCLIMATICA PARA EXTERIORES



CARTAGENA, COLOMBIA



SOBRECALENTAMIENTO 
CONFORT 
ENFRIAMIENTO 

CARTAGENA: $10^{\circ} 27' N$
TN: $26.3^{\circ} C$.

ISOPLETAS DE TEMPERATURA Y
REQUERIMIENTOS TERMICOS.
PROYECCION ESTEREOGRAFICA SOLAR

NOTAS REFERENCIALES

CAPITULO I

- 1.- OJEDA, SANCHEZ.: "La cuestión ambiental y la articulación sociedad-naturaleza", Colegio de México, PDMA; México, D.F., 1984.
- 2.- CROSS. ELLIOT. ROY: "Diseñando el futuro", Editorial Gustavo Gili, S.A.; Barcelona, 1980.
- 3.- SANCHEZ, V: "La problemática del medio ambiente y la planificación", Colegio de México, -- PDMA; México, D.F., 1984.
- 4.- CORNOLDI. LOS: "Habitat y energía", Editorial Gustavo Gili, S.A.; Barcelona, 1982.
- 5.- SIMON, M.: "La inclusión de los elementos del medio ambiente en la toma de decisiones para el desarrollo", Colegio de México, PDMA; México, D.F., 1983.
- 6.- BELLUC, A.G.: "Compromiso ecológico de la arquitectura", Revista del diseño MAGENTA No. 04 otoño 1983; Guadalajara, 1983.

CAPITULO II

- 1.- MARX, C.: "Manuscritos económicos filosóficos de 1844.
- 2.- CABRERA. FAULHABER: "La evolución humana", Instituto de Investigación antropológica, UNAM; - México, D.F., 1979.
- 3.- VOIGT, J.: "La destrucción del equilibrio biológico", Alianza Editorial; Madrid, 1983.
- 4.- CROSS. ELLIOT. ROY: "Diseñando el futuro", Edi

torial Gustavo Gili, S.A.; Barcelona, 1980.

- 5.- MONTALENTI, G.: "Introducción a la biología", - Editorial Grijalbo, México, D.F., 1985.
- 6.- MIRACLE, M.R.: "Ecología" AULA ABIERTA SALVAT - No. 65, Salvat Editores, S.A.; Barcelona, 1981.
- 7.- MARGALEF, R.: "Ecología", Editorial Planeta; - Barcelona, 1981.
- 8.- MC. CLUNG, E.: "El Hombre y su medio ambiente", Instituto de investigaciones antropológicas, - UNAM; México, D.F., 1981.
- 9.- SANCHEZ, V.: "La problemática del medio ambiente y la planificación ambiental", Colegio de - México, PDMA; México, D.F., 1983.
- 10.- CRUELL, E.: "El comportamiento animal", AULA - ABIERTA SALVAT No. 14, Salvat Editores, S.A., - Barcelona, 1981.
- 11.- SARWIN, CH.: "El origen de las especies".
- 12.- HANSELL, M.: "Animal Architecture and building behaviour", Longman Inc; N.Y., 1984.
- 13.- SHELTER PUBLICATIONS: "Cobijo", H. Blume Ediciones; Madrid, 1981.
- 14.- GORDON CHILDE, V.: "Los orígenes de la civilización", Fondo de cultura económico, México, 1982
- 15.- VOIGT, J.: "La destrucción del equilibrio biológico", Alianza Editorial; Madrid, 1983.
- 16.- MARGALEF, R.: "Ecología", Editorial Planeta.
- 17.- Ibid.
- 18.- Ibid.

19.- Ibid.

20.- SANCHEZ, V.: "La cuestión ambiental y la articulación sociedad-naturaleza", Colegio de México, PDMA; México, D.F., 1984.

CAPITULO III

1.- U.A.M.: "Unidad Didáctica de Asoleamiento", - Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco; México, D.F., 1980.

2.- BUTTI. PERLIN: "Un hilo dorado, 2500 años de arquitectura y tecnología solar", H. Blume - Ediciones; Madrid, 1979.

3.- VITRUBIO: "X Libros de arquitectura" Capítulo IV, Libro VI.

4.- CIAM: "Manifiesto del 4º Congreso CIAM" La - Carta de Atenas; Atenas.

5.- SCHEEBART, P.: "Glasarchitektur"; Berlín, -- 1914.

6.- MOYA, V.: "La vivienda indígena de México y - del Mundo", Universidad Nacional Autónoma de México; México, D.F., 1984.

7.- PAPANEK, V.: "Arquitectura vernácula: que -- aprender", Revista del diseño MAGENTA, otoño, 1983, No. 04; Guadalajara, 1983.

8. 9. 10 y 11 ver borrador del capítulo.

CAPITULO IV

1.- TOHARIA, M: "Tiempo y clima" AULA ABIERTA - SALVAT No. 65, Salvat Editores, S.A.; Barcelona, 1981.

2.- Ibid.

3.- UNAM: "Astronomía contemporánea", Colección: - Las ciencias en el siglo XX; UNAM; México, D.F. 1985.

4.- Ibid.

5.- BEDOYA. CARRIL: "las energías alternativas en la arquitectura", Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid; Madrid, 1982.

6.- MANRIQUE, J.A.: "Energía solar", Editorial Harla; México, D.F., 1984.

7.- Ibid.

8.- TOHARIA, M.: "Tiempo y clima" AULA ABIERTA SALVAT No. 41, Salvat Editores, S.A., Barcelona, 1981.

9.- MANRIQUE, J.M.: "Energía solar", Editorial Harla; México, D.F., 1984.

10.- BARRY. CHORLEY: "Atmósfera, tiempo y clima", - Editorial Omega, S.A.; Barcelona, 1972.

CAPITULO V

1.- HALL, E.T.: "The hidden dimension", Anchor - books; New York, 1969.

2.- Ibid.

3.- OLGYAY, V.: "Design with Climate", Princenton University Press; New Jersey, 1973.

4.- TUDELA, F.: "Ecodiseño", Universidad Autónoma Metropolitana; México, D.F., 1982.

5.- SZOKOLAY.: "Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales", Editorial Paraninfo, S.A.

Madrid, 1977.

- 6.- THOMPSON, A lecture to the Department of tropical studies.
- 7.- BEDFORD, T.: "Warmth factor in confort at work", Medical Research Council, 1936.
- 8.- WINSLOW, HERRINGTON, GAGGE: "Physiological - reaction to enviromental temperature" American J. of Physiölogy, 1937.
- 9.- WEBB, CG.: "Ventilation in warm climates". - BRS Overseas Building Notes, No. 66, 1960.
- 10.- KÖENIGSBERGER.: "Viviendas y edificios en zonas calidas y tropicales".
- 11.- TUDELA, F.: "Ecodiseño" UAM, México,
- 12.- Ibid.
- 13.- IZARD, J.: "Arquitectura bioclimática", Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1982.
- 14.- KÖENIGSBERGER: "Viviendas y edificios en zonas calidas y tropicales".

CAPITULO VI

- 1.- SIPLE, P.: "Climatologist and Military Geographer, General Staff, Department of the army.
- 2.- CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CLIMATOLOGIA URBANA: Conferencias técnicas, Observatorio de Tacubaya; México, D.F., 1984.

CAPITULO VII

- 1.- IZARD, J.: "Arquitectura bioclimática", Editorial Gustavo Gili, S.A.; Barcelona, 1982.

2.- Ibid.

3.- SAHOR: "Criterios de selección del sitio", Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

4.- Ibid.

CAPITULO VIII

- 1.- MANRIQUE, J.A.: "Energía Solar", Editorial Harla; México, D.F., 1984.
- 2.- Idem.
- 3.- Idem.
- 4.- U.A.M., Azcapotzalco: "Arquitectura Bioclimática y Energía Solar; Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Departamento del Medio Ambiente; México, D.F., 1986.

CAPITULO IX

- 1.- GORCHAKOV, G.: "Materiales de construcción", - Editorial MIR: Moscú, 1984.
- 2.- Idem.
- 3.- MANRIQUE, J.A.: "Transferencia de calor", Editorial Harla; México, 1984.
- 4.- LEROUX, M.R.: "La climatología de la habitación Institut Technique de Batiment et des travaux publics, Circulaire Serie B., No. 7, 1946.
- 5.- OLGAY, U.: Op. Cit.
- 6.- Idem.

liv. 187, marzo de 1978.

CAPITULO X

- 1.- SZOKOLAY et att.: Op. cit.
- 2.- MANRIQUE, J.A.: Op. Cit.
- 3.- Idem.
- 4.- Idem.
- 5.- Idem.
- 6.- Idem.
- 7.- GORCHAKOV, G.: Op. Cit.
- 8.- OLGAY, V.: "Clima y arquitectura en Colombia", Universidad del Valle; Cali, 1969.
- 9.- TUDELA, H.: "Ecodiseño" Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco; México, D.F., 1984
- 10.- Idem.

CAPITULO XI

- 1.- DARWIN, CH.: "El origen de las especies".
- 2.- OLGAY, V.: "Clima y arquitectura.
- 3.- Idem.

CAPITULO XII

- 1.- TOHARIA, M.: Op. cit.
- 2.- Idem.
- 3.- GANDEMER, J.: "Champ de pression moyenne sur les constructions usuelles", Cahier CSTB 1492,

4.- BATES, C.: "The windbreak as a farm Asset", -- Farmers" Bulletin No. 1405, U.S., Department of Agriculture, Washington, D.C., 1944.

5.- Idem.

6.- OLGAY, V.: "Clima y Arquitectura en Colombia", Universidad del Valle, Cali, 1969.

7.- TUDELA, F.: "Ecodiseño" U.A.M., Xochimilco; México, D.F., 1984.

8.- Idem.

9.- STOECKELER, J.: "Windbreak and Shelterbelts", - Yearbook of Agriculture, 1949, Washington, D.C.

10.- Idem.

11.- OLGAY, V.: Op. cit.

12.- Idem.

CAPITULO XIII

1.- NEUTRA, R.: "Realismo biológico", Editorial Nueva Visión; Buenos Aires, 1973.

2.- HERNANDEZ, E.: "Recomendaciones de adecuación - bioclimática de la vivienda para la ciudad de México"; Coordinación de arquitectura aplicada, Fac. de arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México, 1984.

3.- Idem.

4.- KOENIGSBERGER: Op. cit.

5.- REVISTA PROA No. 04, 1983: "Arquitectura Vernácula: que aprender" V. Papanek.

- 6.- MC. CLUNG, E.: "El Hombre y su medio ambiente", Instituto de Investigaciones Antropológicas; UNAM, México, D.F., 1981.
- 7.- FONSECA. SALDARRIAGA: "La arquitectura de la vivienda rural en Colombia", Colciencias, Bogotá, 1980.
- 8.- SANCHEZ, V.: "La problemática del medio ambiente y la planificación; Colegio de México, PDMA: México, D.F., 1983.
- 9.- SEJENOVICH, H.: "Situación actual y perspectivas de aprovechamiento de los recursos naturales en América Latina" en Revista Interamericana de Planificación, Volumen XII, No. 50-51 1979.
- 10.- KOENIGSBERGER: Op. cit.
- 11.- KOENIGSBERGER, LYNN.: "Rouf in the warm humid tropics", Arquitectural Association, 1965.
- 12.- HERNANDEZ, E.: "Coordinación de Arquitectura Aplicada", UNAM, México, D.F., 1984.
- 13.- Idem.
- 14.- LE CORBUSIER: "Building" an entire New City - in India, Chandigarh", Arquitectural Forum, - Sept., 1953.