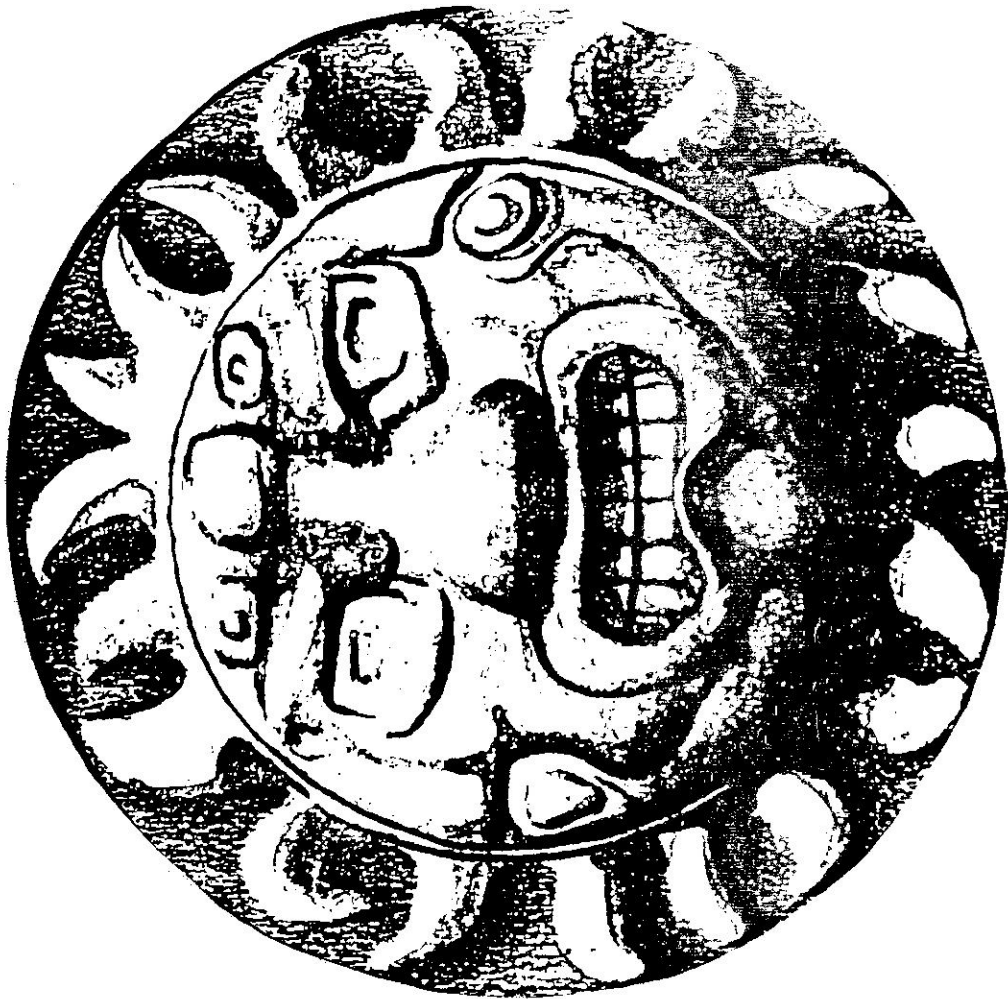


ENFOQUE BIOTROPICAL

Para La Arquitectura En Puerto Rico



Arq. Pedro Antonio Muñiz

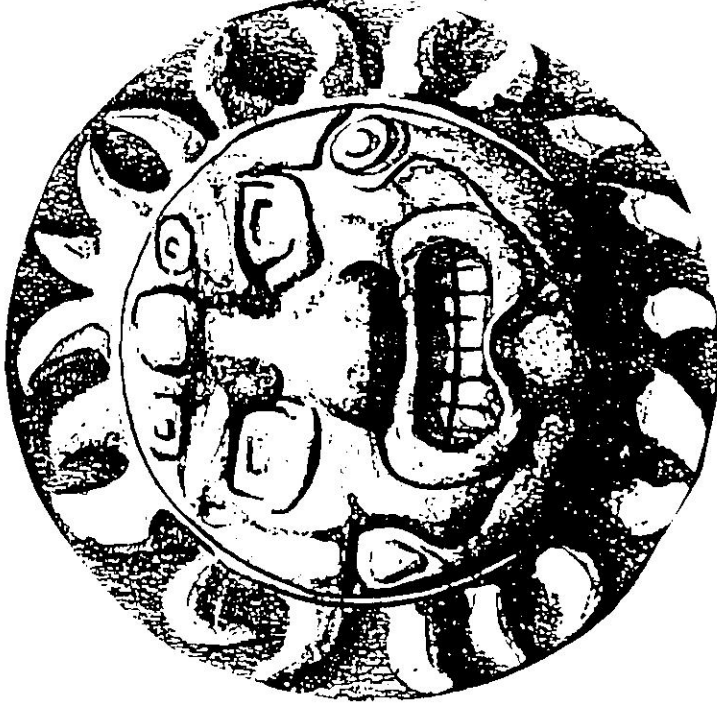


CEER-C-146

ENFOQUE BIOTROPICAL

Para La Arquitectura En Puerto Rico

ARG. PEDRO ANTONIO MUÑIZ



CENTRO PARA ESTUDIOS ENERGETICOS Y AMBIENTALES
DE LA UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO

APARTADO GENERAL 3682
SAN JUAN, P. R. 00936

CONTENIDO

PROLOGO	VII
INTRODUCCION	XI
RECONOCIMIENTO	XIV
1. TECNOLOGIA PASIVA	1
I . VENTAJAS Y DESVENTAJAS	2
II . METODOS	3
III. RECOMENDACIONES	4
2. EL CONOCIMIENTO PRIMITIVO	5
3. LA ZONA TROPICAL	8
4. NUESTRO CLIMA	11
I . CONTROLES CLIMATICOS	12
A. La Latitud	12
B. Insularismo	12
C. Posición Geográfica	13
D. Vientos Alisios	13
E. Ondas Alisias	13
F. Vaguadas	14
G. Huracanes	14
H. Topografía	15

II . ELEMENTOS CLIMATICOS	16
A. Temperatura	16
B. Vientos	19
C. Precipitación	24
D. Humedad	26
E. Radiacion Solar	27
NOTAS	32
5. EL CLIMA Y EL HOMBRE	35
I . BIENESTAR HUMANO	36
II . PRODUCCION DE CALOR	36
III. TRANSMISION DE CALOR	37
IV . BALANCE TERMICO DEL CUERPO HUMANO	39
V . BIENESTAR HUMANO VS. MEDIO AMBIENTE	39
VI . ENFOQUE BIOCLIMATICO	40
VII. EJEMPLOS EN PUERTO RICO	42
NOTAS	43
6. ENTRE EL SOL Y EL PLANETA TIERRA	44
I . EL SOL	45
II . LA RADIACION SOLAR	45
A. Posiciones del Sol y la Tierra	46
B. Eje de la Tierra y Rotación	47

C. Posición del Sol	47
D. Duración del Día	49
E. Influencia de la Atmósfera	50
F. Balance Energético del Suelo Terrestre	51
1. la radiación solar	51
2. la radiación terrestre	52
G. Latitud y Espesor de la Atmósfera	53
NOTAS	53

7. CONTROL SOLAR Y CLIMATICO

I . ORIENTACION DEL EDIFICIO	57
II . FORMA DEL EDIFICIO	58
III. ORGANIZACION INTERIOR	58
IV . CUBIERTA DEL EDIFICIO	60
A. Materiales	61
1. resistencia	61
2. coeficiente de transmisión de calor	61
3. capacidad térmica	66
4. índice de aislación	67
5. radiación termal	67
B. Color	69
C. Paredes	69
D. Techos	70
E. Aberturas	73

V . QUIEBRASOLES	76
A. Tipos de Quebrasoles	76
B. Teoría	78
C. Posición del Sol	79
D. Métodos	81
1. gráfico	81
2. analítico	82
E. La Tabla Calculadora	82
1. ejemplo	83
2. conclusiones	84
VI . PROTECCION SOLAR DE CRISTALES	84
8. VENTILACION	86
I . VENTILACION NATURAL	87
A. Orientación de la Entrada	88
B. Tipo y Tamaño de la Abertura	92
C. Criterios Adicionales	96
II . VENTILACION INDUCIDA	98
9. VEGETACION Y ENFRIAMIENTO SUBTERRANEO	101
I . VEGETACION	102
A. Usos	102

B. Localización	104
C. Tipos y Selección	107
II . ENFRIAMIENTO SUBTERRANEO	107
APENDICE	113
I . EQUIVALENCIAS	114
II . CONVERSIONES	115
III. CARTAS BIOCLIMATICAS	116
IV. CARTA SOLAR	131
V . ACIMUTOS Y ALTITUDES	132
VI. TABLA CALCULADORA	133
BIBLIOGRAFIA	146

PROLOGO

Teyo Gracia, el anacrónico, se sale con las suyas. Cuando comenzó la fiebre de las urbanizaciones —que para él eran el tedio organizado, cementerios de almas— se burlaron de su actitud retrógrada. Teyo no sabe mucho de letras, pero tiene un claro y perspicuo sentido común. Tan escaso en Puerto Rico como la lluvia. Lo bebaron en nombre del progreso. ¡En nombre de esa palabra se cometen tantos crímenes! Teyo no está en contra del progreso, sino de lo que muchos llaman así, a su aplicación sin cordura, sin finalidades de convivencia, de estética.



Después los mismos apologistas, los panegiristas de las urbanizaciones se dieron cuenta que estaban creando un monstruo, un fenómeno social desarticulado.

Comunidad viene de cosa en común. Y en las más altas jerarquías de los valores humanos, de comunión. Fueron creando al azar comunidades sin un centro de recreo, sin un centro de tertulia, sin una plaza boscosa, sin un parque florido, sin el espigar de una torre alta de iglesia, sin el toque claro de una campana escolar.

Era la muerte del compadrazgo y la solidaridad criolla. ¡Teyo Gracia estaba en lo cierto, cómo que tiene dos dedos de frente! En vez de prevenir el mal a tiempo con cataplasmas y fomentos, quisieran curar la enfermedad alarmante.

Los pueblos tienen que crecer como las plantas, de adentro hacia afuera, del tronco a las ramas, crecer de la misma savia, de la misma célula, de la raíz madre, vertical, que se hunda en lo más cálido y entrañable de la tierra. No pueden crecer como las piedras, por adición, por yuxtaposición, de materias ajenas al cuerpo primario que las integra. Eran comunidades sin comunión.

Teyo Gracia censuró luego la arquitectura, la conformación de las casas. No seguían el ritmo del paisaje, no guardaban aquella proporción armónica entre lo físico y lo anímico que los griegos denominaban euritmia. Casas que eran ajenas al paisaje. Casas bajas de luz y de hospitalidad. Eran, según el decir de un constructor, "no arquitectónicas", "no funcionales". Sí, casas

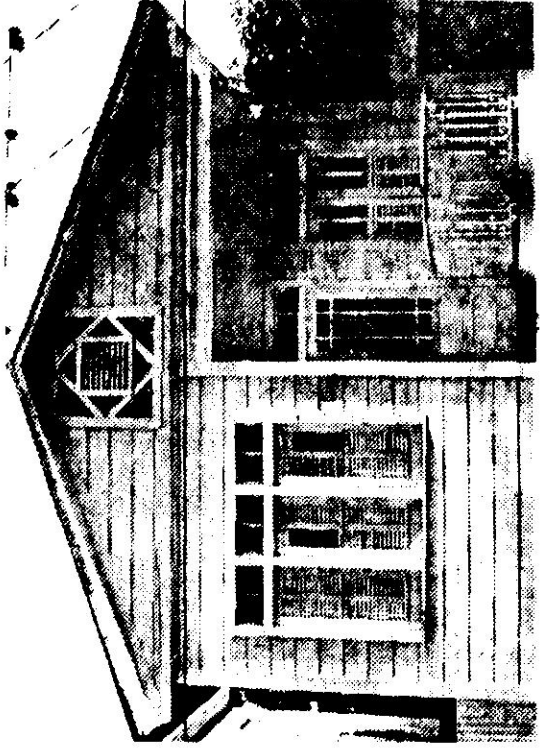


en función de garaje, casas en función de porch, en función de barras, en función de "show", todo menos en función de vida, de remanso, de reposo, como aquellas viejas casas que vió Teyo Gracia. Casas de "swimming pool", casas vidrieras, casas huecas y vacías como los carapachos de algunos crustáceos. Casas llenas de un repetido motivo de muros de piedra, que son como el símbolo de la barrera psicológica entre vecino y vecino.

Ahora los mismos arquitectos en nombre de su historia noble y preclaro timbre se rebelan. Buscan un hogar, una casa, una morada, que armonice con nuestro paisaje, y muestra historia. ¡Que siga aquel olor, aquella fragancia a casa entrañable de puerta siempre abierta y fogón perennemente encendido para el extraño, para el vecino, para el familiar!

Teyo contempla una de las últimas casonas del cafetal. Con su balconada a la redonda, con puertas y ventanas altas, siempre abiertas, erguidas, señora y noble sobre el paisaje, con muchas habitaciones. Y al final de la escalera de caracol, la figura señorial del Tío Juan, de Don Lluch Mora, de los Mattei, con voz cálida pronunciar la palabra de "invite". Eran las casas altas de luz y altas en la hospitalidad donde la puerta siempre estaba abierta y los corazones henchidos. Un olor a café se difundía por los amplios aposentos, llegaba a la sala, era como incienso hogareño de paz y bienandanzas. Era olor a casa noble, a casa buena, a casa criolla, hospitalaria y cálida. Sí, Teyo escuchaba voces perdidas en el tiempo, ahora que las gentes viven metidas dentro de sí mismas, como los moluscos en el carapacho.

"Ejta es su casa, dentre". "La casa es suya".
"Aquí usted ordena y manda".



Teyo piensa que los hombres cambian con las moradas. Lo físico ejerce poderoso influjo sobre el quehacer de las gentes. Los mismos jibaros del pueblo pequeño que son como miembros de una familia, solidarios del dolor y alegría de sus congéneres, al llegar a las urbanizaciones nuevas se toman dísculos, fríos, egoístas. Como que el cemento y las varillas les va cubriendo el alma. Viven para así. Son ahora vidas cerradas. Se les va nublando la visión del paisaje, del vecindario, y van creando en torno de sus vidas, un muro de piedras duras y frías, sin el tibio fulgor del fogón de tres piedras, que no se apagaba en los hogares, porque avivado siempre por la madre criolla era fuego sacro de comunión y cariño.

Teyo fué una vez a la urbanización. Se encontró ajeno a sí mismo. Sin una tiendita donde platicar, sin un bautizo al cual concurrir, sin una iglesia donde rezar. No podía ni andar. Si un gallo cantaba molestaba al vecino. Antes el vecino nunca molestaba. El único solaz es ver la

televisión en el programa "qué le gusta al nene". El escuchar en la barra —una barra de esas que se ven en todos los negocios por departamentos— una famosa tertulia sobre la jerarquía de los pe- rros, sobre la marca del automóvil a plazos que se compró, sus bondades. Y hasta hablar de lo que ha subido el metro de tierra. La tierra que ahora se mide, la marcan le ponen precio, alto como a las mujeres de partido. Ya hasta la tie- rra del camposanto se vende. Y nadie puede de- cir como antes "sólo tengo dos metros de tierra donde reposar"...

Teyo Gracia, dicen que es anticuado, pide a esos sabihondos de la nueva era, de la época atómica, del cerebro supersónico, en la época de los su- per, que le expliquen qué vale más, si la morada o el hombre. ¡Las condiciones físicas del auto- móvil o las condiciones intangibles del alma?

Teyo vale no importa que camine en carreta, en callejo escuálido, o en automóvil flamante. Vale como hombre puertorriqueño, como hombre cristiano. Es decir, vale más que su casa, que su automóvil, es dueño de las cosas que posee y lo circundan.

Una vez un hombre insensato —dice la parábola— edificó su casa sobre la arena. Era tal vez una casa prefabricada. Y vinieron las lluvias y los ríos y la casa fue arrastrada y de ella no quedó ni forma ni memoria.

Teyo —hombre sabio y sensato construyó su casa sobre la roca, sobre las alturas, le puso zocos de ausubo, vigas de cedro y ortegón, y la casona resistió las lluvias, los ríos, los vientos. La casa está en pie. Teyo es un hombre viejo, pero sabio. Y el que tenga oídos para oír, que oiga.

Teyo Gracia siente júbilo porque los hombres de la tierra rectifican. No se empeñan en dar coces contra el agujón. Buscan los arquitectos una casa que se parezca a un hogar, una casa que ar- monice con el medio, con el sol, la sicología, con el alma de las gentes. Que podamos un día hablar de una arquitectura que aunque universal, tenga perfiles criollos, por lo menos, que guarde consonancia con el medio. Que hay edificaciones y casas tan exóticas como osos polares en la ca- nícula, como si nevara sobre El Yunque o la caña floreciera en primavera.

Teyo no sabe de letras, pero tiene la mente clara, limpia y por eso no se deja engañar, con todo lo que llaman moderno, con todo lo que lla- man de última moda. Teyo es viejo, pero viejo es el viento y sopla duro.

TEYO Y LA NUEVA ARQUITECTURA

Abelardo Díaz Alfaro.

INTRODUCCION

No es de extrañarse el hecho de que hoy día gran parte de la arquitectura que observamos responda comúnmente a la PRODUCCION EN MASA de sistemas ESTEREOTIPADOS que se DUPLICAN indiscriminadamente a través de condiciones climáticas DISTINTAS, y Puerto Rico no es la excepción... Esto, claro está, se debe en parte a la económica disponibilidad que los medios de aclimatización artificial representaban hasta el presente. Pero, AFORTUNADAMENTE con el nuevo giro asumido por la crisis energética mundial, y su eventual impacto en la arquitectura, se inicia el proceso en el cual tenemos que volver a plantear nuestro propio crecimiento económico e integrar aquellos parámetros olvidados por la revolución tecnológica de este siglo.

La arquitectura del Siglo XX se ha caracterizado por una DEPENDENCIA casi exclusiva de los sistemas de control mecánico, y por cierta APATIA en explotar al máximo los procesos climáticos y naturales que se ajusten a las necesidades y exigencias particulares del hombre. En cierto modo, nosotros los arquitectos, somos prisioneros resposables de ese complicado dilema, donde la aplicación de una tecnología especializada ha marginado la participación de los usuarios durante el proceso de diseño. Pecamos muchas veces de imponer a las edificaciones equipos tan sofisticados, como colectores solares o celdas fotovoltaicas, con el único propósito de, junto a las medidas de conservación de energía, reducir las tarifas mensuales de electricidad. Sin embargo, debemos preocuparnos por fortalecer más aún la actitud de visualizar la arquitectura como un verdadero ABRIGO DEL HOMBRE, en donde su flexibilidad radique en adaptarse a los transitorios cambios del clima que finalmente establece los elementos básicos que resultan en condiciones de mayor permanencia que aquellas impuestas por el ser humano. Y de esto, las solu-

ciones nativas o primitivas (vernáculos) nos sirven de evidencia.

En muchos casos el ambiente o CLIMA TROPICAL ha llegado a ser prácticamente ignorado por una cultura más sofisticada y pragmática de formas arquitectónicas más desarrolladas. Las variadas y cambiantes condiciones ambientales de climas como el nuestro, TROPICAL HUMEDO, exige mucha creatividad y sensibilidad por parte del arquitecto. Actualmente, la mayoría de las investigaciones que se llevan a cabo en la arquitectura y su interrelación con el clima se han paralizado en climas templados y fríos como en Europa y los Estados Unidos. Sin embargo, se han establecido pocas facilidades o instituciones dedicadas a estudiar e investigar más a fondo las técnicas y materiales propicios para los climas tropicales y sub-tropicales, en donde se encuentran la mayoría de los países en desarrollo con el mayor número de habitantes. Afortunadamente, esta situación está mejorándose RAPIDAMENTE.

El propósito primordial que persigue nuestro "ENFOQUE BIOTROPICAL PARA LA ARQUITECTURA EN PUERTO RICO" es el de abogar por una nueva ACTITUD hacia la arquitectura. Una en la cual se conviva estrechamente ligado al clima, su localización, los materiales locales, y el SOL. Esto implica volver a reconocer el potencial inherente de los procesos naturales como inagotable fuente de energía. En fin, de una ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA que permita que la edificación se beneficie de ambientes interiores (conforme a las exigencias del usuario) próximos al confort, sin el recurso del acondicionamiento de aire artificial.

Inclinado por las cualidades que encierra nuestro clima tropical marítimo (cálido-húmedo) me tome la iniciativa de alternar la palabra bioclimática por BIOTROPICAL. La concepción bio-

tropical en nuestra arquitectura exige que se pongan en práctica métodos y técnicas de construcción distintas a las hoy comúnmente admitidas. El ejercicio de reconciliar e INTEGRAR EFECTIVAMENTE la forma, la materia y la energía en la arquitectura biotropical requiere la ayuda de instrumentos o mecanismos de síntesis que nos sirvan de guía para saber elegir a partir de las características del clima y de las exigencias del ser humano.

En el transcurso de estas operaciones quedan muchas cosas por investigar, numerosas edificaciones por levantar y muchas experiencias por descubrir. Pero, una vez adquirido esto, entonces podemos echar mano de los medios disponibles tratando de que todos actúen de forma simultánea.

RECONOCIMIENTO

Durante esta, mi primera experiencia en escribir un manual de referencia encaminado a fortalecer las bases fundamentales que nos unen como profesionales en finalidad de convivencia ante el futuro desarrollo de nuestra tierra, no puedo pasar por alto el reconocer y dar crédito a todas aquellas personas y entidades que compartieron y respaldaron de alguna manera la difícil tarea de culminar este PRIMER PASO:

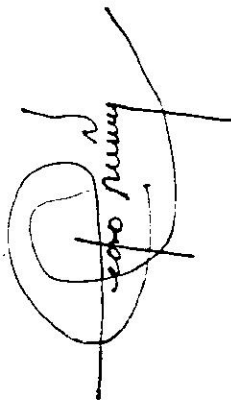
"A mi adorada esposa Evelyn D. Alfonso por su eficiente, diligente y profesional labor de mecanografiar y revisar cada línea del texto, así como por su voluntario servicio y desinteresada colaboración por mejorar el formato y estilo del mismo. Su contagiosa participación y sugerencias llenaron un vacío incalculable. Su comprensión y calidad humana pudieron superar los inconvenientes que surgieron durante mis largas horas de ausencia del seno familiar que ella, mi adorada hija, María Alejandra y yo compartimos. EN FIN, Y COMO MUESTRA DE MI AGRADECIMIENTO, TE DEDICO ESTE HUMILDE TRABAJO EN RECOMPENSA POR LO QUE REPRESENTAS EN MI VIDA Y DE LO QUE DE ELLA PUEDES OBTENER.

Al Doctor Juan A. Bonnet, Jr., al Ing. Julio C. Muñiz y a todo el personal del Centro para Estudios Energéticos y Ambientales de la Universidad de Puerto Rico, por respaldar mi iniciativa, intercambiar sus conocimientos, y por considerarme en todo momento de su equipo de trabajo.

Al Arquitecto y sincero amigo Eduardo Sobrino por sus valiosas sugerencias y comentarios durante y después del proceso que conllevó adaptar el diseño de quiebrasoles a un eficiente programa de computadoras."

Finalmente y sobre todas las cosas le doy gracias a Dios por permitirme en salud poder completar esta encomienda, así como también por bendecir y proteger mi hogar.

Muchas gracias a Don Teyo Gracia o Abelardo Díaz Alfaro, quien sea el primero de los dos, porque en pocas palabras y mejor que nadie recogió el sentir de lo que verdaderamente representa y se espera de nuestra arquitectura biotropical.



1. TECNOLOGIA PASIVA

I . VENTAJAS Y DESVENTAJAS	2
II . METODOS	3
III. RECOMENDACIONES	4

Junto a la conservación de energía y la tecnología activa, la **TECNOLOGIA PASIVA** se convierte en un potencial instrumento para reducir el consumo de energía en las edificaciones mediante la correcta planificación y diseño de los mismos. En el sistema **PASIVO** el flujo de energía se realiza por métodos naturales, tales como: Radiación, conducción y convección. Este, a diferencia del sistema activo, no utiliza piezas mecánicas adicionales, como bombas y abanicos, necesarios para impulsar el flujo del líquido o gas a través de su sistema. (Ver FIGURA 1.1).

El poder **ANALIZAR, PREDECIR Y EVALUAR** el comportamiento pasivo de cualquier edificación resulta ser una tarea un poco compleja. Sin embargo, en los diseños pasivos se aplican conceptos simples y fáciles de implementar.

I . VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Si comparamos el sistema pasivo con el sistema activo podemos desglosar varias ventajas y desventajas. La principal **VENTAJA** surge de la simplicidad inherente del sistema pasivo como resultado de:

- Mayor confiabilidad y seguridad,
- Reducción de costos a largo plazo, y
- Mayor alcance de vida.

Debido a que en el **ENFRIAMIENTO PASIVO** se utilizan materiales de construcción convencionales, su realización es más **CONFIABLE** y **EFICIENTE**. Su **SIMPLICIDAD**, los bajos costos de materiales y mantenimiento y su mayor alcance de vida, contribuye también a que el involucrimiento inicial re-

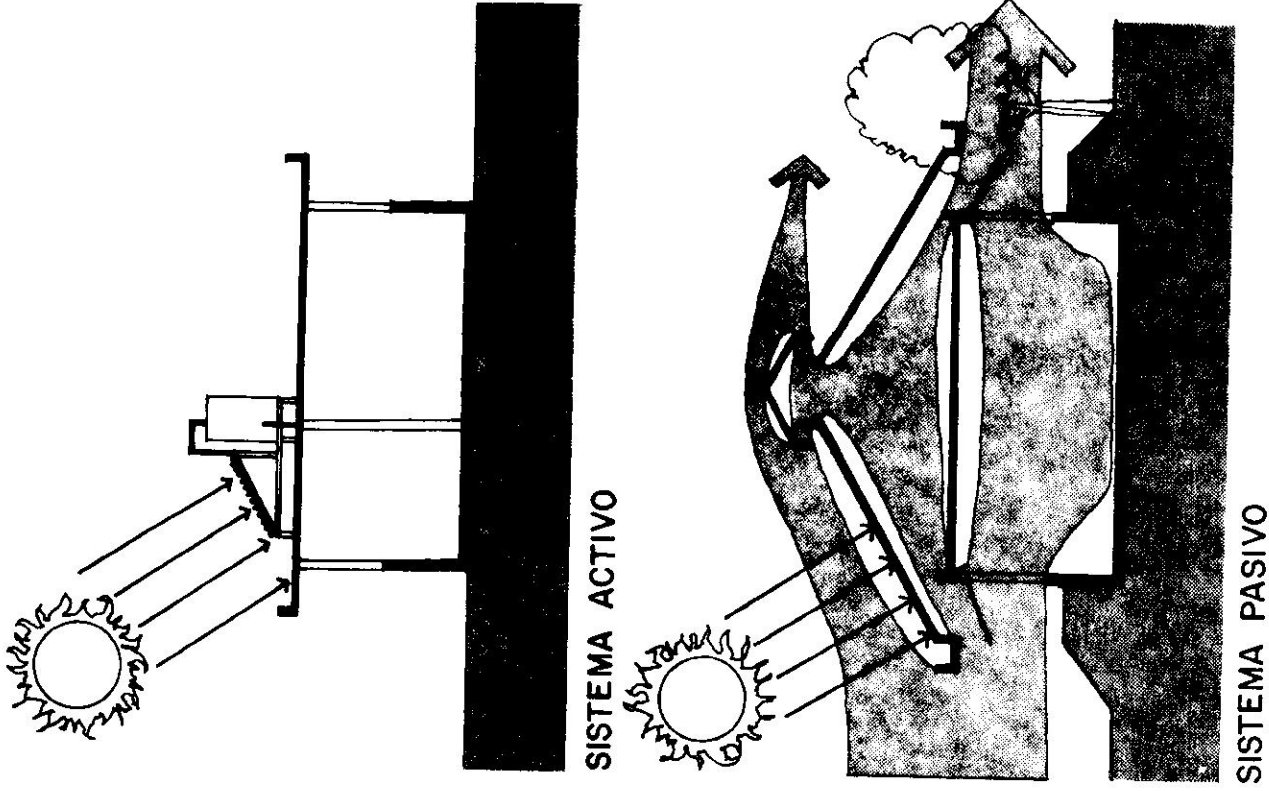


FIG. 1.1

quiera unos riesgos mucho menores a los que actualmente se aplican. La falta de "ACEPTACION EN EL MERCADO" tanto para los inversionistas como para la industria de la construcción, es la única desventaja que se podría señalar, ya que en el producto final, aumentan los costos iniciales de construcción.

II . METODOS

Ya que el clima no se adapta a nuestras necesidades por tal motivo nuestras estructuras deben adaptarse al clima. Los edificios deben estar diseñados para atrapar o rechazar la energía natural y almacenarla o liberarla a su debido tiempo. Durante la fase de diseño y construcción, el arquitecto o diseñador debe poner mucha atención en los criterios que afectan el edificio, tales como:

Orientación	Selección de materiales
Localización	Prácticas de construcción
Relación bioclimática	Arreglo interior del edificio
Vegetación	Cubierta del edificio
Datos climatológicos	Uso potencial de recursos pasivos
Fisionomía del solar	Configuración y forma del edificio
Pavimentación	Etc., ...
Esto finalmente podría resultar en un 50% DE AHORRO DE ENERGIA que se hubiera consumido bajo con-	

ceptos normales de diseño. En adición a esto el diseñador debe manejar las fichas según las necesidades particulares del proyecto, así como de las actividades esenciales que se lleven a cabo dentro de las facilidades.

Afortunadamente, y para cualquier clima, se pueden diseñar y construir edificios donde no sólo se reduzca su temperatura interior sino que también se intente eliminar por completo la necesidad de métodos de enfriamiento mecánico mediante el uso del METODO PASIVO. Entre los METODOS PRINCIPALES se pueden mencionar (y como más importantes) el:

- CONTROL SOLAR-evitando que la energía solar dé y penetre al edificio.
- ENFRIAMIENTO POR CONVECCION.
- ENFRIAMIENTO POR IRRADIACION.
- ENFRIAMIENTO EVAPORATORIO.
- ENFRIAMIENTO SUBTERRANEO.
- ENFRIAMIENTO POR TRANSEVAPORACION.

alguno de los cuales aplica a Puerto Rico y que más adelante discutiré.

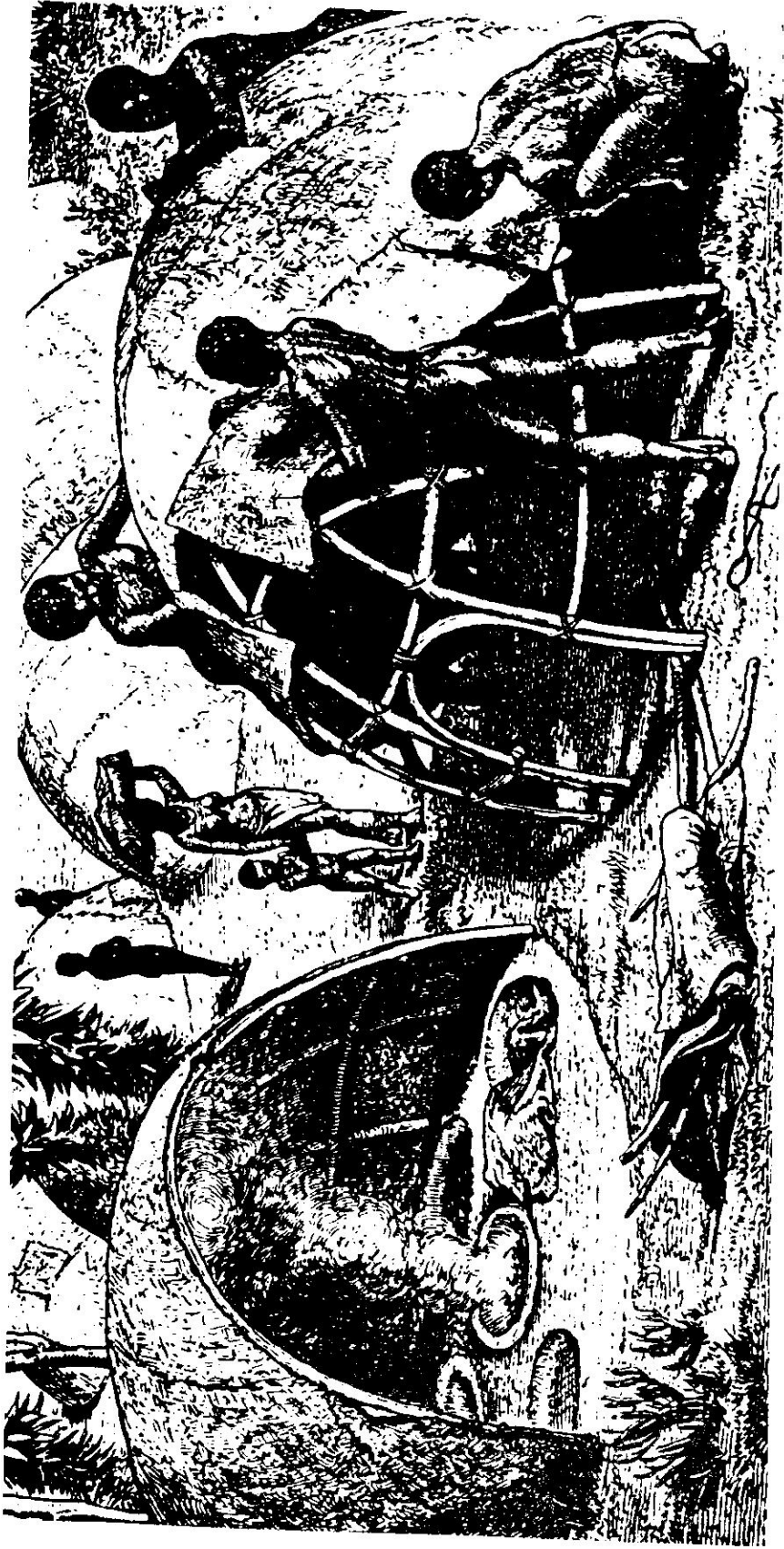
El efecto final que se espera obtener, como resultado de la incorporación de la TECNOLOGIA PASIVA en la planificación, diseño y construcción de cualquier edificación en Puerto Rico, debe ser un comienzo necesario para que el futuro desarrollo de nuestra Isla reconozca y comprenda su potencial climatológico y pueda aprovechar y aplicar así los conocimientos tecnológicos adquiridos a través de su historia, a través de un ENFOQUE BIOTROPICAL.

III. RECOMENDACIONES

Para un mejor aprovechamiento de la tecnología pasiva, es necesario disponer de equipos y facilidades técnicas programadas para alcanzar y evaluar los resultados empírica y numéricamente. La coordinación eficiente de equipos técnicos especializados tales como COMPUTADORAS, TUNELES DE VIENTO, HELIODON, CIELO ARTIFICIAL y su aplicación a la programación de diseño arquitectónico, representa grandes beneficios ante la tecnología aplicada y su eventual dirección para la búsqueda de fuentes alternativas de energía. Dicha interrelación pondría a nuestra disposición **MÉTODOS, FÓRMULAS y MODELOS PRÁCTICOS** a utilizarse como criterios de diseño para la orientación, localización, configuración y forma del edificio, así como para la selección de materiales, prácticas de construcción, protección solar, etc... que tanto valor representa para una **ARQUITECTURA** en vías de una conciencia **BIOCLIMÁTICA**.

Tanto la Escuela de Arquitectura de la UPR como aquellas instituciones similares que persiguen la labor de adiestrar profesionales técnicamente capacitados, deben de alguna forma disponer de tales equipos y utilizarlos como herramientas de trabajo, para así adelantar y acelerar resultados empíricos y ponerlos a la disposición de la ciudadanía en general. La repercusión que esto tenga ante el futuro de **NUESTRA ARQUITECTURA BIOTROPICAL** depende en gran medida de estos adelantos.

2. EL CONOCIMIENTO PRIMITIVO



Antes que darle la espalda al avance tecnológico de nuestra época, debemos procurar por un BALANCE sumamente responsable y sensitivo entre las habilidades y conocimientos heredados del pasado y el rendimiento de los productos del Siglo XX. ¡Pero para descubrir dicho balance, tenemos que aprender mucho del pasado!

A lo largo de su historia, la ARQUITECTURA PRIMITIVA revela un conocimiento preciso y detallado sobre las condiciones locales del CLIMA, y un sobresaliente manejo de las características, condiciones y comportamiento de los MATERIALES

de construcción disponibles en su localidad. Su arquitectura fue una simple y original respuesta a la ECONOMIA en la ESCAZES, donde el impacto del medio ambiente y los recursos en materiales y energía estaban restringidos a la elaboración de espacios y formas al beneficio de su comunidad. En ella el margen de error representaba un verdadero PELIGRO.

La arquitectura VERNACULA, construida por hombres autodidactas que aprendieron de las experiencias adquiridas por generaciones, era en un sentido IDEAL, donde se complacían las necesidades, exi-

gencias y aspiraciones de la comunidad en su ejemplo duradero y de inigualable belleza. Era, además, testigo de la naturaleza de sus creadores, revelando a través de su expresión física la historia privada de su cultura y una relación orgánica con su medio ambiente.

El conocimiento que heredamos a través de la EXPERIENCIA PRIMITIVA cobra un significado muy especial, debido a que en la actualidad existe la tendencia a minimizar o IGNORAR la importancia y complejidad del clima y del medio ambiente natural. El hombre, aún con sus conocimientos y avances tecnológicos alcanzados, construye comparativamente peor que sus antecesores, ya que sobreestima las capacidades TECNOLOGICAS que poseen las FUERZAS NATURALES, e ignora los PRINCIPIOS de diseño que nos legaron. A veces se olvidan de que el CLIMA de una región básicamente consiste de elementos que influyen, directa o indirectamente, el proceso y diseño de cualquier

edificación y que, sobre todo, establece las pautas que resultan en condiciones de mayor permanencia que aquellas IMPUESTAS por el hombre, tales como la función, los reglamentos, el estilo o simplemente la MODA. Es por tal motivo que la buena ARQUITECTURA viene como resultado de ese compromiso y armonía entre las condiciones variables del CLIMA por un lado y las exigencias fundamentales y particulares del ser humano por otro, ya sean éstas de carácter físico, social, estético o religioso.



3. LA ZONA TROPICAL

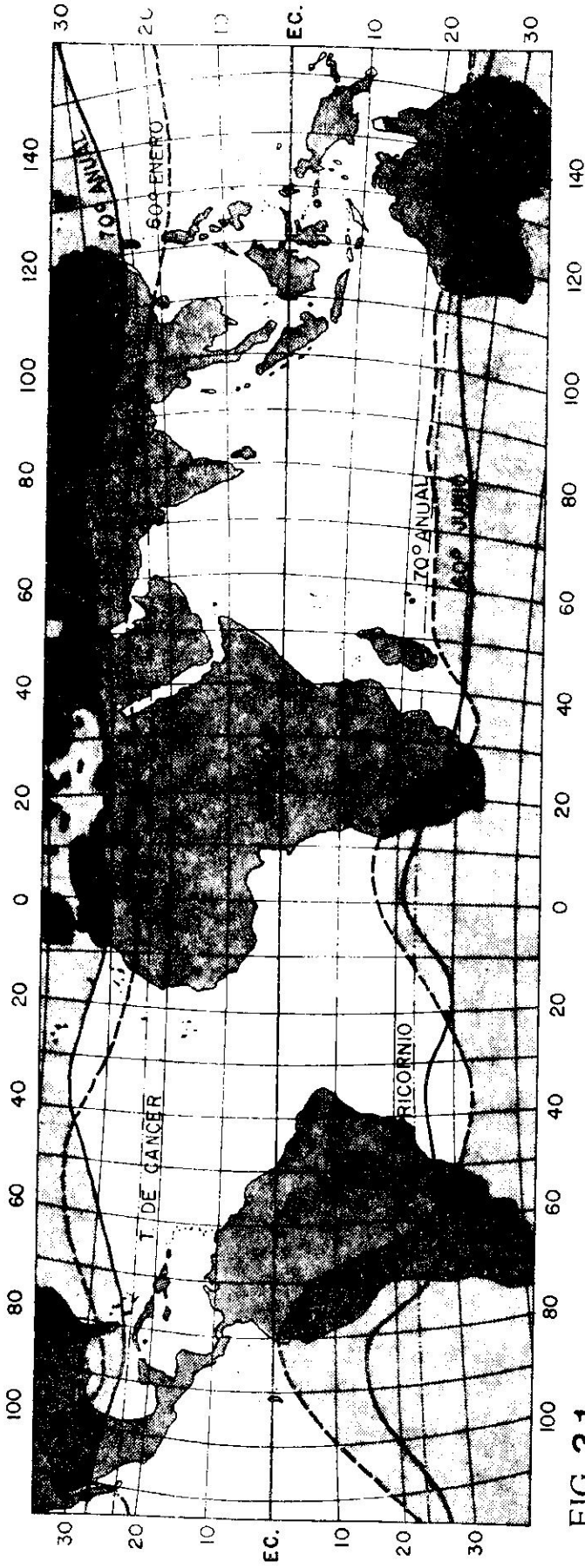


FIG. 3.1

La posición GEOGRAFICA de un país es uno de los factores más determinantes de su desarrollo. Esta imparte las características climáticas particulares que influyen sobre el destino y las condiciones de vida de sus habitantes.

De las cinco zonas geográficas que cuenta el planeta Tierra, la ZONA TROPICAL abarca unos límites geográficos sumamente amplios. Esta comprende una extensa zona o faja alrededor del centro de la tierra que se extiende aproximadamente 23.45° a ambos polos desde el Ecuador, e incluyendo el 40% del total de la superficie de la tierra. Es decir, la zona tropical corresponde a las latitudes paralelas entre el TROPICO DE CANCER (23.45°) al norte del Ecuador y el TROPICO DE CAPRICORNIO (23.45°) al sur, donde el sol al mediodía incide verticalmente sobre nuestras cabezas.

Tal y como se ilustra en la FIGURA 3.1, las líneas imaginarias correspondientes al Tópico de Cáncer y Capricornio no son compatibles con los principales climas de la tierra. Por otro lado, las líneas de TEMPERATURA PROMEDIO corresponden básicamente a los límites de zonas determinadas geográficamente. Estas franjas continuas indican, tanto la temperatura promedio de 60°F (15°C) para el mes más frío del año, así como la temperatura promedio de 70°F (21°C). En los puntos donde el mar se encuentra con la tierra nos da una idea de la extensión en que se desvían las condiciones tropicales a lo largo de las geográficamente-determinadas latitudes tropicales. Entre dichos límites cualquier persona queda en la libertad de trazar la línea que él entienda esté conforme a su propia definición de los trópicos. Ahora bien, generalmente existen dos tí-

pos de climas tropicales, a saber: El CALIDO HUMEDO y el CALIDO SECO. Cualquiera de estas condiciones prevalece entre las regiones que conforma dicha zona tropical. Naturalmente siempre cabe la posibilidad de que surjan excepciones y grados entre ambos extremos como consecuencia de la presencia de factores geográficos, tales como: El mar y las montañas. En nuestro caso particular, PUERTO RICO cae dentro de la zona marítima (cálida húmeda) donde los controles y elementos climáticos son moderadores de nuestra arquitectura. Pero, para esto es saludable obtener, discutir y analizar los antecedentes meteorológicos locales que nos permitan completar un cuadro mucho más confiable.

4. NUESTRO CLIMA

I . CONTROLES CLIMATICOS

A. La Latitud	12
B. Insularismo	12
C. Posición Geográfica	13
D. Vientos Alisios	13
E. Ondas Alisias	13
F. Vaguadas	14
G. Huracanes	14
H. Topografía	15

II . ELEMENTOS CLIMATICOS

A. Temperatura	16
B. Vientos	19
C. Precipitación	24
D. Humedad	26
E. Radiación Solar	27
NOTAS	32

Mientras que el TIEMPO es el estado de la atmósfera en cualquier momento y lugar determinado, el CLIMA es el estado del tiempo que ha ocurrido en ese lugar día tras día y año tras año a través de un largo período de tiempo.

El clima ha sido a través de toda la historia un factor determinante en el desarrollo de las soluciones arquitectónicas, y ha propiciado el desarrollo de nuevas técnicas constructivas representativas de una sociedad y cultura. En Puerto Rico aún notamos cierta apatía y olvido por parte de los profesionales envueltos en la tarea de determinar el ambiente y del estudio del control de los elementos naturales en la arquitectura, así como de espacios exteriores y urbanos. Ahora con la creciente CRISIS ENERGÉTICA es de esperarse que se agudice la conciencia sobre el estudio e investigación del control natural de nuestro clima, así como también superar los adelantos tecnológicos mediante la búsqueda de fuentes alternas de energía aplicables a la planificación y diseño de futuras construcciones.

Localizada en una zona TROPICAL y siendo una isla relativamente pequeña rodeada de una extensa masa oceánica, PUERTO RICO es representativo de un clima tropical marítimo. Además su topografía, localización y configuración geográfica definitivamente influyen en su clima. Pero para comprender mejor dichas características es conveniente abundar sobre los principios básicos del análisis climatológico.

I . CONTROLES CLIMATICOS

Entre los factores más importantes que influyen en nuestro clima podemos mencionar:

A. La Latitud

La isla de Puerto Rico se encuentra entre los $17^{\circ}52'$ y $18^{\circ}30'$ DE LATITUD AL NORTE del Ecuador, dentro de la zona tropical húmeda. Esto nos sitúa dentro de la ZONA DE MAXIMA INSOLACION de la esfera terrestre, que es la comprendida entre los trópicos de Cáncer y de Capricornio, donde el sol al mediodía incide la tierra en forma casi vertical sobre la zona de $23^{\circ}27'$ hacia el norte y sur del Ecuador. (Ver FIGURA 4.1)

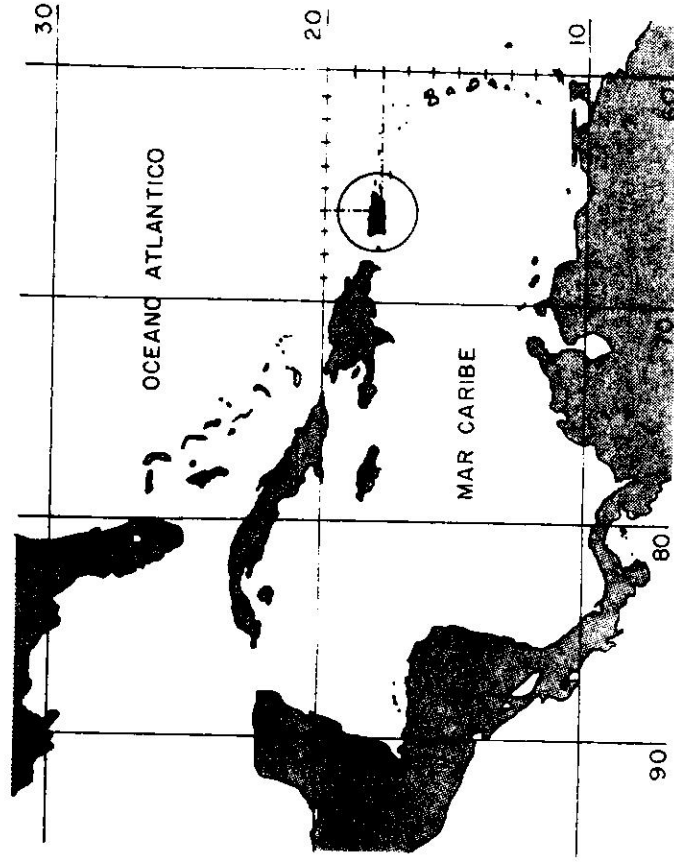


FIG. 4.1

B. Insularismo

El hecho de ser una isla pequeña en tamaño, permite que la INFLUENCIA DEL MAR sea moderadora

del clima. Debido a que el mar tarda más en calentarse y en enfriarse que la tierra, por lo tanto tenderá a calentar nuestra Isla en invierno y a refrescarla en verano. Esto produce dos condiciones sumamente importantes:

- Nuestras temperaturas no alcanzan grandes extremos de calor y frío, y
- Las temperaturas máximas y mínimas no coinciden con las fechas de mayor y menor insolación.

C. Posición Geográfica

Puerto Rico está localizado al este y hacia la parte media de la gran masa continental de las Américas y al oeste del Atlántico del Norte. En combinación con la latitud nos coloca en la rama ascendente de la gran CORRIENTE ECUATORIAL DEL NORTE (Ver FIGURA 4.2). Esta corriente se origina en las costas de África, cruza el Atlántico de este a oeste y al llegar a las Antillas Menores se divide en:

- CORRIENTE DE LAS ANTILLAS, que viaja hacia Florida, pasando al norte de Puerto Rico, Cuba y las Bahamas.
- CORRIENTE DEL CARIBE, que viaja hacia el Golfo de México, pasando al sur de nuestra Isla.

Debido a que la Corriente Ecuatorial del Norte es cálida y húmeda, contribuye más aún a intensificar nuestro clima como resultado de la velocidad de esas masas de agua cálida deslizándose a lo largo de nuestras costas. Igualmente la evaporación se facilita, permitiendo una mayor nubosidad en toda la zona y que finalmente propicia la lluvia.

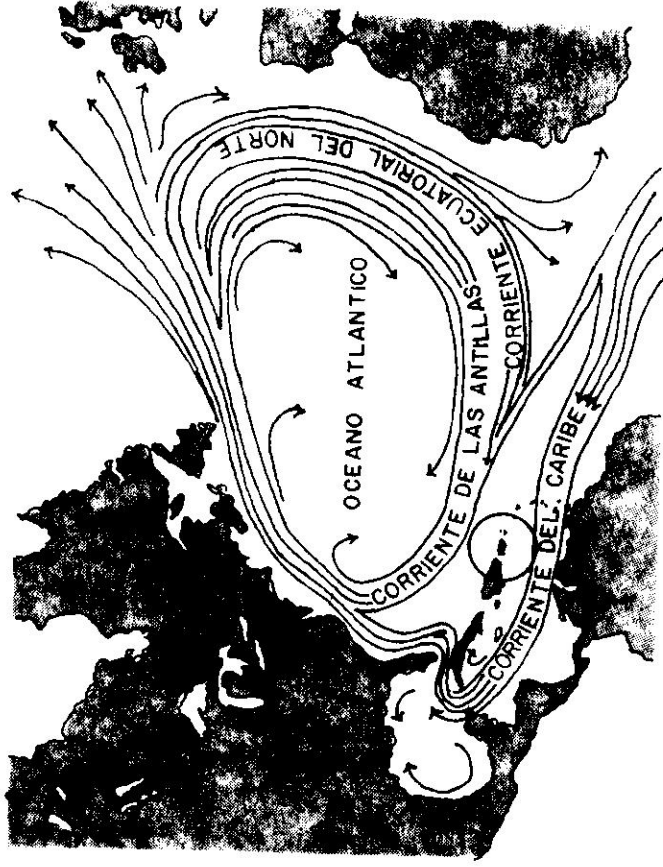


FIG. 4.2

D. Vientos Alisios

Los alisios son VIENTOS DEL NORDESTE que soplan normalmente entre los 5° y los 30° de latitud a cada lado del Ecuador (Ver FIGURA 4.3). Como vemos, Puerto Rico, por su latitud, cae siempre dentro de la zona bañada por estos vientos que aquí vienen del este durante casi todo el año. Al ser estos vientos secantes, van absorbiendo a su paso la humedad y no tienden a producir precipitación excepto cuando encuentran montañas en su camino produciendo las llamadas lluvias orográficas o de montañas.

E. Ondas Alisias

Ocurren en las dos bandas de vientos alisios a

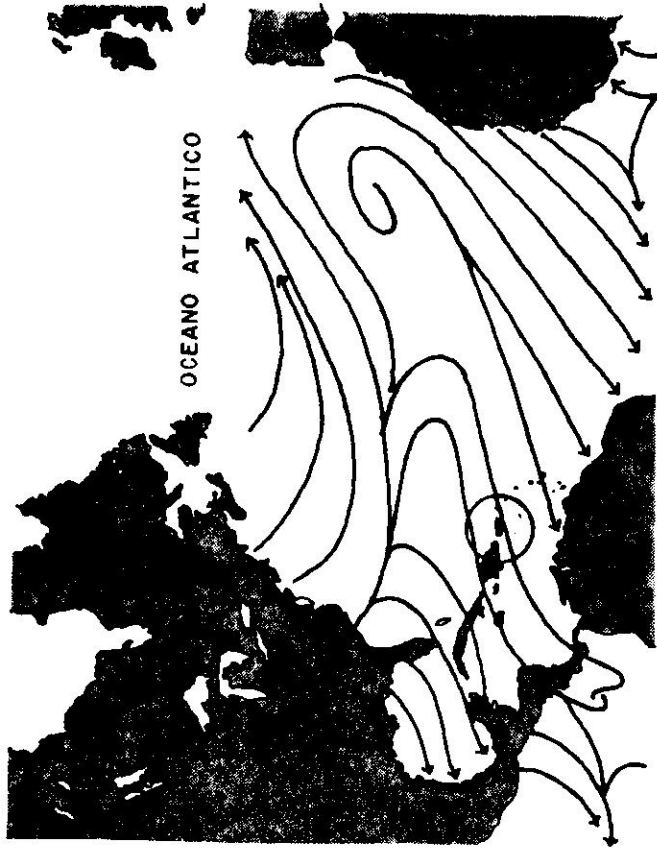


FIG. 4.3

ambos lados del Ecuador. Las ondas alisias son DEFORMACIONES EN FORMA DE ONDAS HORIZONTALES que se trasladan de este a oeste a una velocidad constante de 10 a 15 millas por hora. Esto juega un papel importante en nuestro clima pues propician la ocurrencia de esos períodos lluviosos tan frecuentes en nuestra estación húmeda.

Al oeste del eje de la onda el aire desciende hacia la tierra creando buen tiempo, cielo despejado y relativamente poco calor. Al este, por el contrario, el aire asciende y ocurre convección, cielo cubierto y tiempo borrascoso con lluvia. A ellas le debemos el contar con períodos de días muy lluviosos y días secos de forma cíclica. (Ver FIGURA 4.4).

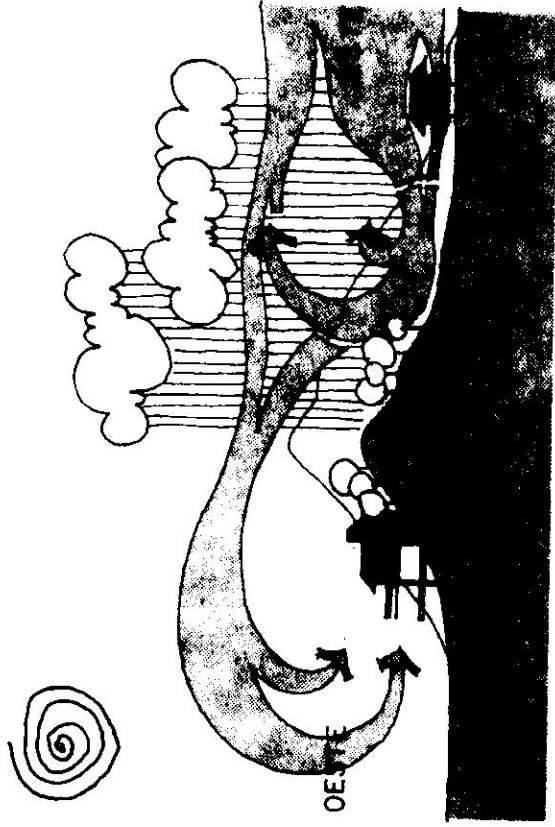


FIG. 4.4

F. Vaguadas

Ocasionalmente los FRENTES FRIOS del invierno de los Estados Unidos, llegan a descender tanto hacia el sur que atraviesan el Golfo de México y aparecen en las Antillas como depresiones que se mueven hacia el este, por encima de los vientos alisios. (Ver FIGURA 4.5). Las vaguadas vienen acompañadas de una área extensa de nubes y lluvias de menor intensidad, pero mayor duración que los aguaceros de las ondas alisias. Los vientos del norte que vienen detrás de la vaguada producen días más frescos de lo corriente en el invierno, a veces relativamente fríos.

G. Huracanes

Los huracanes, aunque afortunadamente son pocos los que pasan sobre Puerto Rico, son característicos de las regiones tropicales al este de gran-

- Al servir de pantalla a los vientos establece una marcada diferencia en el clima de la parte Norte benigno, y el Sur cálido y más seco.

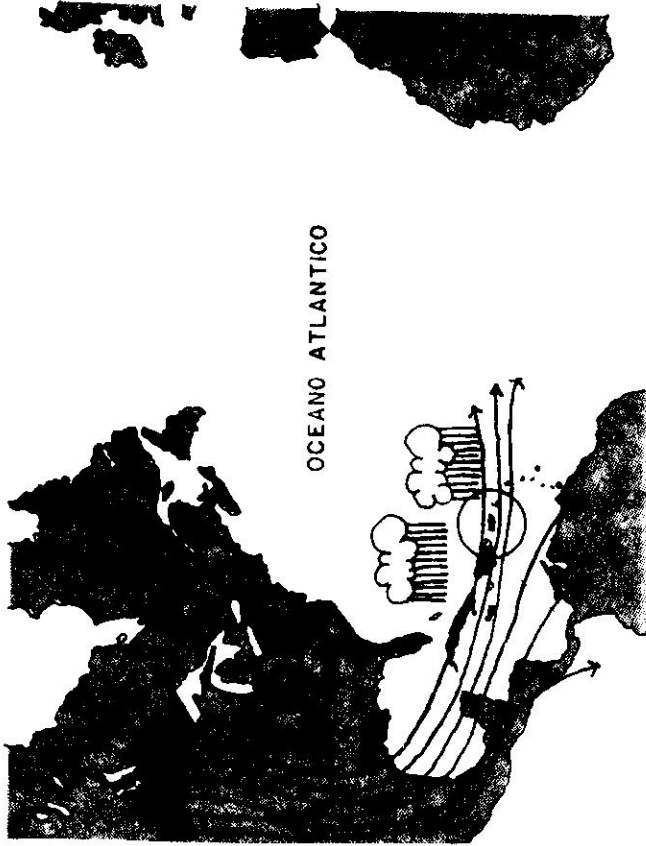


FIG. 4.5

des masas continentales. El principal efecto que tienen es el traernos abundante lluvia acompañada de un sistema de vientos intensos y devastadores, durante los meses de agosto, septiembre y octubre.

H. Topografía

La presencia de la Cordillera Central produce un doble efecto sobre el clima (Ver FIGURA 4.6):

- Con la altura DISMINUYE LA TEMPERATURA de la atmósfera, y por eso nuestras regiones montañosas son más frescas que las regiones llanas de la costa.

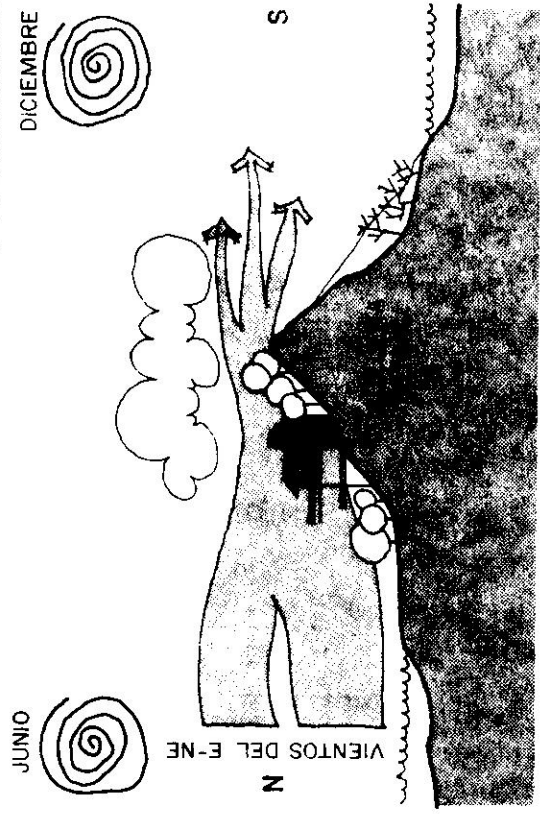
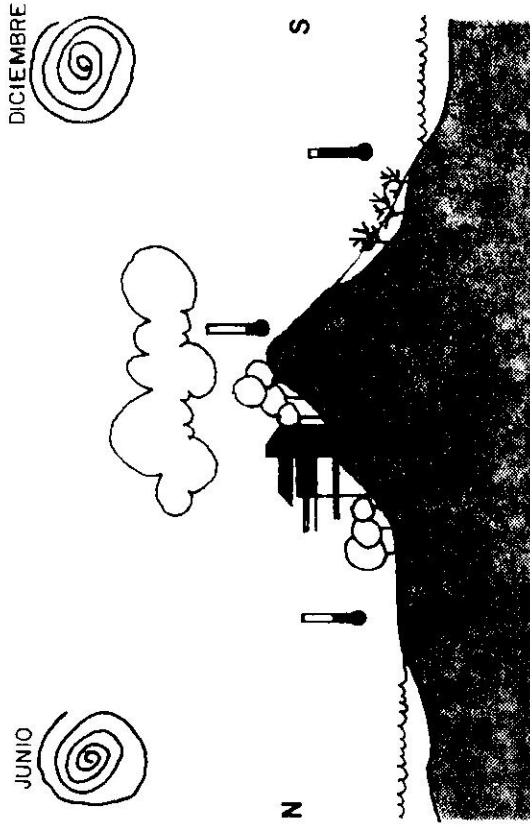


FIG. 4.6

II. ELEMENTOS CLIMATICOS

A. Temperatura

La TEMPERATURA es uno de los elementos del clima que más significado tiene para el hombre, su bienestar personal, económico, cultural y social.

En Puerto Rico hay dos (2) zonas de temperatura diferenciadas por la altura (Ver FIGURA 4.7):

1. La "TIERRA CALIENTE" (tropical) de los llanos y lomas bajas—de la isoterma de

74°F (23°C) en adelante, aproximadamente a 1,000 pies (300 metros) sobre el nivel del mar, y

2. La "TIERRA TEMPLADA" (subtropical) hacia la parte alta de las montañas—de la isoterma de 74°F para abajo, sobre los 1,000 pies de altura.

Las costas NORTE Y OESTE, ¹ en conjunto, son más frescas que las costas este y sur, debido a que en la costa OESTE el viento alisio llega después de haberse refrescado, al ascender y atravesar la zona montañosa de la Isla y su efecto refrescante se suma al de la brisa de la mon-

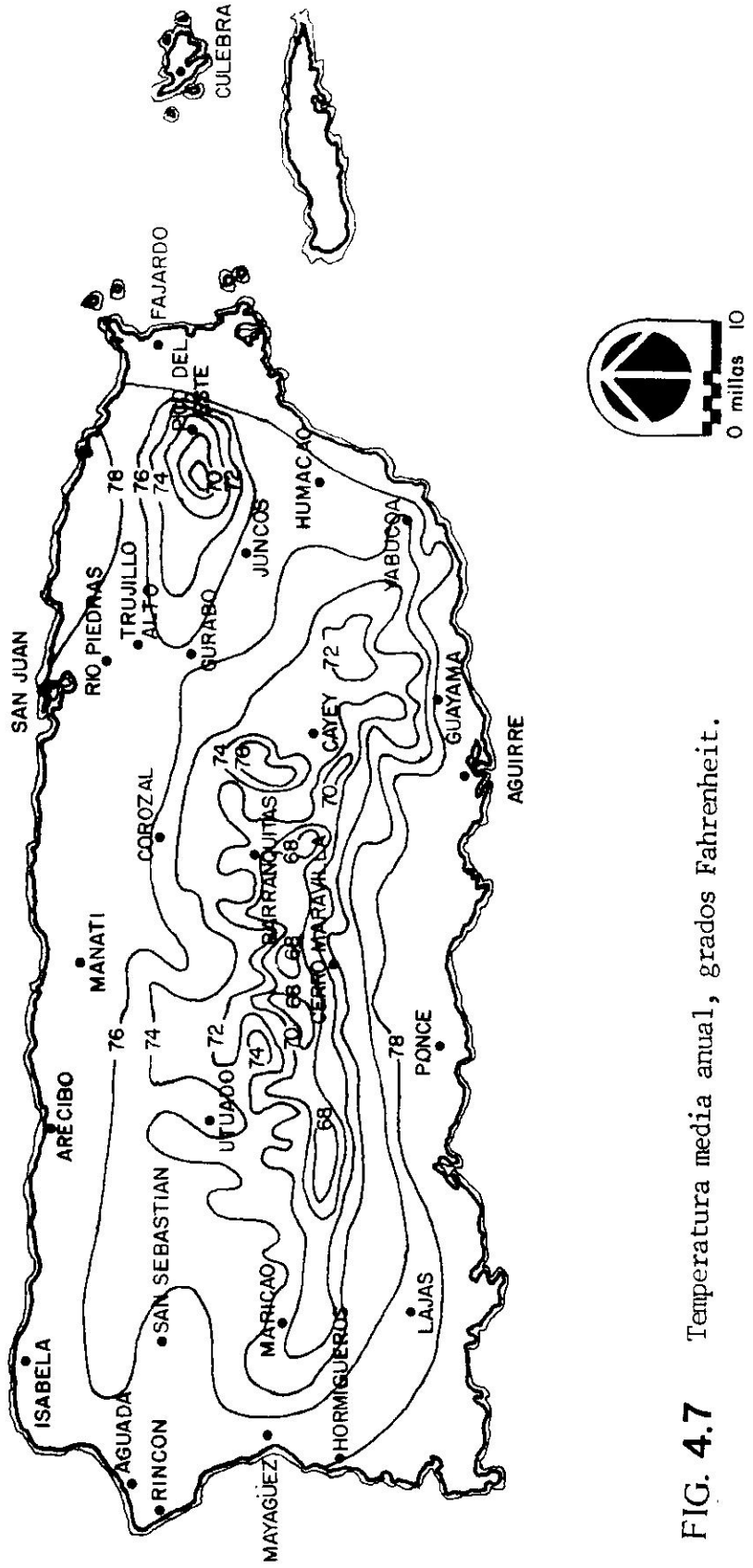


FIG. 4.7 Temperatura media anual, grados Fahrenheit.

taña. En la costa ESTE, durante la noche, el alisio que viene del mar impide el descenso de la brisa de la montaña a lo largo de los valles hacia la costa. Según se muestra en la TABLA 4.1, agosto es el más CALIDO para toda la isla con 79.2°F de temperatura media. Los tres meses más cálidos son julio, agosto y septiembre para la mayor parte de las estaciones.

De agosto en adelante la temperatura media para toda la isla irá en descenso, hasta alcanzar su punto más bajo o FRIO para el mes de febrero o enero con un promedio de 73.2°F.

La diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la del mes más frío nos dá una VARIACION MEDIA ANUAL en Puerto Rico, que raras veces es mayor de 7°F o menor de 5°F. La variación media anual para toda la Isla es de 5.9°F.

Debido a que Puerto Rico es una isla enteramente tropical, la variación diurna es mucho más alta que la variación anual. Para San Juan la VARIACION DIURNA de temperatura indica una mínima alrededor de las 6 a.m., y máxima alrededor de la 1-2 p.m., tanto en invierno como en verano, con una diferencia máxima y mínima de 11°-12°F (Ver FIGURA 4.8). El calentamiento durante la mañana es mucho más rápido que el enfriamiento durante la tarde y la noche. Aunque la radiación solar es máxima al mediodía, la "temperatura máxima" ocurre generalmente alrededor de las 2 p.m. debido a una retardación en el efecto causal insolation-temperatura. El descenso de la temperatura es lento, acentuándose de las 5 a 7 p.m., según cae el sol en el horizonte. "El efecto enfriador" durante la noche es lento de tal forma que la temperatura mínima se observa tarde en la noche, poco antes de salir el sol.

La VARIACION ANUAL en la temperatura sigue el pa-

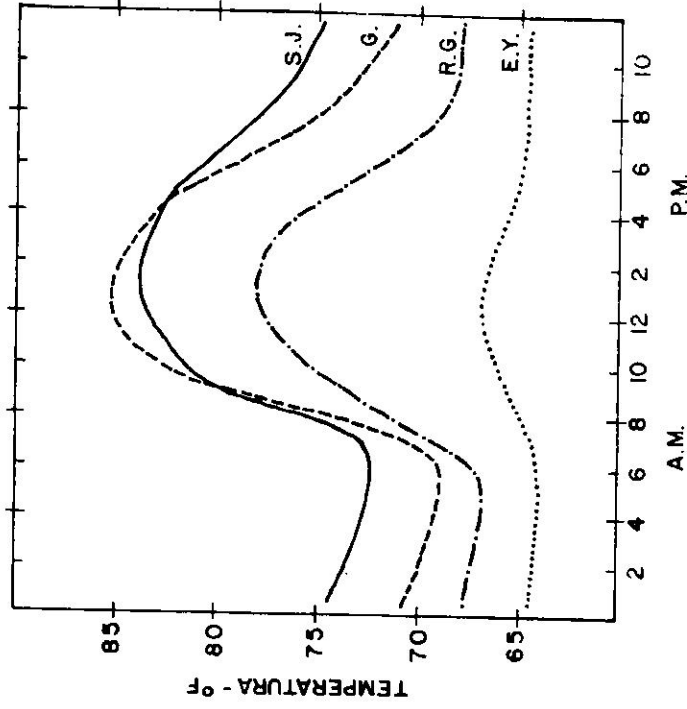


FIG. 4.8

Variación diurna, promedio anual en la temperatura (F) en varios sitios de Puerto Rico. Datos de San Juan (S.J.), elevación 50 pies; Gurabo (G), elevación 250 pies; Río Grande (R.G.), elevación 1,560 pies; y tope de El Yunque, elevación 3,476 pies.

trón de la radiación solar con poca diferencia, excepto por las diferencias en magnitud ocurridas por el efecto de altura y otros factores como la circulación de vientos y la proximidad de la superficie marítima. (Ver FIGURA 4.9).

Los extremos de temperatura son raros. El PROMEDIO ANUAL de temperatura máxima para toda la Isla es de 86°F, siendo agosto el mes de máxima

TAB. 4.1

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
SAN JUAN	76.6	77.0	77.7	78.9	81.0	82.2	82.3	86.6	82.2	82.0	80.1	78.2	80.4
RIO PIEDRAS	74.5	74.8	75.5	76.8	78.8	80.0	80.5	80.3	78.4	79.9	78.0	75.7	77.8
ARECIBO (01)	75.1	74.7	75.1	76.8	77.9	79.6	80.4	80.2	80.2	79.9	78.4	75.9	77.8
PONCE	75.2	75.5	75.8	77.3	79.3	81.0	81.7	81.3	80.4	79.8	78.5	76.0	78.5
AGUIRRE	75.2	75.3	75.9	77.4	79.0	80.7	81.1	80.8	80.3	79.7	77.8	76.6	78.3
FAJARDO	75.3	75.4	76.0	77.5	78.9	81.2	81.8	81.3	81.0	80.3	78.8	76.6	78.7
RINCON	75.9	76.0	76.6	77.5	79.0	80.1	80.6	80.6	80.6	80.3	78.8	76.9	78.6
MANATI	74.1	74.1	75.3	76.5	78.6	80.3	80.0	80.1	79.7	79.1	77.5	75.5	77.5
TRUJILLO ALTO	74.6	74.8	75.3	76.5	78.2	79.7	79.6	79.8	79.8	79.5	78.0	75.5	77.6
ISABELA	72.9	72.6	73.5	74.8	76.0	77.3	78.0	78.3	77.9	77.4	75.8	73.9	75.7
HORMIGUEROS	73.2	73.9	74.9	76.9	78.8	78.6	78.3	79.6	79.7	79.2	77.1	75.1	76.9
GUAYAMA	78.5	78.6	78.5	79.9	80.6	81.7	82.4	82.7	81.9	81.3	80.7	79.0	79.8
MAYAGUEZ	74.8	74.7	75.2	76.5	77.4	79.1	79.4	79.6	79.5	78.9	77.7	75.3	77.4
HUMACAO	75.2	75.3	75.5	77.4	79.4	80.8	81.0	80.8	80.5	79.8	78.4	76.2	78.4
LAJAS	73.4	73.8	74.5	76.2	78.0	78.0	79.8	79.7	79.4	78.8	77.2	74.6	76.9
JUNCO	72.2	72.8	73.5	74.9	77.3	78.6	78.9	78.9	78.6	79.9	76.0	73.4	76.0
CURABO	72.4	72.7	73.3	75.0	77.1	78.5	79.1	79.1	78.9	78.2	76.2	73.7	76.2
PICO DEL ESTE	61.5	62.5	63.2	64.2	65.6	67.0	67.6	68.0	68.4	68.0	66.2	63.6	65.5
CAYEY	68.8	69.1	69.9	71.5	73.9	75.6	76.2	75.9	75.3	74.6	72.7	69.9	72.8
COROZAL	72.6	72.9	73.5	74.9	77.0	79.0	79.2	79.0	78.5	77.9	76.1	73.7	76.2
CERRO MARAVILLA	62.1	62.7	62.9	64.2	65.0	66.8	67.2	67.8	67.5	67.1	65.8	63.2	65.2
UTUADO (06)	74.2	74.4	75.0	76.0	78.2	79.7	79.9	80.0	79.7	77.3	77.3	75.7	77.2
UTUADO (06)	72.5	71.8	72.8	74.1	76.4	78.0	77.8	77.8	77.4	76.9	75.4	72.9	75.2
SAN SEBASTIAN	73.8	74.0	75.0	76.6	78.1	79.1	79.1	79.7	79.3	79.1	77.4	75.4	77.2
MARICAO	68.3	68.6	69.1	70.2	71.7	73.4	73.5	73.5	73.2	72.5	71.1	69.0	71.5
COJOSO	74.4	74.1	75.0	75.8	77.2	78.0	78.3	78.3	78.1	77.8	76.2	74.2	76.5
ARECIBO (06)	75.3	74.8	75.2	76.2	78.0	79.6	79.9	80.2	80.2	80.0	78.0	76.4	77.8
BARRANQUITAS	68.4	69.0	71.1	71.4	73.1	74.8	75.3	75.1	74.3	73.5	72.0	69.5	72.1
YABUCCA	74.8	74.9	75.8	77.3	78.7	80.4	80.9	80.6	80.1	79.6	77.7	76.1	78.1
CULEBRA	76.5	76.2	76.9	78.2	79.5	81.9	81.9	89.4	81.6	80.7	79.3	77.2	79.3
TOTAL	73.1	73.2	73.9	75.5	76.9	78.4	78.7	79.2	78.4	77.9	76.3	74.2	76.2

en los sectores costaneros Norte y Este (influencia marítima) y sobre 22° en el sector interior Oeste y Central (influencia terrestre), existiendo muy poca variación entre invierno y verano. (Ver FIGURA 4.10).

B. Vientos

Nuestra Isla está sujeta a tres (3) regímenes distintos de vientos:

1. Los alisios.
2. Las brisas de mar y tierra, de montaña y valle.
3. Los huracanes.

EL ALISIO se siente más en las zonas directamente expuestas a él, como las costas norte, este y sur. Según los datos del Negociado del Tiempo, en San Juan, el alisio viene del este durante el 50% del tiempo (Ver FIGURA 4.11). Durante un 10% viene del noreste y durante un 19% del sureste. La frecuencia de vientos entre el nordeste y este es bastante mayor en invierno que en el resto del año, mientras que vientos entre el este y el sur-este predominan en verano, pero siempre predomina la tendencia a venir del este. La velocidad promedio de la corriente alisía es de 15 a 22 mph, siendo generalmente más fuertes en invierno y en verano (durante el mes de julio) que en primavera y otoño.

El viento de superficie en Puerto Rico es afectado por factores locales, como son la topografía y el efecto de mar y tierra. (Ver FIGURA 4.12). LAS BRISAS DEL MAR ocurren durante el día, debido a que la tierra se calienta más rápidamente que el mar y el aire caliente se enra-

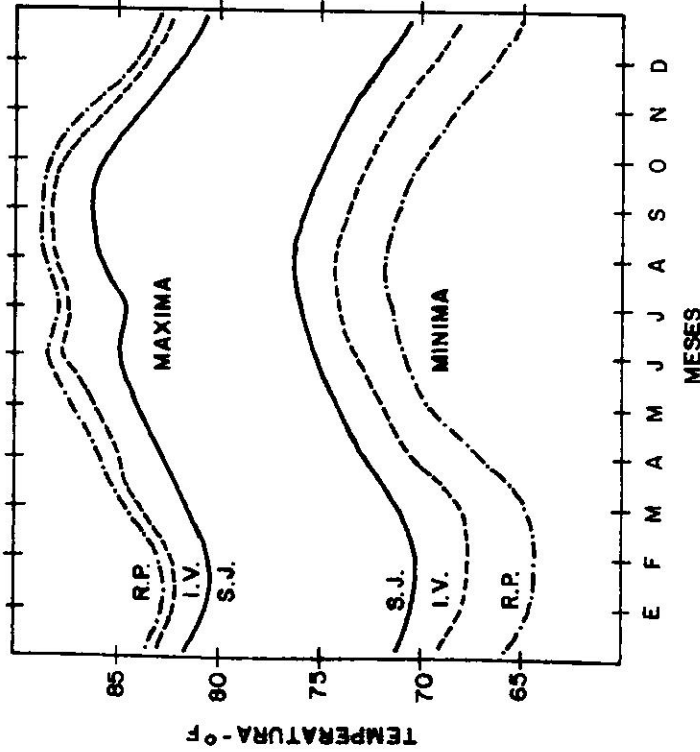
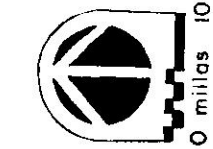
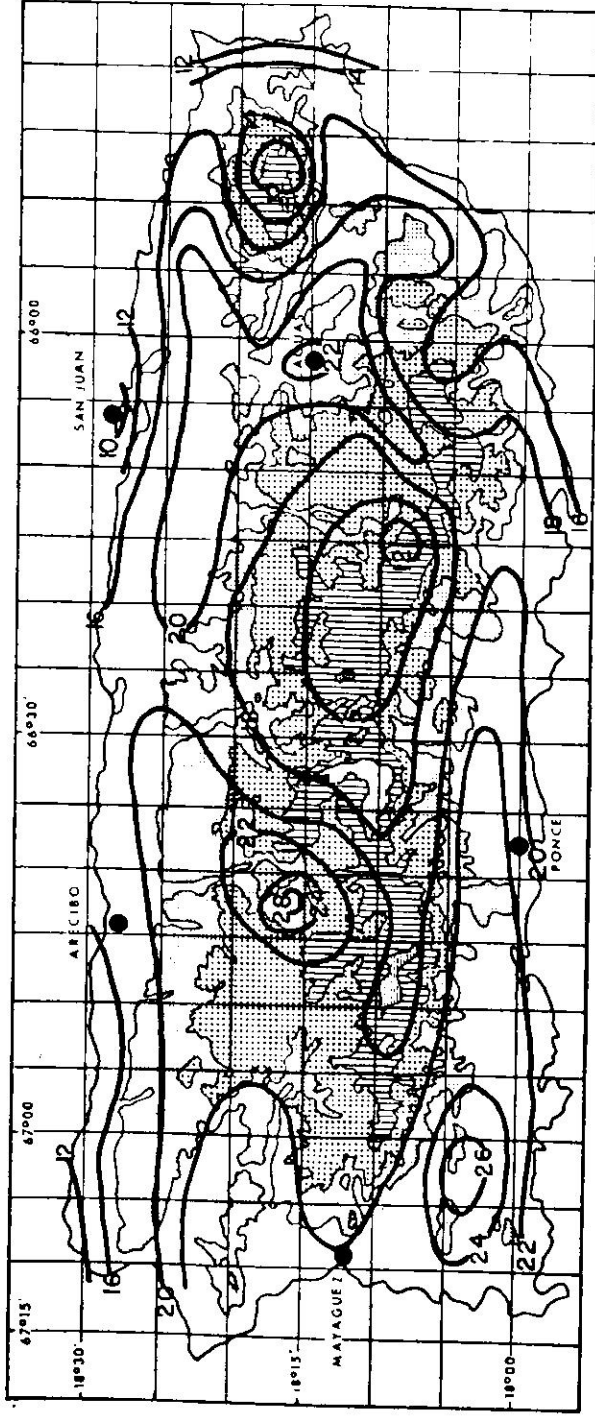


FIG. 4.9

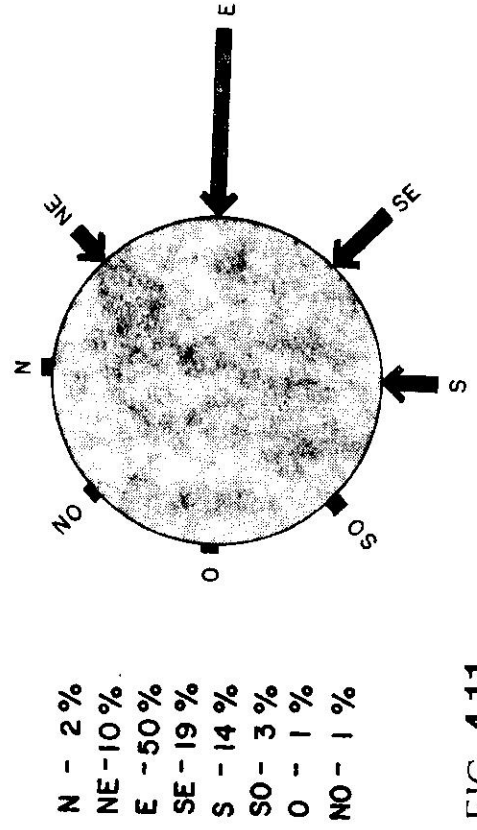
Variación anual en la temperatura máxima promedio (arriba) y temperatura mínima promedio (abajo) en tres sitios del área metropolitana de San Juan; San Juan (S.J.) (Parada 3 1/2, Ave. Ponce de León, Puerta de Tierra); Aeropuerto Isla Verde (I.V.); y Río Piedras (R.P.), Estación Experimental.

temperatura promedio mensual de 88.3°F. El promedio anual de temperatura mínima es de 66.9°F para todo Puerto Rico, y febrero tiene 63°F de temperatura promedio mensual. Una estadística sumamente interesante es la diferencia entre la mínima nocturna y la máxima vespertina (para el mes de febrero) cuyos valores fluctúan entre 10°



Distribución de la diferencia promedio entre la temperatura máxima y mínima diurna, Febrero.

FIG. 4.10



Rosa de los vientos de San Juan.

FIG. 4.11

madrugada conocido como BRISA DE TIERRA, con mayor suavidad. En la costa Norte la brisa marítima viene del Noreste en la tarde y sureste en la noche; en la costa Sur surge a la inversa. En la costa Este la brisa marítima refuerza el viento prevaleciente en la tarde y es opuesto en la noche, y por lo tanto no se observa mucho cambio en dirección, más bien en velocidad. En la costa Oeste, la brisa marítima es opuesta al viento prevaleciente en la tarde y es a favor en la noche. (Ver FIGURA 4.13).

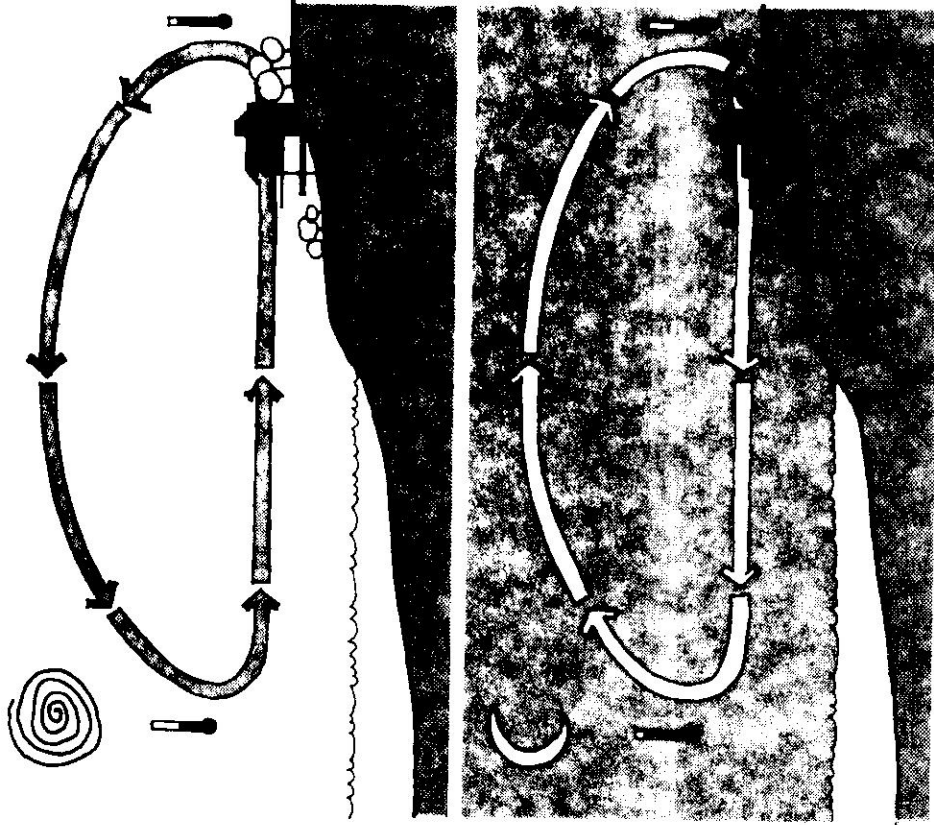


FIG. 4.12

rece y asciende, dejando una baja presión hacia la cual se dirige el aire más fresco que está sobre el mar, junto a las costas. Este desplazamiento de aire se conoce como BRISA MARINA. Durante la noche se invierte el proceso; la tierra se enfría más pronto que el mar, el aire del mar, más caliente entonces, se eleva y el de la tierra pasa a ocupar su lugar produciendo el viento de

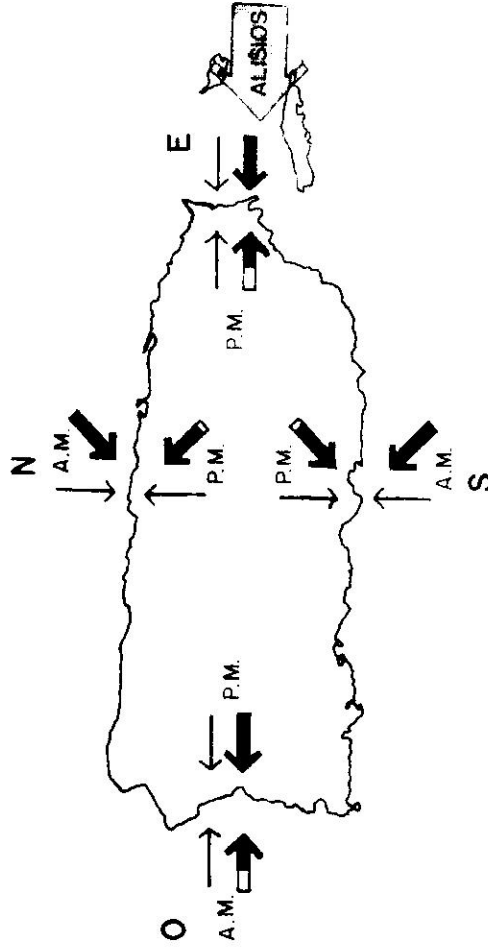


FIG. 4.13

En Puerto Rico existen muchos INTERVALOS DE LA VELOCIDAD de viento promedio, asociado al calentamiento solar, siendo mínima por la noche y aumentando paulatinamente durante la mañana alcanzando generalmente su velocidad máxima entre las 2 y las 4 de la tarde cuando empiezan a disminuir. En San Juan, (Ver FIGURA 4.14) puede observarse la variación diurna en la frecuencia (%) de vientos del cuadrante noreste (arriba) y del

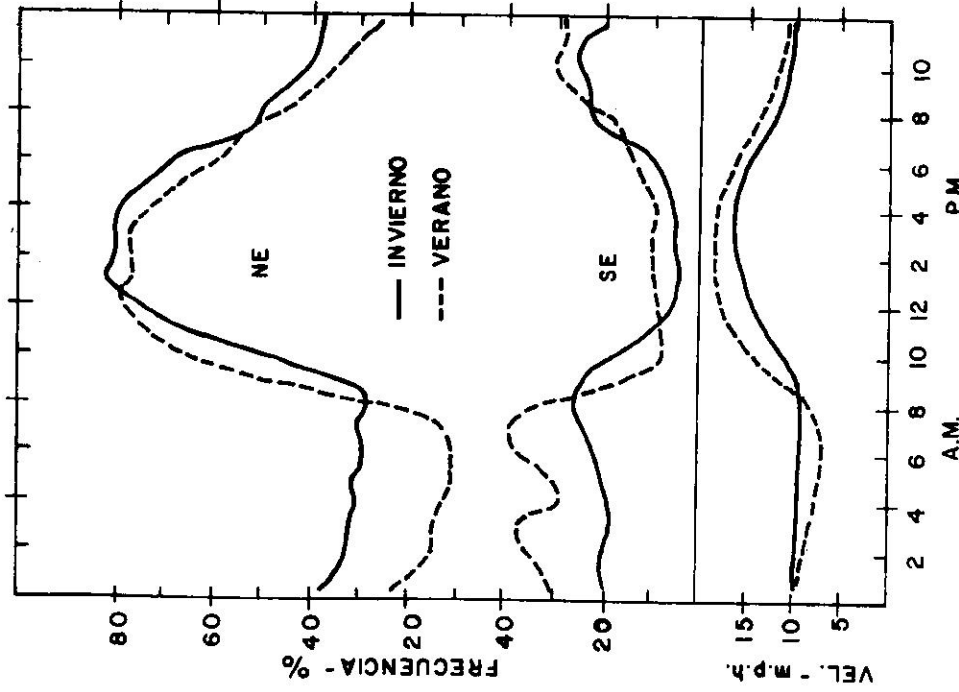


FIG. 4.14

Variación diurna en la frecuencia (%) de vientos del cuadrante noreste (arriba) y del cuadrante sureste (centro) en San Juan, ilustrando el efecto de la brisa marina. Abajo se ilustra la variación diurna en la velocidad (mph) promedio del viento.

cuadrante sureste (centro) ilustrando el efecto de la brisa marina. Abajo se ilustra la varia-

ción diurna en la velocidad (mph) promedio del viento². Además incluyo tablas que recogen la frecuencia anual, mensual y promedio de la dirección y velocidad del viento en el Aeropuerto Internacional de Isla Verde en San Juan (Ver TABLA 4.2, 3 y 4). Otro tipo de brisas, característicos en algunos valles de nuestra Cordillera Central, son las BRISAS DE VALLE y de MONTAÑA. Durante el día las laderas de la montaña, expuestas a los rayos del sol, se calientan rápidamente, mientras que el valle a sus pies, protegido por las laderas, se mantiene relativamente fresco.

TAB. 4.2

Frecuencia anual (%) de la dirección del viento y velocidad (mph) en el Aeropuerto Isla Verde, San Juan, Puerto Rico. Datos de un período de cinco años, 1955-1960.

	0-3	4-7	8-12	13-18	19-24	25-31	32-38	39-46	Sobre total	Prom. Vel.
N	#	0.2	0.5	0.1	#	0	0	0	0	0.9
NNE	#	0.3	0.9	0.5	0.1	#	0	0	0	1.7
NE	0.1	0.6	2.9	2.7	0.2	0	#	0	#	6.4
ENE	0.1	1.7	11.2	14.9	0.6	#	0	#	0	28.5
E	0.2	2.6	4.9	2.0	#	#	0	0	0	9.7
ESE	0.4	7.2	4.7	1.0	#	#	0	0	0	13.4
SE	0.8	6.8	1.7	0.6	#	#	0	0	0	9.8
SSE	0.7	3.6	1.2	0.6	#	0	0	0	0	6.0
S	0.7	2.8	0.6	0.2	#	0	0	0	0	4.2
SSO	0.2	1.3	0.3	#	0	0	0	0	0	1.8
SO	0.2	1.1	0.3	#	#	0	0	0	0	1.5
OSO	0.1	0.5	0.2	#	#	0	0	0	0	0.8
O	#	0.2	0.1	#	#	0	0	0	0	0.3
ONO	#	0.1	0.1	0.1	#	#	0	0	0	0.3
NO	#	0.1	0.2	0.1	#	0	0	0	0	0.5
NNO	#	0.2	0.4	0.1	#	0	0	0	0	0.7
Calma	13.5									13.5
Total	17.0	29.1	29.9	22.9	1.1	#	#	#	#	100.0
										8.4

Indica más de cero y menos de 0.05. Valores ajustados a una décima del uno por ciento.

TAB. 4.3 Frecuencia mensual (%) de la dirección del viento en el Aeropuerto Isla Verde, San Juan, Puerto Rico. Datos de un período de 5 años, 1955-1960.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
N	1.3	0.9	1.2	1.5	1.0	0.2	0.1	0.7	0.9	1.2	0.9	0.4	0.9
NNE	4.0	2.4	2.3	2.1	1.3	0.4	0.1	1.1	1.2	1.1	2.5	2.1	1.7
NE	9.6	7.8	6.1	8.2	4.9	2.3	3.7	5.7	5.1	5.0	10.5	7.7	6.4
ENE	27.3	30.0	27.6	31.8	28.1	29.2	41.8	29.7	25.7	17.6	25.0	27.7	28.5
E	7.0	9.4	7.7	7.5	11.3	14.8	14.5	10.7	7.7	8.4	7.8	9.4	9.7
ESE	8.9	13.4	13.3	11.8	15.1	18.5	16.4	15.1	12.2	13.0	10.6	12.0	13.4
SE	8.5	8.3	11.9	9.4	10.9	10.3	8.3	9.9	10.6	10.4	9.2	10.2	9.8
SSE	5.2	5.6	7.2	6.6	6.8	6.4	3.1	6.4	7.0	9.1	4.4	4.8	6.0
S	4.5	3.7	5.5	3.5	4.0	2.8	1.5	3.9	6.1	6.3	4.2	4.8	4.2
SSO	1.8	2.0	2.0	1.3	1.2	0.8	0.5	2.2	2.3	3.2	1.9	1.7	1.8
SO	2.2	1.6	1.3	0.9	1.4	0.7	0.3	0.8	2.0	2.6	2.6	1.7	1.5
OSO	0.7	0.7	0.7	0.6	0.8	0.4	0.1	0.6	1.4	1.4	1.6	0.6	0.8
O	0.3	0.2	0.5	0.5	0.2	0.1	0.1	0.4	0.6	0.4	0.2	0.1	0.3
ONO	0.6	0.2	0.5	0.1	0.5	0	0	0.4	0.2	0.6	0.7	0.1	0.3
NO	1.3	0.7	0.4	0.3	0.3	#	0.1	0.5	0.3	0.7	1.4	0.3	0.5
NNO	1.8	1.0	0.7	0.6	0.6	0.3	#	0.7	0.6	0.8	1.3	0.5	0.7
Calma	15.1	12.0	11.1	13.3	11.6	12.9	9.4	11.3	16.2	18.2	14.9	15.0	13.5
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Indica más de cero y menos de 0.05. Valores ajustados a una décima del uno por ciento.

TAB. 4.4 Promedio mensual de la velocidad del viento, para las distintas direcciones, en el Aeropuerto Isla Verde, San Juan, Puerto Rico. Datos de un período de 5 años, 1955-1960.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
N	9.8	11.2	9.6	9.0	8.0	8.1	7.6	10.5	8.7	8.5	7.8	9.5	9.2
NNE	11.8	11.6	10.7	10.3	9.6	8.1	12.7	11.6	9.5	9.1	11.3	14.8	11.2
NE	12.9	12.8	11.6	12.2	11.4	11.5	12.7	12.4	11.5	10.2	12.4	12.4	12.1
ENE	12.3	12.8	13.0	13.1	13.0	13.2	13.0	13.1	12.4	11.6	12.0	12.1	12.7
E	9.5	10.1	9.9	9.5	9.5	10.1	9.9	10.2	9.5	8.8	9.4	9.0	9.7
ESE	7.6	7.8	7.9	7.3	7.8	7.9	7.8	7.9	7.8	7.6	7.5	7.4	7.7
SE	6.3	6.8	7.1	6.7	7.1	6.4	6.7	7.0	6.5	6.4	6.4	6.1	6.6
SSE	6.6	7.1	8.2	8.5	7.9	7.2	5.9	7.2	6.3	6.4	5.8	5.7	7.0
S	6.0	5.4	6.1	6.7	6.7	5.8	5.2	6.9	5.6	5.8	5.5	5.0	5.9
SSO	5.8	5.8	6.4	6.2	6.5	5.3	6.1	6.9	5.4	5.6	7.1	5.2	6.0
SO	6.3	5.8	6.2	5.9	5.4	5.6	4.7	7.5	6.2	6.2	6.2	5.4	6.0
OSO	6.4	6.7	6.5	6.8	6.0	5.4	4.9	8.5	6.3	6.3	6.6	5.3	6.4
O	6.6	7.9	7.8	8.0	5.1	6.9	3.5	11.2	6.5	6.3	6.6	5.3	6.0
ONO	11.5	9.4	9.1	10.9	7.7	—	—	14.2	5.3	6.3	8.1	4.6	7.4
NO	12.9	10.7	8.1	10.8	7.8	2.3	5.2	9.5	7.6	8.4	11.0	6.9	9.8
NNO	12.9	9.7	9.4	8.5	8.2	6.3	9.2	12.4	7.8	7.1	10.0	8.0	10.0
Calma	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.9
Total	8.4	8.9	8.7	8.8	8.6	8.5	9.5	9.0	7.6	6.7	8.0	7.8	8.4

Esto crea una zona de alta presión en el valle, y una baja en la montaña, ascendiendo el aire fresco a lo largo de las laderas hacia la montaña. Durante la noche ocurre lo contrario; pero en ambos casos el efecto es un tendencia a igualar las temperaturas entre la montaña y el valle.

C. Precipitación

La lluvia en Puerto Rico es causada por cinco factores principales: El relieve o topografía, la convección, las ondas alisias, las vaguadas y los huracanes. Cada uno de esos tipos de llu-

via afectan con mayor o menor efectividad ciertas regiones de la Isla. Es difícil determinar con exactitud la proporción de lluvia que cae en cada lugar y en cada parte del año. En Puerto Rico existe un tiempo relativamente LLUVIOSO (de mayo a octubre) y uno relativamente SECO (de enero a marzo). Los meses de abril, noviembre y diciembre son de transición. Los meses más secos son generalmente febrero y marzo, y los más lluviosos son: Mayo en costa norte, y septiembre y octubre en costa sur. Un promedio de área de lluvia sobre toda la isla da un valor de 69 pulgadas-promedio anual de lluvia para todo Puerto Rico. (Ver FIGURA 4.15). El hecho de que la estación seca coincide con los meses más fríos

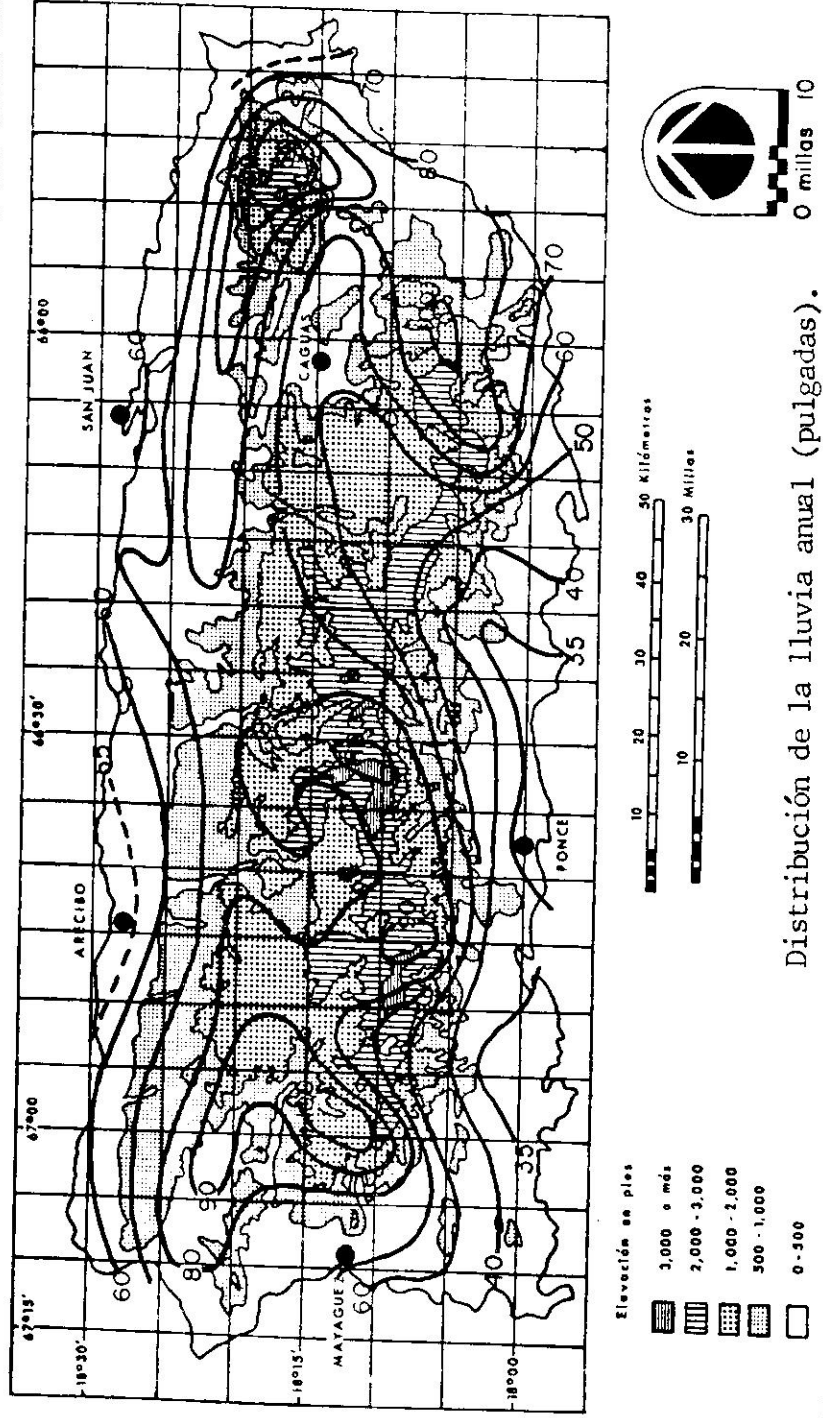


FIG. 4.15

Distribución de la lluvia anual (pulgadas).

responde a la disminución de evaporación y humedad en la atmósfera para formar nubes que producen lluvias.

Según el Mapa de Regiones de Lluvia de Puerto Rico preparado por Margaret Howarth en 1934 demuestra once (11) regiones distribuidas en la Isla en base a un promedio de lluvia anual en pulgadas (Ver FIGURA 4.16).

- Región III - Región Lluviosa de la Sierra Luquillo-----90"-200"
- Región IV - Región Subhúmeda del Nordeste-----40"-70"
- Región V - Valles Húmedos del Este-----70"-90"
- Región VI - Llano Costero Arido del Sur:
Subregión B-----40"-60"
Subregión A-----20"-40"
- Región VII - Región Húmeda-Seca de los Valles Costeros del Oeste-----65"-90"
- Región I - Región Subhúmeda-----40"-60"
- Región II - Región Húmeda de la Costa Norte-----60"-90"

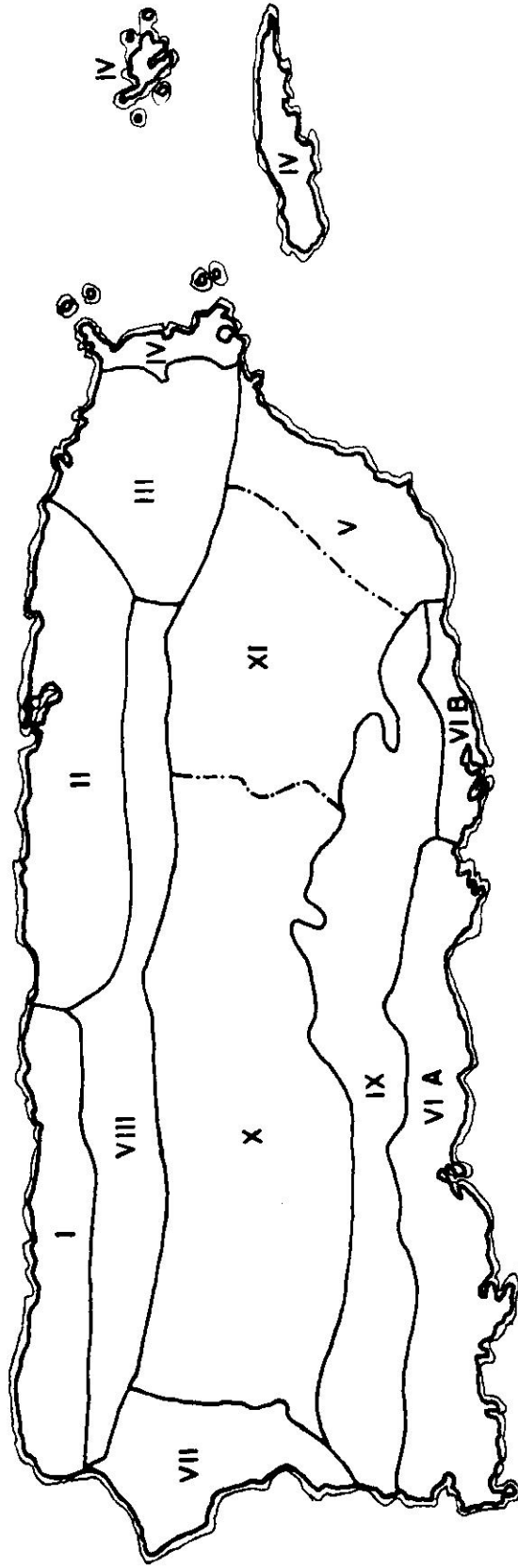


FIG. 4.16 Regiones de Lluvia.

- Región VIII- Región Húmeda de las Colinas del Norte-----70"-100"
- Región IX - Colinas semiáridas del Sur--40"-70"
- Región X - Región Lluviosa de las Montañas del Oeste-----70"-120"
- Región XI - Región Húmeda de las Montañas del Este-----50"-80"

En el Mapa de Lluvia Media Anual (pulgadas) (Ver FIGURA 4.17) puede observarse como una buena parte del noroeste de Puerto Rico, Región I, recibe menos de 60 pulgadas, convirtiéndose en una

región subhúmeda al igual que la IV. Río Piedras pertenece a la Región II donde los primeros meses del año siguen siendo los menos húmedos, pero solamente febrero y marzo pueden considerarse secos.

D. Humedad

La razón por la cual las mediciones de HUMEDAD se asocian con las de temperatura, responde al efecto crucial de que ambas ejercen sobre el bienestar humano. En términos generales, temperaturas altas acompañadas por humedad alta, proveen una condición más incómoda para el cuerpo humano.

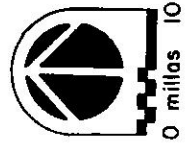
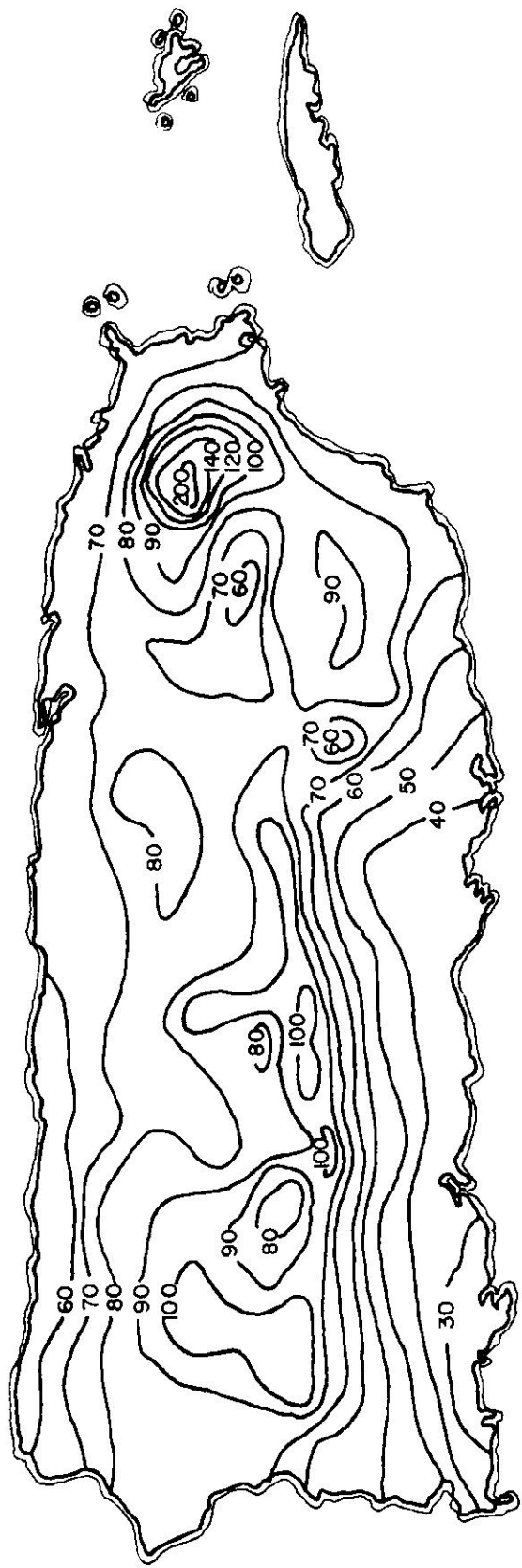


FIG. 4.17 Lluvia media anual (pulgadas).

Para Puerto Rico (San Juan) la variación diurna en la HUMEDAD RELATIVA³ indica máxima durante la noche y mínima a las 2 p.m. hora de la temperatura máxima, o sea, una variación opuesta a la de la temperatura (Ver FIGURA 4.18). En San Juan y otros puntos de poca elevación, la temperatura de rocío es alrededor de 70°F y la humedad específica es 16 gm./kg. (gramos de vapor de agua por kilogramos de aire). En sitios más elevados la HUMEDAD ESPECÍFICA es menor debido a que el contenido de humedad del aire disminuye con la altura (Ver FIGURA 4.19 y TABLA 4.5).

La HUMEDAD ABSOLUTA promedio en Puerto Rico es de 18.5 gramos de agua por metro cúbico de aire, que fluctúa muy poco durante el año, con aproximadamente 20 gram/mt.cu., para el mes más lluvioso, y 17 gm/mt.cu., en el mes más seco.

La VARIACION ANUAL indica valores un poco más altos en verano que en invierno debido a que en verano prevalecen vientos del Este, y en invierno se notan vientos de origen extratropical que traen aire relativamente más seco. (Ver FIGURA 4.20).

E. Radiación Solar

La cantidad de calor que se recibe del sol está determinada por el complejo astronómico del sistema solar. El movimiento o traslación de la tierra alrededor del Sol, su rotación y la inclinación del eje de la tierra, son los factores más importantes desde el punto de vista de un observador en la tierra. Pero sobre este particular abundaremos con mayor lujo de detalles en el CAPÍTULO 6.

El RECORRIDO DEL SOL en Puerto Rico, calculado para la latitud 18°30'N, puede aplicarse para

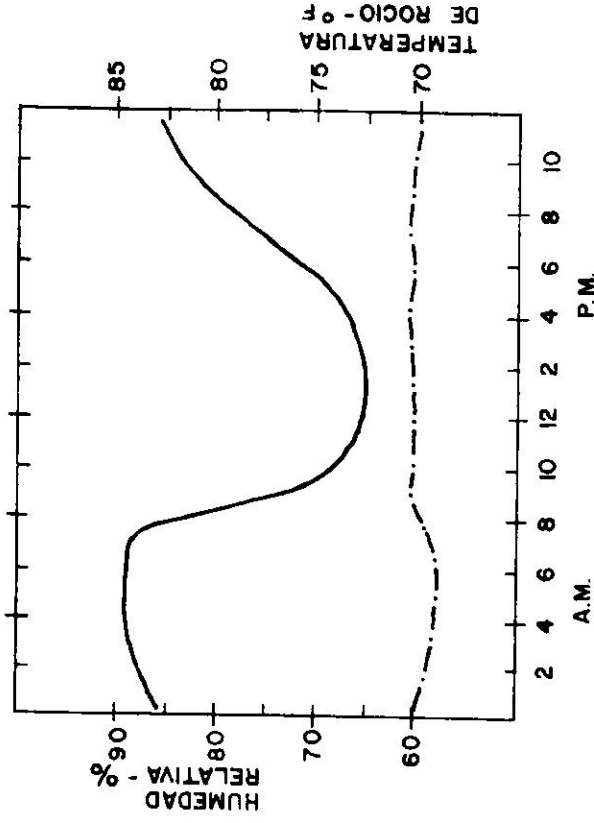


FIG. 4.18

Variación diurna en la Humedad Relativa (%), y en temperatura de rocío en San Juan.

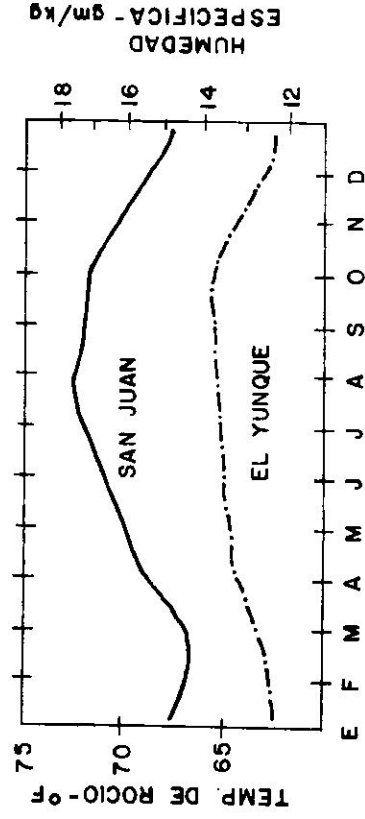


FIG. 4.19

Variación anual en la temperatura media de rocío o contenido de humedad en el aire.

TAB. 4.5

	E	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
SAN JUAN	79.5	74.2	74.3	73.6	73.3	77.8	74.5	76.1	79.2	83.3	81.3	78.0	77.1	
RIO PIEDRAS	77.0	72.0	72.0	72.0	74.0	78.0	76.0	77.0	81.0	79.0	82.0	80.0	76.6	
ARECIBO (01)	77.0	72.1	71.4	71.6	74.0	78.4	86.7	77.3	79.2	79.1	84.3	78.5	76.5	
PONCE	67.2	65.4	66.0	66.6	74.7	73.9	71.4	74.2	76.9	75.0	69.0	65.0	70.7	
AGUIRRE	66.8	67.2	67.7	69.1	74.6	74.4	74.5	76.4	77.4	76.4	75.6	71.8	72.8	
FAJARDO	78.0	73.0	72.0	72.0	74.0	78.0	76.0	77.0	81.0	79.0	82.0	80.0	76.8	
RINCON	73.0	71.3	72.6	72.6	84.4	77.2	76.5	75.6	75.1	74.8	75.5	73.8	75.2	
MANATI	72.3	71.4	72.1	73.1	74.2	76.6	75.9	74.6	74.8	74.5	76.9	76.1	74.4	
TRUJILLO ALTO	72.3	71.4	72.1	73.1	74.2	76.6	75.9	74.6	74.8	74.5	76.9	76.1	74.4	
ISABELA	72.3	71.4	72.1	73.1	74.2	76.6	75.9	74.6	74.8	74.5	76.9	76.1	74.4	
HORMIGUEROS	74.6	73.0	73.8	73.9	73.5	73.8	73.8	76.9	78.2	79.1	77.2	75.8	75.7	
GUAYAMA	67.2	65.4	66.0	66.6	74.7	78.0	71.4	74.2	76.9	75.0	69.0	65.0	70.0	
MAYAGUEZ	88.2	85.4	87.3	82.2	85.7	84.7	82.2	83.8	86.7	88.6	87.6	88.8	85.9	
HUMACAO	83.4	79.0	78.2	78.2	79.1	78.2	79.4	83.3	84.7	84.7	87.6	85.5	81.8	
IAJAS	75.3	75.0	74.4	75.3	78.8	77.4	78.1	80.5	82.8	82.0	82.8	78.6	78.4	
JUNOS	83.6	79.5	78.6	79.6	80.0	79.2	79.4	83.2	84.9	84.8	86.1	85.2	81.5	
GURABO	78.3	78.0	76.4	77.9	80.0	80.2	80.9	80.3	81.1	82.3	81.2	79.5	79.6	
PICO DEL ESTE	83.5	79.4	77.7	78.4	79.1	78.9	79.4	83.3	84.7	84.7	88.7	85.6	81.9	
CAYEY	83.5	79.5	78.5	79.6	80.0	79.2	79.4	83.3	84.9	84.9	86.2	82.2	81.8	
COOROZAL	78.0	76.0	74.0	77.0	76.0	73.0	74.0	77.0	80.0	79.0	80.0	79.0	76.9	
CERRO MARAVILLA	75.1	72.9	73.7	73.3	73.8	74.6	76.6	77.1	77.7	80.1	78.7	74.5	75.5	
UTUADO (06)	74.5	73.1	73.5	73.9	73.6	73.8	76.1	77.0	78.3	79.2	77.2	75.8	75.5	
UTUADO (06)	75.1	72.9	73.7	73.3	73.8	74.6	76.6	77.1	77.7	80.1	78.7	74.5	75.2	
SAN SEBASTIAN	69.0	63.0	63.0	70.0	71.0	64.0	66.0	68.0	68.0	66.0	69.0	71.5	67.0	
MARICAO	75.1	72.8	73.7	73.3	73.8	74.4	76.6	77.1	77.7	80.1	78.7	74.5	75.6	
COLOSO	74.5	73.1	73.8	73.9	73.6	73.8	76.1	77.0	78.3	79.2	77.2	75.8	75.6	
ARECIBO (06)	74.5	73.1	73.8	73.9	73.6	73.8	76.1	77.0	78.3	79.2	77.2	75.8	75.6	
BARRANQUITAS	74.6	73.0	73.8	73.9	73.6	73.8	76.1	77.0	78.3	79.2	77.2	75.8	75.6	
YABUCCA	79.5	74.2	74.3	73.6	72.6	77.8	75.8	76.2	79.1	80.2	81.4	78.0	76.9	
CULBERTA	67.2	68.1	66.5	67.4	73.6	73.2	71.2	73.5	76.1	74.4	73.2	71.6	71.7	
TOTAL	75.9	73.1	73.2	73.7	75.7	76.1	76.3	77.3	79.0	79.1	79.2	77.0	76.2	

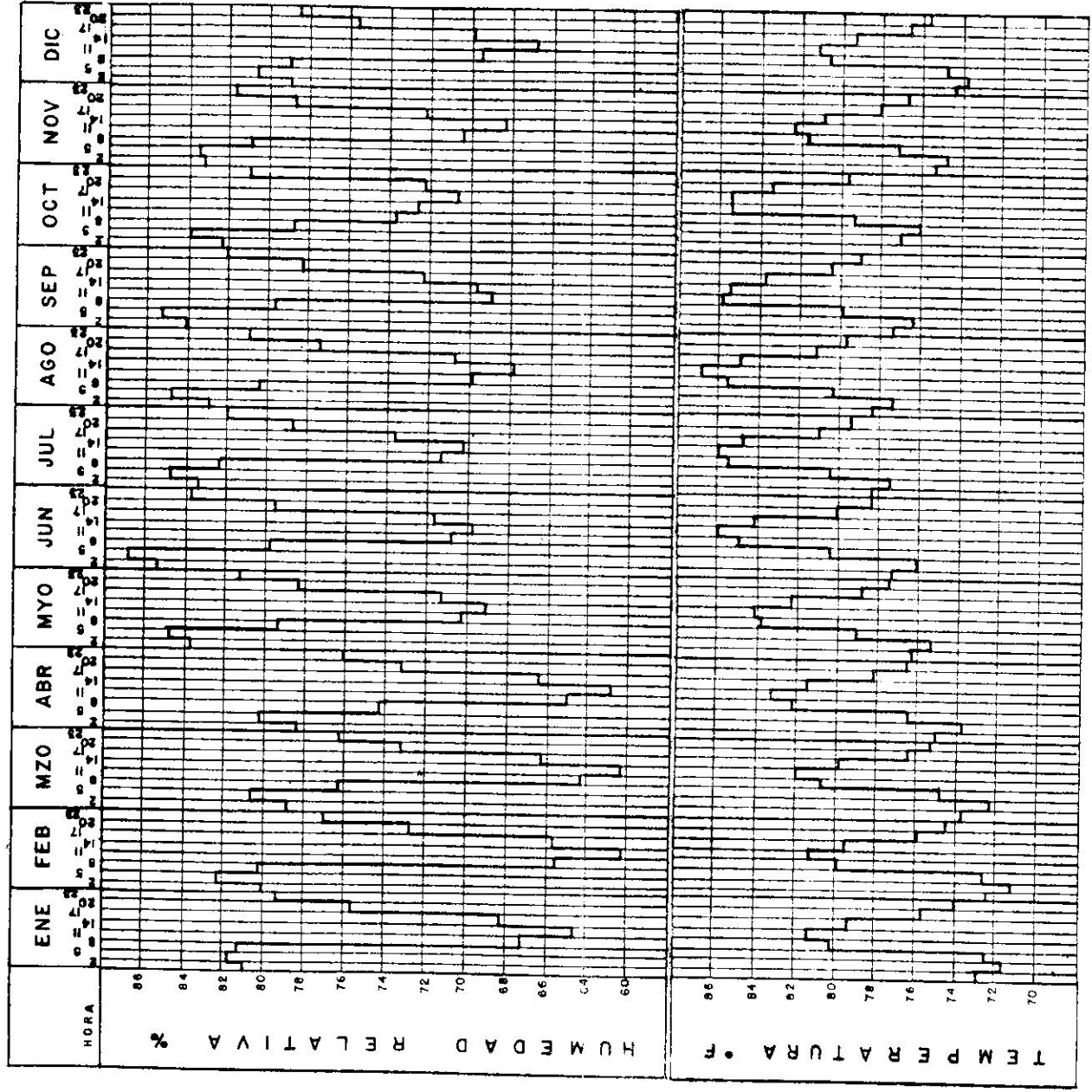


FIG. 4.20

toda la Isla pues sólo existe un poco más de $1/2^\circ$ de diferencia entre sus latitudes extremas norte y sur. En Puerto Rico una vez al año, desde mediados hasta fines de diciembre, el sol de mediodía llega a alejarse a unos 40° a 41° hacia el sur del cenit. Los rayos solares caen con un ángulo de 50° a 40° sobre el horizonte sur y no calientan tan efectivamente, señalando con esto el inicio de nuestro invierno tropical. El sol irá acercándose al cenit a medida que pasa el invierno, desplazándose hacia el Norte y pasando por el Ecuador en marzo 23—el EQUINOCCIO DE PRIMAVERA. Se irá sintiendo más calor hasta que, ya a fines de mayo, llega a estar en el mismo cenit, comenzando nuestro verano tropical con aproximadamente cinco (5) meses calurosos. En los primeros días de junio continúa su marcha hacia el Norte cambiando de la mitad sur a la mitad norte, alejándose un poco del cenit hasta el 21 de junio, fecha del SOLSTICIO DE VERANO en que llega a distar unos 5° del cenit. Luego se desplaza hacia el sur, pasando por el Ecuador en septiembre 23, EQUINOCCIO DE OTOÑO, y descendiendo entonces cada vez más hasta llegar a su posición original de mayor distancia, al sur del cenit en diciembre 23, fecha del SOLSTICIO DE INVIERNO. (Ver FIGURA 4.21 y 4.22).

Durante los meses de mayo a principio de agosto, tenemos el sol de mediodía casi directamente sobre nuestras cabezas (a menos de 5° del cenit), estando exactamente en el cenit alrededor de mayo 13 y agosto 1. Antes y después de ese período, tendremos dos (2) períodos de dos meses cada uno (de marzo a abril y de agosto a septiembre) en los que el sol dista unos 5° y 20° del cenit. ES DECIR, DURANTE UNOS SIETE MESES DEL AÑO, DE MARZO A SEPTIEMBRE, RECIBIMOS DEL SOL UNA CANTIDAD ENORME DE CALOR Y ENERGIA, y de octubre a febrero, una cantidad moderada, pero bastante apreciable.

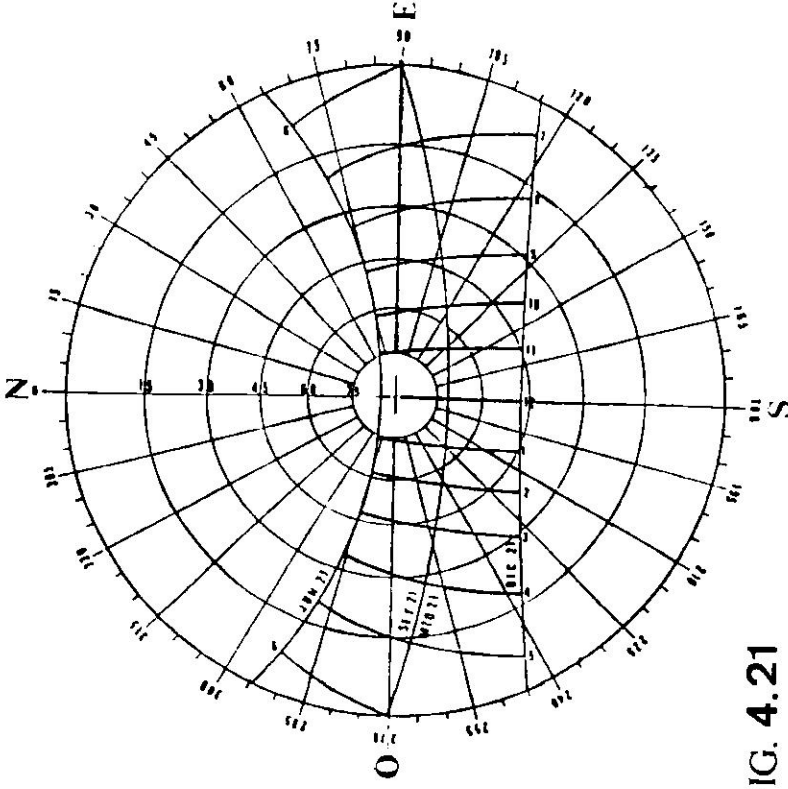
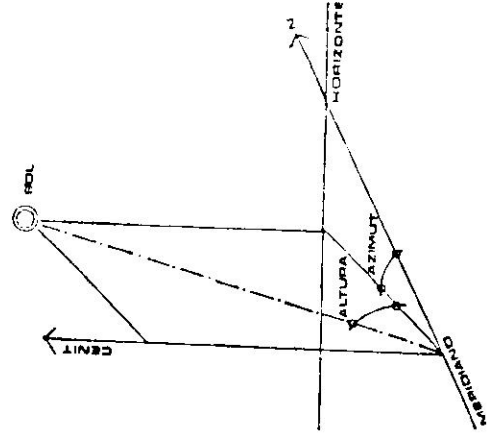


FIG. 4.21



"Cenit" es el punto al infinito del radio de la tierra que pasa por el lugar del espectador. "Nadir" es el opuesto del cenit.
 "Plano del horizonte", es el plano perpendicular al radio cenital (tangente a la tierra en el lugar).
 "Plano Cenital", es el plano vertical que pasa por el cenit del lugar y es perpendicular al plano del horizonte.
 "Altura del Sol", es la distancia angular del sol tomada sobre el plano cenital que pasa por el sol y el plano horizontal.
 "Azimut", es el ángulo horizontal formado por el meridiano del lugar y la intersección del plano del horizonte con el plano cenital que pasa por el sol. El azimut se mide con referencia al meridiano del lugar.

FIG. 4.22

La duración del día en Puerto Rico, ilustrada por la data de San Juan (Ver FIGURA 4.23) varía un poco más de 13 horas en verano y alrededor de

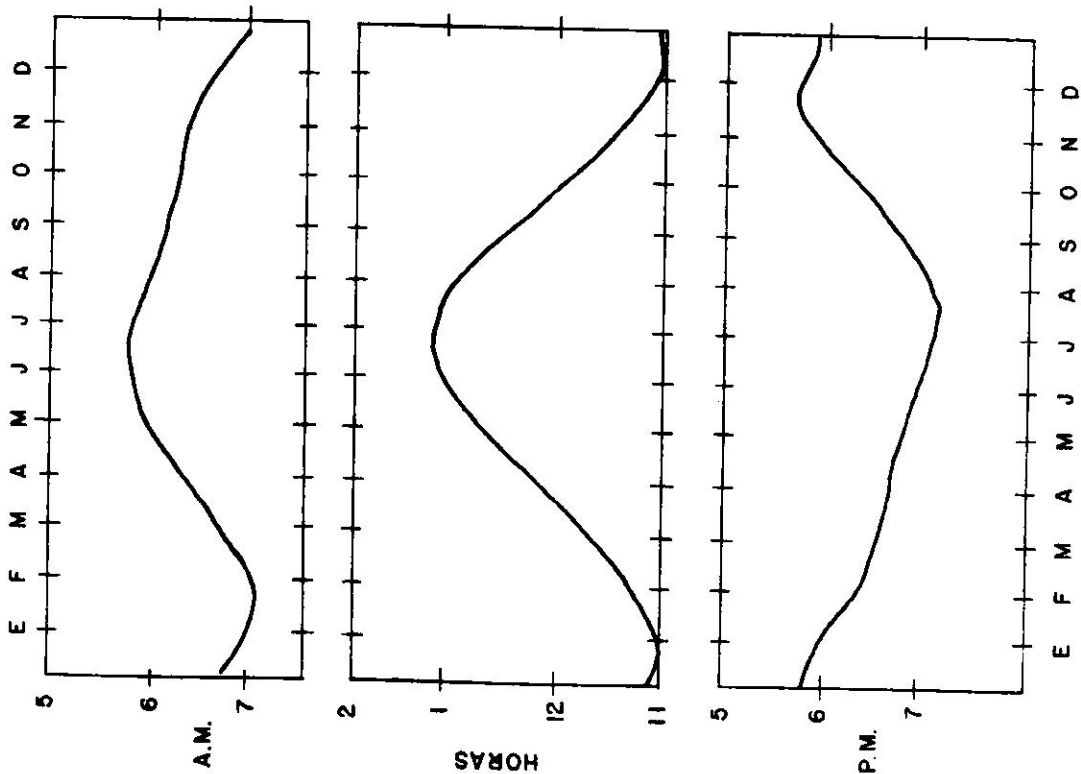


FIG. 4.23

Variación anual en la salida (arriba) y puesta del Sol (abajo) en San Juan, y en la duración (horas) del período alumbrado del día (al centro).

11 horas en invierno. La RADIACION que llega a la parte superior o tope de la atmósfera en Puerto Rico (Ver FIGURA 4.24) tiene una variación anual

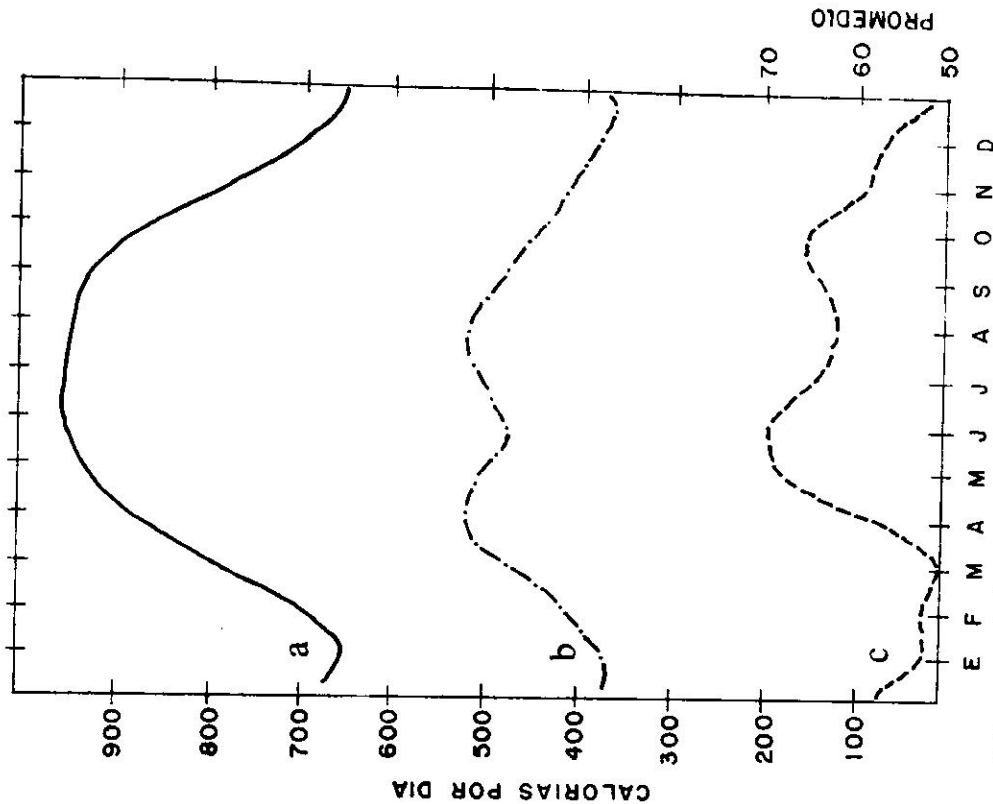


FIG. 4.24

- (a) Variación anual en la intensidad (cal./día) de la radiación solar al tope de la atmósfera, San Juan.
- (b) ... en la superficie, Estación Experimental (Río Piedras)
- (c) Variación anual en la nubosidad promedio (% ocupado por nubes) en San Juan.

determinada por la posición del sol y la duración del día (Ver FIGURA 4.25). La radiación es mínima en invierno; aumenta en la primavera y alcanza su máxima entre mayo y agosto. (La presencia de nubes hace que gran proporción de la radiación no llegue a la superficie).

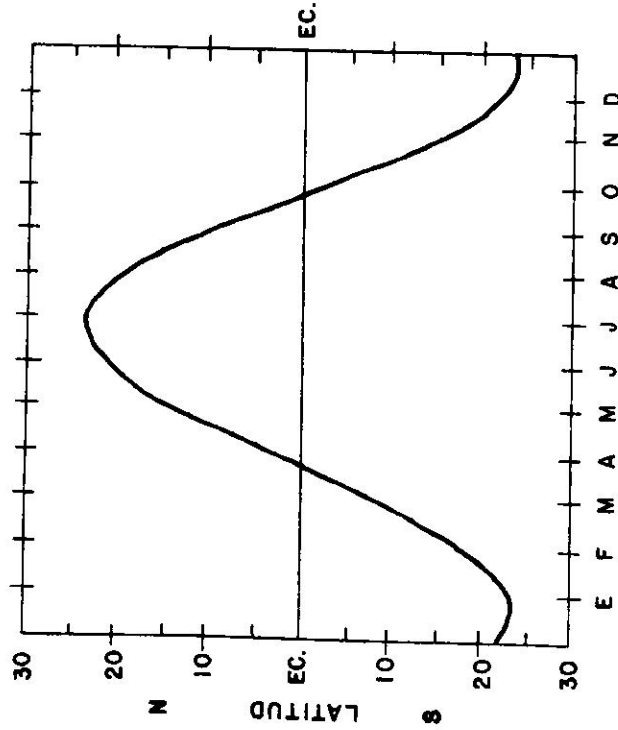


FIG. 4.25

Variación anual en la latitud de la posición del Sol de mediodía, la cual se denomina a veces la marcha anual del sol.

EL PROMEDIO DIARIO DE INSOLACION GLOBAL (directa o difusa) sobre una superficie horizontal para Puerto Rico, fue preparada utilizando los informes obtenidos de cinco (5) estaciones de medición⁴ del Centro para Estudios Energéticos y Am-

bientales (CEEA) distribuidos en la Isla. (Ver FIGURA 4.26). Esta determinó una relación estadística lineal entre la radiación solar global y la PRECIPITACION, arrojando un coeficiente de 92% y un error global para dicha relación de 60 Btu/pe²/día (medida de desviación uniforme). Según se ilustra en la TABLA 4.6, el PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL de radiación solar para las cinco

(5) estaciones de medición antes mencionadas, nos presenta un cuadro bastante claro (aunque preliminar) sobre la estrecha relación que existe entre la radiación solar y las condiciones climáticas particulares de cada zona, específicamente la temperatura, la precipitación, la humedad y la posición de ésta con respecto a los regímenes de vientos predominantes en nuestra Isla.

NOTAS

- (1) Con la excepción de la Zona de San Juan y Río Grande.
- (2) Datos obtenidos en Puerta de Tierra. Hacia el interior de la zona metropolitana la velocidad promedio del viento es generalmente menor que en la costa.
- (3) Relación en porciento (%) entre la cantidad actual de vapor de agua en el aire y la cantidad que corresponde al punto de saturación a la temperatura actual del aire. La cantidad de vapor de agua al punto de saturación es directamente proporcional a la temperatura.
- (4) Río Piedras (1978-1981)
Mayagüez (1976-1981)
Ponce (1978-1981)
Cabo Rojo (1980-1981)
Manatí (1979-1981)

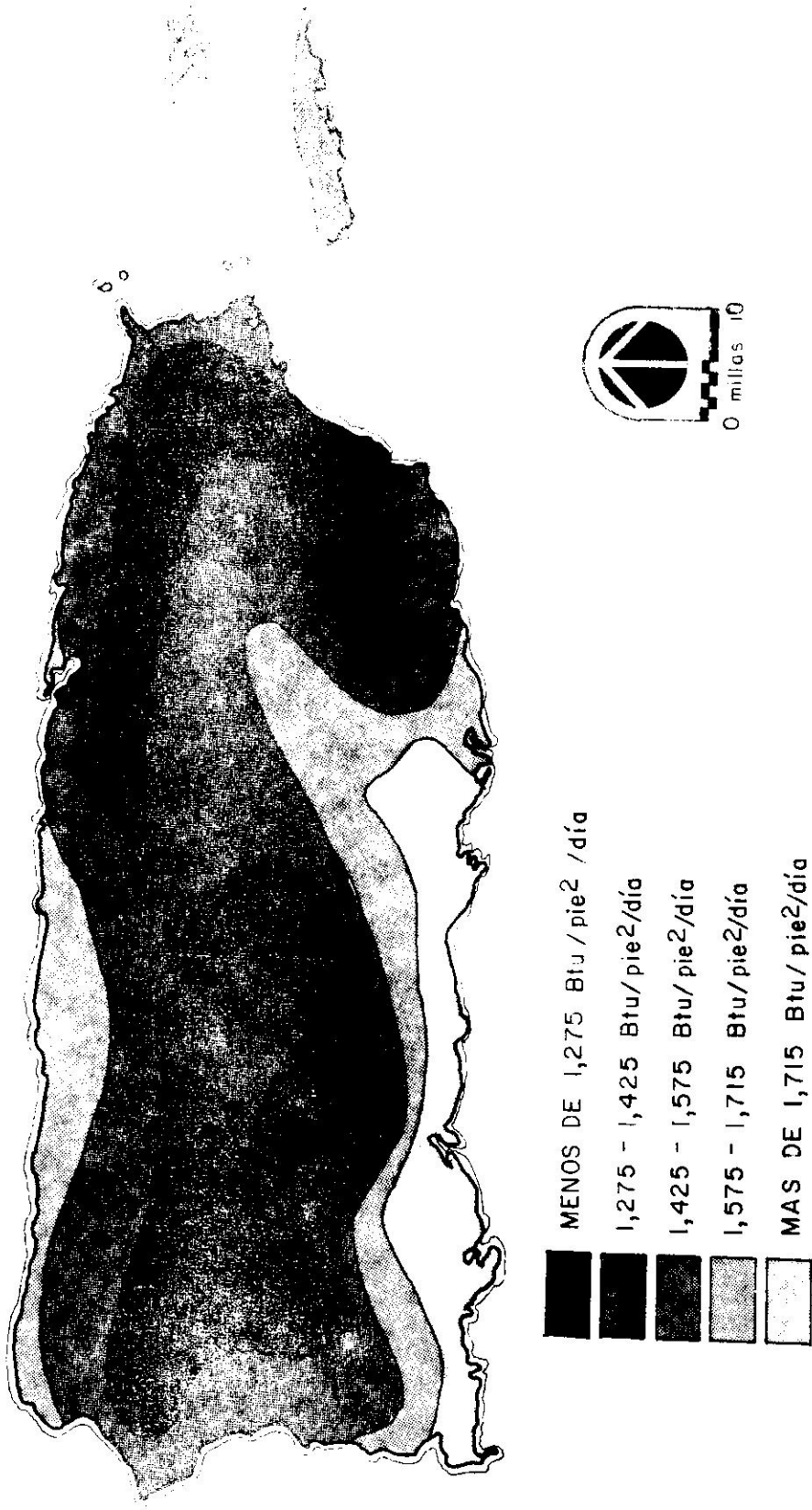


FIG. 4.26

	CABO ROJO	MAYAGUEZ	PONCE	CATAÑO	RIO PIEDRAS	MANATI					
ENERO	0	1245	24	1450	27	1411	46	1303	28	1339	35
FEBRERO	1633	1363	29	1650	36	1523	57	1423	35	1456	50
MARZO	1945	1515	33	1857	28	1671	89	1585	47	1908	66
ABRIL	1704	1598	37	1911	36	1784	75	1539	56	1940	86
MAYO	2038	1507	40	1690	51	1459	103	1347	57	1684	105
JUNIO	2080	1550	32	1760	54	1477	101	1623	47	2071	73
JULIO	1964	1449	36	1971	36	2170	59	1785	44	1833	65
AGOSTO	1808	1516	38	1936	34	1847	79	1665	46	1675	68
SEPTIEMBRE	1908	1440	37	1792	36	1581	87	1443	46	1558	70
OCTUBRE	1667	1342	33	1608	33	1500	79	1408	34	1532	44
NOVIEMBRE	1560	1296	23	1468	30	1413	51	1287	32	1434	43
DICIEMBRE	0	1180	23	1377	28	1300	41	1186	27	1198	36
TOTAL	—	1417	9	1706	11	1595	22	1466	12	1636	19

INTERVALO DE CONFIANZA AL NIVEL DE 95%.

INSOLACION GLOBAL SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL. (Btu/pie²/día)

TAB. 4.6

5. EL CLIMA Y EL HOMBRE

I . BIENESTAR HUMANO	36
II . PRODUCCION DE CALOR	36
III. TRANSMISION DE CALOR	37
IV . BALANCE TERMICO DEL CUERPO HUMANO	39
V . BIENESTAR HUMANO VS. MEDIO AMBIENTE	39
VI . ENFOQUE BIOCLIMATICO	40
VII. EJEMPLOS EN PUERTO RICO	42
NOTAS	43

No existe tal cosa como un "CLIMA IDEAL". Si bien el clima nos facilita la vida en algunos aspectos, también nos lo dificulta en otros. Sólo el hombre haciendo uso de sus mejores conocimientos puede aprender a dominar y a utilizar efectivamente los elementos del clima, permitiéndole así desempeñar todas las actividades necesarias. Por tal motivo la composición de soluciones arquitectónicas no pueden hacerse sin un máximo de conocimientos sobre los fenómenos relativos a las exigencias humanas y su comportamiento ante los efectos de los factores climáticos.

I . BIENESTAR HUMANO

El efecto FISIO Y EMOCIONAL que impone el clima sobre el hombre, representa un factor de considerable importancia para el diseñador en su tarea de desarrollar las condiciones ambientales propias para el desenvolvimiento de las actividades y necesidades humanas.

Aún bajo condiciones climáticas distintas, el ser humano sobrevive; reacciona y desarrolla las condiciones artificiales de bienestar que su región no le proporciona. Históricamente se ha probado que frente a variaciones climáticas, el hombre, tiene la posibilidad ya sea de reaccionar fisiológicamente, de modificar su actividad, o de crear un mecanismo que le proteja, a fin de devolverle la disponibilidad para desempeñar un trabajo.

EL VESTIDO Y LA VIVIENDA son los recursos que le permiten al hombre aprovechar al máximo de su tiempo y de superar su producción. Pero el hombre se olvida demasiadas veces de que la vivienda, al igual que el vestido, son mecanismos principalmente elaborados para su bienestar antes que

la imposición arbitraria e intangible establecida por una moda. De ahí que a medida que se va decorando de lujos y recargando de símbolos, la vivienda se ha convertido en un objeto estereotipado cada vez menos confortable para el que la habita.

Por tal motivo y para diseñar espacios eficientes y conocer mejor los determinantes del bienestar humano, es conveniente señalar la forma en que el cuerpo humano produce, pierde e intercambia calor con el medio ambiente exterior.

II . PRODUCCION DE CALOR

En adición a las ganancias caloríficas que resultan de la exposición a la CONDUCCION Y LA RADIA-CION SOLAR del medio ambiente que le rodea, nuestro cuerpo está constantemente produciendo CALOR.

Dormir, caminar, correr y trabajar son varias de las actividades que diariamente realizamos y que a su vez producen calor. (Ver FIGURA 5.1). Para llevarlas a cabo dependemos totalmente del ALIMENTO como única fuente de energía. Es en nuestro organismo donde se producen LAS TRANSFORMACIONES QUIMICAS de ese alimento, que consumimos y dirigimos, propios para mantener la vida y que a la misma vez libera calor. A este flujo continuo de energía que varía según el nivel de actividad de la persona se conoce como el METABOLISMO ENERGETICO.¹

Del total de la energía generada por dicho proceso metabólico, el cuerpo tan solo utiliza un 20%. El restante 80% debe ser necesariamente liberado hacia el exterior.

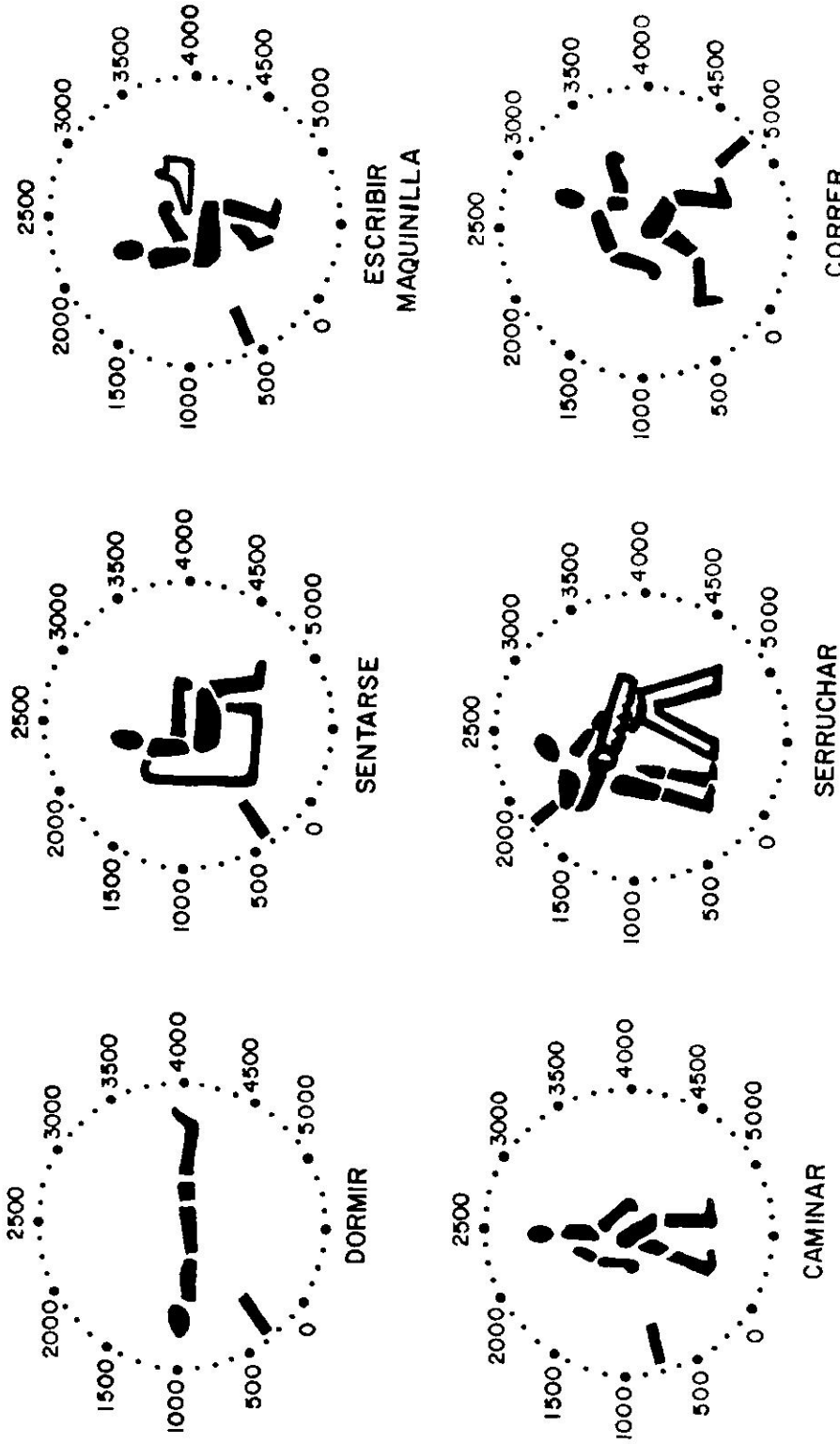


FIG. 5.1 Producción de calor (Btu/h) del cuerpo humano de una persona promedio.

III. TRANSMISION DE CALOR

Para que nuestro cuerpo desempeñe adecuadamente sus funciones, necesita de una temperatura interna que permanezca constante por los 98.6°F (37°C). Pero para mantener ese balance constante, nuestro funcionamiento metabólico debe estar capacitado para liberar cualquier exceso de calor hacia el exterior.

Del total de la energía liberada, aproximadamente el 80% es transmitida por CONVECCION Y RADIACION. El restante 20% del exceso es liberado por EVAPO-RACION, con un porcentaje mínimo de calor producido por CONDUCCION. (Ver FIGURA 5.2)

- CONVECCION es la transmisión de calor de la piel al fluido ambiente (aire en muchos casos) o a la inversa. Este a su vez se divide en dos

tipos principales:

1. NATURAL, que surge con el calentamiento o enfriamiento de dicho fluido (aire) cuando éste entra en contacto con el objeto, y en donde existe una diferencia de temperatura, y
 2. FORZADA, en donde de la rapidez de renovación del aire (viento) acelera la convección.
- CONDUCCION es la transmisión de calor entre la superficie del cuerpo y los elementos de contacto. Se pierde energía al entrar en contacto con objetos de menor temperatura y, por el contrario, se gana calor al contacto con objetos de mayor temperatura.
 - RADIACION es la transmisión de calor a través del medio ambiente (sin necesidad de contacto), principalmente por radiación en el infrarrojo.
 - EVAPORACION es la transmisión de calor unidireccional del organismo hacia el medio ambiente por la evaporación cutáneo y respiratoria.

Mientras que las tres primeras formas de transmisión se refieren al CALOR SENSIBLE², la evaporación se refiere al CALOR LATENTE³.

A fin de que la temperatura interna del hombre permanezca constante, el balance térmico que tiene en cuenta las aportaciones y las pérdidas por convección, conducción, radiación y evaporación deben permanecer constantes.

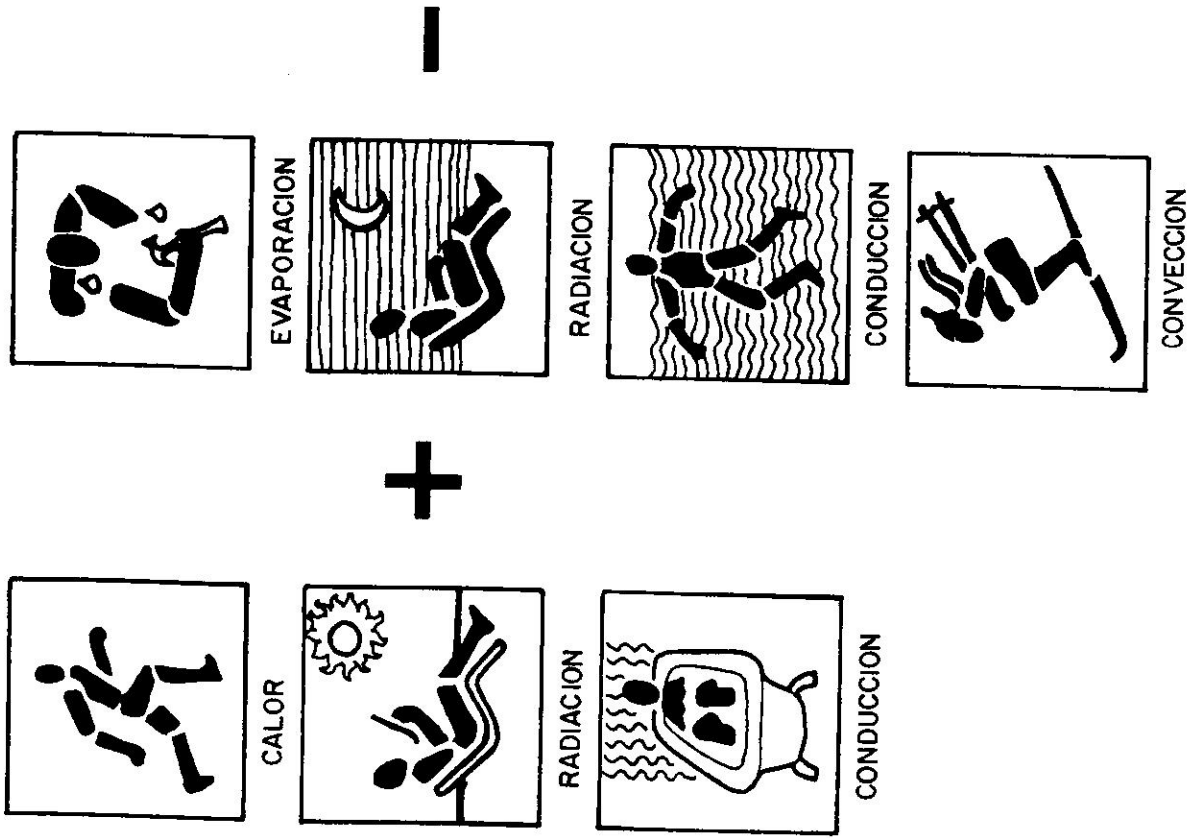


FIG. 5.2

IV . BALANCE TERMICO DEL CUERPO HUMANO

El EQUILIBRIO TERMICO y la resultante sensación de bienestar se perciben a través de las respuestas físicas y biológicas controladas por la cantidad de calor producida y liberada por el cuerpo humano. La suma total de dichas ganancias y sus pérdidas deben ser siempre igual a cero (0) a una temperatura constante de 98.6°F. (Ver FIGURA 5.3).

Nuestro cuerpo está dotado de varios MECANISMOS REGULADORES programados a controlar la temperatura interna a dicho valor constante. Estos mecanismos funcionan inconscientemente (involuntario) las 24 horas del día, respondiendo tanto a los CAMBIOS EN NIVELES DE ACTIVIDAD, así como a las CONDICIONES AMBIENTALES EXISTENTES. Si por ejemplo la ganancia de calor supera a la pérdida del mismo, entonces se produce una sensación incómoda y como resultado comenzamos a SUDAR. Esto nos permite liberar dicho calor hacia el exterior mediante el enfriamiento que causa la evaporación del sudor. Por el contrario, cuando la pérdida en calor es mayor que la ganancia, la temperatura de nuestro cuerpo baja y comenzamos a TEMBLAR. Dicha reacción acelera la actividad muscular y como consecuencia incrementa la producción interna de calor. De igual manera la CIRCULACION DE LA SANGRE se reduce para minimizar la pérdida de calor y aumenta para incrementarla.

En fin, esta batalla térmica, entre las ganancias y las pérdidas caloríficas dirigidas a proveernos de una mayor estabilidad física y biológica es solamente el preámbulo de nuestra adaptación (aclimatación) a unas condiciones climáticas específicas. No es exagerado entonces pensar que el BIENESTAR HUMANO, o esas condiciones óptimas que deseamos para emplearnos a capacidad en un

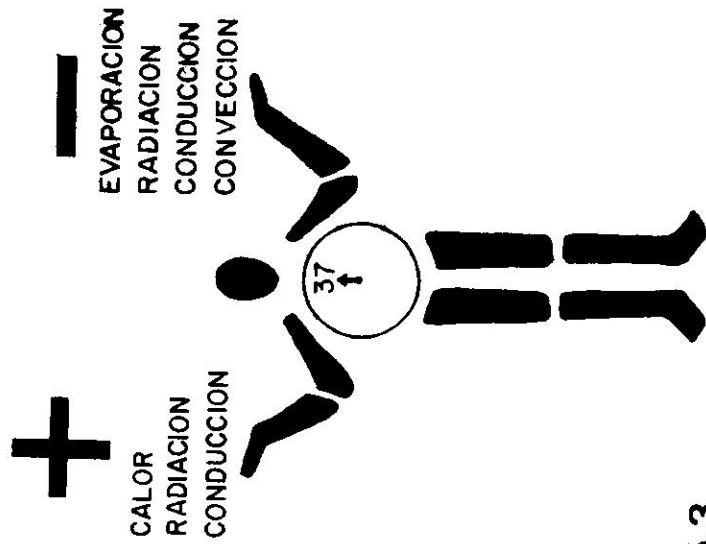


FIG. 5.3

Balance térmico del cuerpo humano (37°C - 98.6°F).

medio ambiente dado, este en manos del clima y en espera de cualquier cambio en nuestro proceso metabólico. Es por eso que la consecuencia de esta tendencia nos exige una concepción arquitectónica donde se pongan en práctica por medio de la arquitectura misma, los elementos favorables del clima con el objetivo de satisfacer las exigencias particulares del bienestar humano. Y es aquí donde surge la ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA.

V . BIENESTAR HUMANO VS. MEDIO AMBIENTE

Al igual que en regiones climáticas distintas, el bienestar humano está ligado a cuatro factores

esenciales, tales como: La TEMPERATURA ambiental, la HUMEDAD, el MOVIMIENTO DE AIRE y la RADIACION. El proceso de intercambio de calor entre el cuerpo humano y su medio ambiente exterior varía según estas variables climáticas. Por tal motivo para poder diseñar espacios con condiciones ambientales propicias, la relación entre las condiciones climáticas externas, las actividades internas y los controles térmicos deben estar propiamente balanceadas.

De los controles climáticos la TEMPERATURA DEL AIRE afecta la diferencia de temperatura entre el cuerpo y sus alrededores, y por consiguiente el patrón de la pérdida o ganancia de calor por convección. La VELOCIDAD DEL AIRE afecta esencialmente la forma en que nuestro cuerpo libera calor por convección. En nuestro caso en particular, en los trópicos húmedos, el que nuestro cuerpo se mantenga o no en condiciones favorables durante todo el año, depende en gran medida de dicho control. Por otro lado, la HUMEDAD afecta la forma en que nuestro cuerpo libera calor por medio de la evaporación. En las regiones húmedas, como en Puerto Rico, la alta intensidad de humedad en el aire impide o dificulta de por sí, dicho proceso.

Existen además un sinnúmero de VARIABLES SUBJETIVAS o individuales que influyen sobre las preferencias termales en un sitio en particular. Algunas de ellas son: El vestido, la edad, el sexo, la forma del cuerpo, el estado de salud, el peso y el color de la piel. En adición a éstos, existen VARIABLES PSICOLÓGICAS Y SOCIOLOGICAS (estados de ánimo, actividad, reacción grupal, etc.) que igualmente condicionan las preferencias termales y nuestra adaptabilidad al medio ambiente mismo.

En fin el CONFORT TERMICO o bienestar humano son

sensaciones muy subjetivas y por consiguiente difíciles de cuantificar. De todos modos, y siguiendo modelos y/o escalas empíricas, nuestros conocimientos sobre los aspectos biológicos básicos del confort térmico y los índices ambientales relacionados al bienestar y la salud, nos orientan y facilitan esencialmente la tarea de diseñar espacios que respondan a las condiciones y exigencias particulares de las personas que la habiten.

VI. ENFOQUE BIOCLIMATICO

Para proveer las condiciones favorables a un ambiente interno es necesario establecer relaciones entre el clima local y el proceso de intercambio de calor con el cuerpo humano. Esto, claro está, requiere la intervención simultánea de los cuatro factores climáticos antes señalados (Temperatura, humedad relativa, movimiento del aire y radiación). La dificultad que conlleva dicha tarea radica en el establecimiento de unos índices térmicos o ESCALAS DE CONFORT que permita, de alguna manera, combinar esas cuatro (4) variables y relacionarlas al comportamiento humano.

Esta ESCALA DE CONFORT entonces resulta ser la composición de la interacción entre las variables climáticas. Mediante observaciones y registros empíricos con seres humanos en laboratorios, las características del confort humano o ZONA DE CONFORT, han sido identificadas y comparadas con las condiciones climáticas locales para luego poder definir la necesidad y/o del tipo de control terminal a implementarse.

Un método práctico de describir el impacto de la temperatura, humedad relativa, radiación y viento sobre el comportamiento humano se conoce como la

CARTA BIOCLIMÁTICA, desarrollada por los humanos Víctor y Aladar Olgay. (Ver FIGURA 5.4). En ésta se clasifica, en primer lugar, los ambientes con relación a la "ZONA DE CONFORT" (sofocante, penetrantes, demasiado húmedo o seco, etc.), y dan los límites de tolerancia para ciertas actividades, las temperaturas equivalentes y las resistencias requeridas por la ropa, según los factores climáticos presentes en dicho medio ambiente.

Igualmente esta "ZONA DE CONFORT" especifica las condiciones que hay que satisfacer para devolver al ambiente las condiciones requeridas para acercarse a dicha zona; es decir, da las velocidades del aire, potencia 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 (sombra). (Ver FIGURA 5.5).

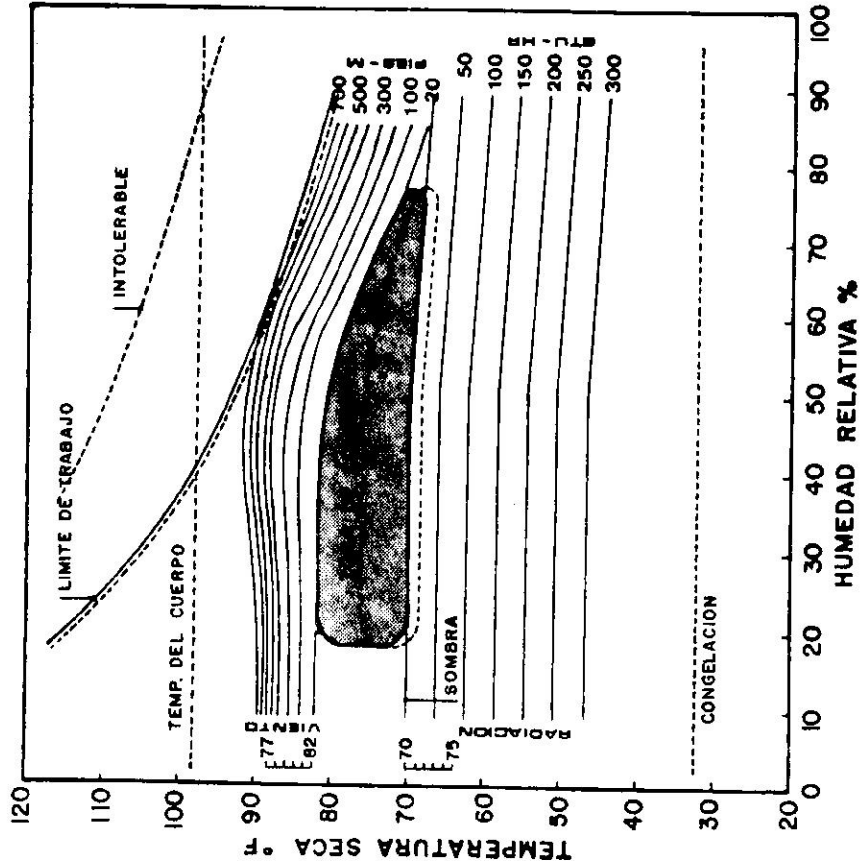


FIG. 5.4

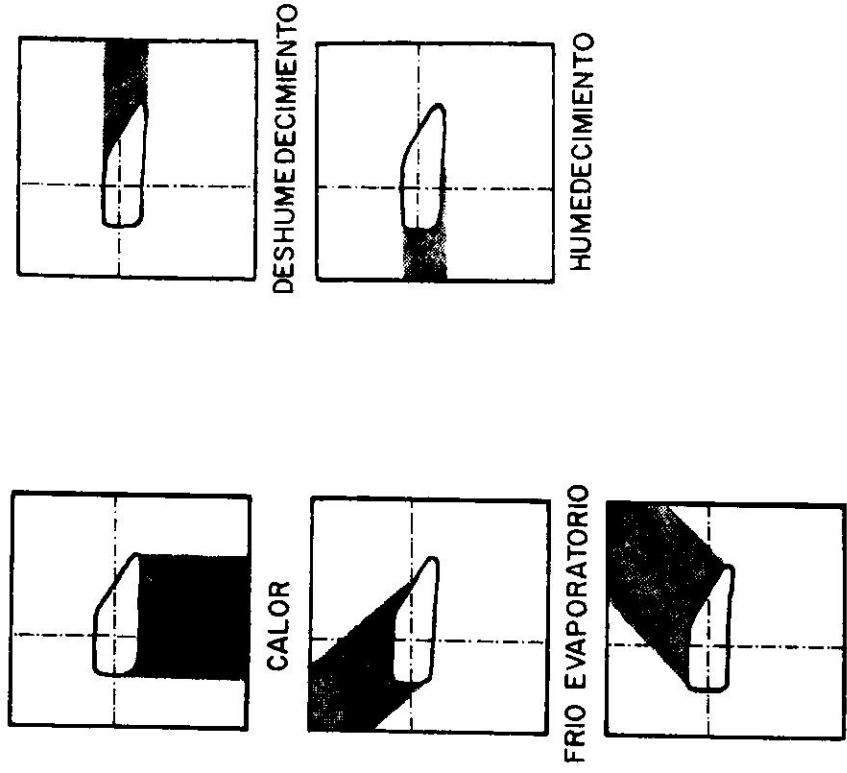


FIG. 5.5

Mediante la elaboración de todas las experiencias obtenidas, se ha podido fijar una zona entre los 70°F y los 82°F de temperatura y entre el 18% y el 72% de humedad relativa (estando en sombra), dentro de la cual la mayoría de las personas se encuentran más a gusto.

El impacto de la TEMPERATURA RADIANTE PROMEDIO que se muestra al lado izquierdo superior e inferior de la zona de confort, representa el efecto que poseen las superficies frías (arriba) y caliente (abajo) para transferir la temperatura y humedad relativa presentes, a la zona de confort. De igual manera ocurre con las líneas de VELOCIDAD DEL VIENTO, sobre y paralelas a la zona de confort, que establecen los requisitos necesarios para devolver en su equivalente la temperatura y humedad relativa a la zona de confort. Finalmente las líneas horizontales que quedan debajo de la zona de confort demuestran el nivel de RADIACION SOLAR necesarias en el cuerpo humano para devolver nuevamente las condiciones existentes a la zona propiamente establecida.

Aunque la ZONA DE CONFORT resulta ser una aproximación imprecisa sobre el bienestar humano en cuanto a las variantes procedentes de las preferencias y exigencias humanas, de las características físicas y psicológicas y de la naturaleza de la actividad realizada. De todos modos nos sirven de guía o parámetros con las cuales podemos contar para evaluar las condiciones climáticas internas.

VII. EJEMPLOS EN PUERTO RICO

Si evaluamos la condición de clima, según la CARTA BIOCLIMATICA de San Juan, mediante el registro de humedades relativas y temperaturas pro-

medias cada 6 horas (2:00, 8:00, 14:00 y 20:00) para cada mes del año, obtenemos que: Todos los puntos caen fuera del área de la ZONA DE CONFORT, pero, su temperatura y humedad están atemperadas por las brisas. Estas sin embargo, pueden llegar a ser molestas debido a sus velocidades mayores generalmente de 300 pies por minuto. (Ver FIGURA 5.6). De acuerdo con estos resultados, en San Juan es NECESARIO proveer sombras durante todo el día, para mantener la temperatura dentro de la ZONA DE CONFORT, así como permitir el paso de brisas por el interior de los edificios.

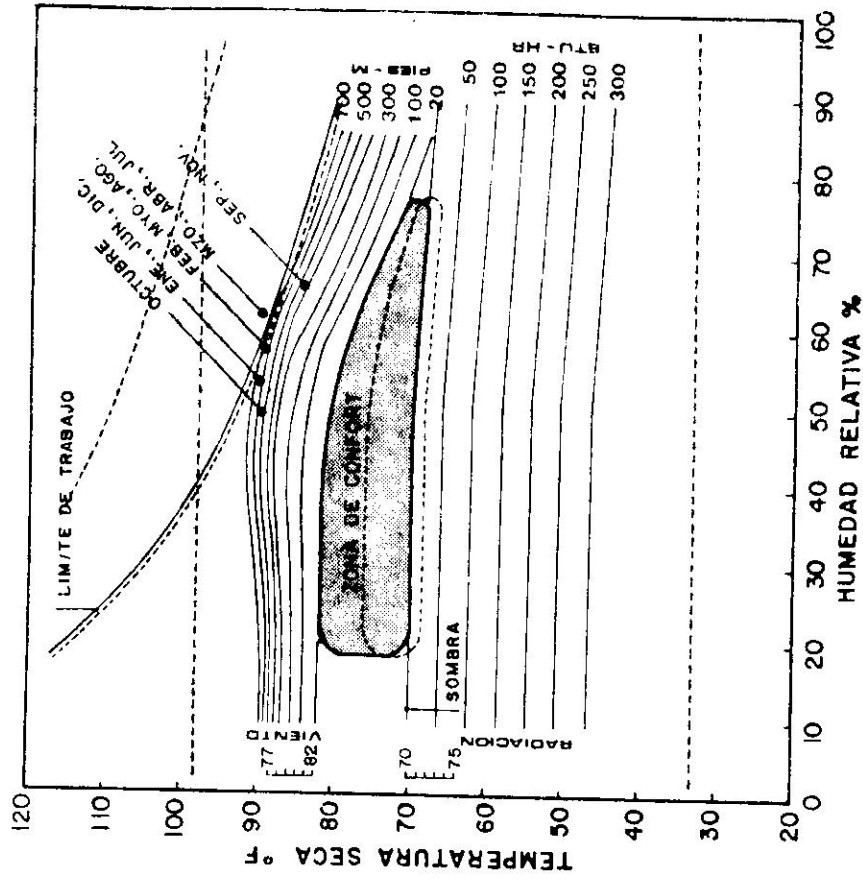


FIG. 5.6 Carta Bioclimática para la Zona de San Juan.

Siguiendo un procedimiento similar sobre cada una de las Cartas Bioclimáticas elaboradas para distintos pueblos en PUERTO RICO⁴, (Ver APENDICE) podríamos entonces completar un cuadro mucho más amplio y preciso, con el cual canalizaremos nuestra principal tarea de crear las condiciones propicias para el desenvolvimiento de las actividades de los usuarios para quienes diseñamos. Para esto, y según aplique el caso, se deben considerar varios aspectos tecnológicos principales, tales como:

Reducir la producción de calor,

Reducir la entrada de radiación, y

Promover la evaporación de la humedad.

Claro está es necesario aclarar el hecho de que cada CARTA es representativa de las condiciones climáticas existentes de esa zona o pueblo, y que su eventual aplicación debe ir necesariamente acompañada de un enfoque muy PARTICULAR, de un enfoque UNICO.

NOTAS

- (1) El metabolismo energético también puede variar levemente con el peso, el sexo, la edad y el estado de salud de la persona.
- (2) CALOR SENSIBLE es la cantidad de calorías necesarias para elevar la temperatura de un cuerpo sin modificación de su estado. (Temperatura ambiente).
- (3) CALOR LATENTE es la cantidad de calorías liberadas durante el cambio de estado de un cuerpo. (Vaporización, fusión, etc.).

(4) Cartas Bioclimáticas representativas de varios pueblos de la Isla, según datos climatológicos obtenidos del "Climatological Data" para el período comprendido entre 1970-1980.

6. ENTRE EL SOL Y EL PLANETA TIERRA

I . EL SOL	45
II . LA RADIACION SOLAR	45
A. Posiciones del Sol y la Tierra	46
B. Eje de la Tierra y Rotación	47
C. Posición del Sol	47
D. Duración del Día	49
E. Influencia de la Atmósfera	50
F. Balance Energético del Suelo Terrestre	51
1. la radiación solar	51
2. la radiación terrestre	52
G. Latitud y Espesor de la Atmósfera	53
NOTAS	53

El SOL es ciertamente el más predecible de todas las fuerzas naturales que afectan directa e indirectamente a las personas y su medio ambiente.

Debido al creciente auge e interés por la aplicación de la energía solar en la arquitectura y de la metodología envuelta para su adaptación en conceptos de conservación energética; arquitectos, ingenieros y científicos especializados estarán respondiendo cada vez más al Sol como muestra principal y más abundante fuente de energía. Pero, para lograr dicho objetivo se requiere un conocimiento previo sobre las características y atributos del Sol, su posición en el espacio, su imposición sobre las condiciones de vida del ser humano y de su intervención directa durante el proceso del diseño arquitectónico.

I . EL SOL

El SOL, la estrella más cercana a la tierra, está formada tan solo por una enorme masa de gas compuesta principalmente de hidrógeno.

Situado a unas 92,956,000 millas (150,000,000 de km) y datando de unos 6 billones de años, el Sol nos provee directa e indirectamente casi de la totalidad de la energía consumida en la tierra. Esta energía está producida en su centro por reacciones termonucleares que se desprenden de la transformación por fusión de hidrógeno en helio.

Estas reacciones requieren la conversión de masa en energía a razón de 4.2 millones de toneladas por segundo, equivalente a una pérdida de tan solo 0.000000000000000002% (2×10^{-20}) de su masa cada segundo. A este paso se estima que el Sol continúe irradiando energía por varios billones de años más.

II . LA RADIACION SOLAR

La RADIACION SOLAR son ondas electromagnéticas de alta frecuencia emitidas por el Sol como consecuencia de las reacciones termonucleares que ocu-

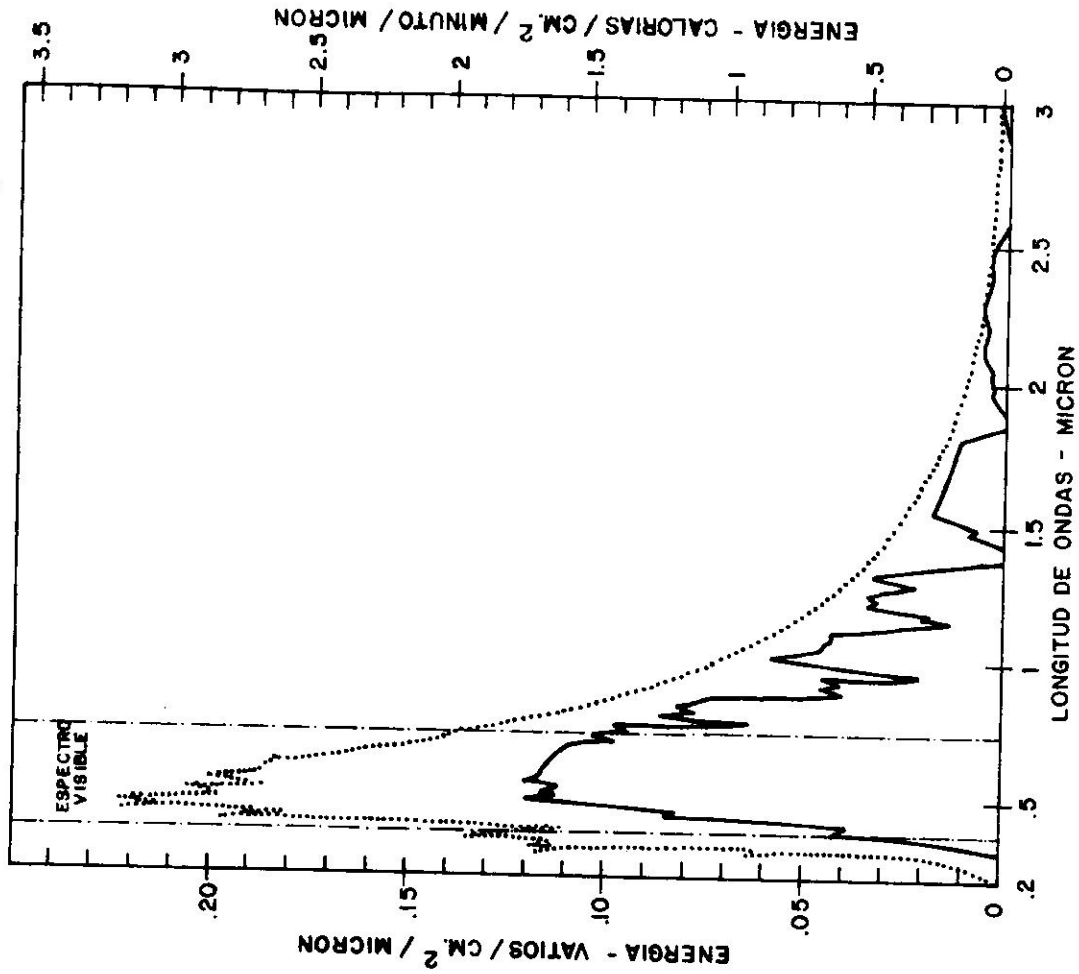


FIG. 6.1 Longitud de onda de la radiación solar.

ren en su centro. De estas reacciones resultan unas TEMPERATURAS muy elevadas que van desde 18,000,000 a 25,000,000°F (10,000,000 a 14,000,000 ° Celsius) en su centro, hasta un promedio de 10,000°F (5,500°C) en la superficie.

Esta energía que viaja por el espacio se descompone a su vez en tres BANDAS DE FRECUENCIA principales conocidas como: Visible, infrarrojo y ultravioleta. (Ver FIGURA 6.1). La parte VISIBLE que representa el 46% del total de la energía emitida por el Sol, está compuesta por longitudes de ondas medias percibidas por el ojo humano en distintos colores que varían desde el violeta hasta el rojo. De la parte invisible, el INFRARROJO representa el 49% de la radiación solar compuesta por longitudes de ondas largas que percibimos como calor. El restante 5% de la energía invisible proviene del ULTRAVIOLETA, compuesta por longitudes de ondas cortas menores a las producidas por el color violeta del espectro visible.

Se asume que la Tierra intercepta tan sólo una pequeña parte de la radiación solar en forma de rayos paralelos debido a su reducido tamaño con respecto al Sol y a la distancia promedio que lo separa de éste. (Ver FIGURA 6.2). Así, la IN-

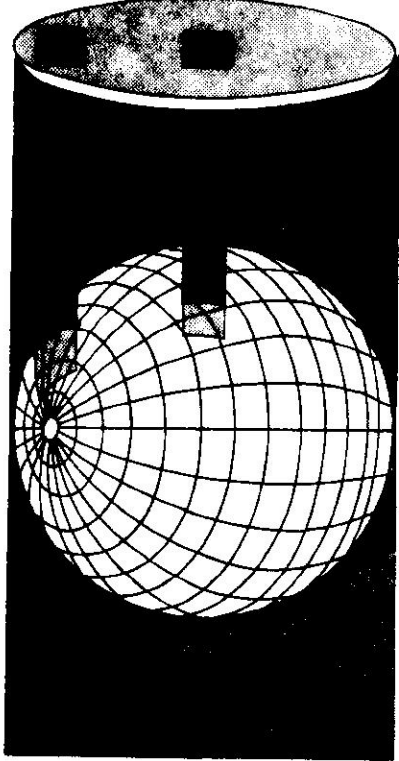


FIG. 6.2

TENSIDAD DE RADIACION SOLAR que alcanza los límites de la atmósfera terrestre medida en una superficie perpendicular a los rayos del sol es de 429.2 Btu/pie²/hora (1.94 calorías/cm²/hr ó 1,353 w/m²), conocido como CONSTANTE SOLAR. Pero si bien consideramos constante la cantidad de energía emitida por el Sol, la que recibimos en el suelo terrestre es variable debido a diversos factores que trabajan en conjunto.

A. Posiciones del Sol y la Tierra

Describiendo una trayectoria semi-circular o elíptica, la Tierra culmina su vuelta alrededor del Sol (TRASLACION) en un período de 365.25 días al año. En dicha órbita la DISTANCIA SOL-TIERRA varía en el tiempo entre un máximo de 94,482,000 millas en el solsticio de verano (21 de junio) y un mínimo de 91,325,000 millas en el solsticio de invierno (21 de diciembre). (Ver FIGURA 6.3).

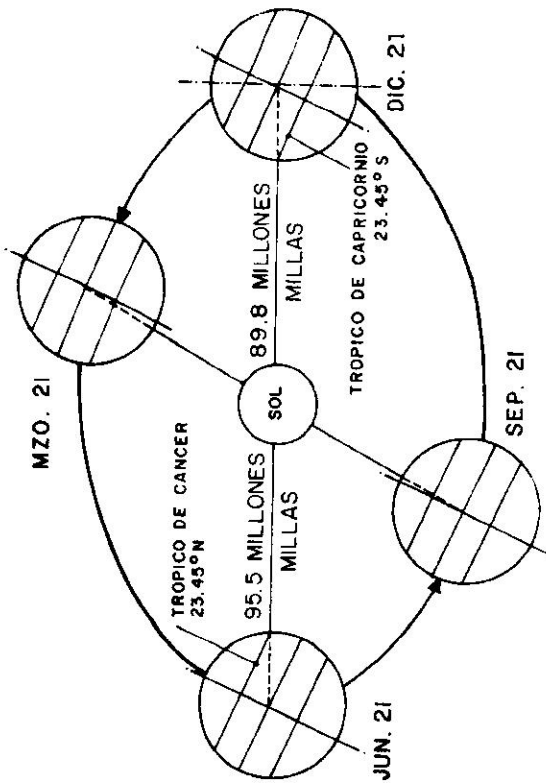


FIG. 6.3

Esto representa una diferencia de más o menos un 1.7% con relación a la distancia media a los períodos de equinoccios³. La potencia o intensidad de la radiación solar de la Tierra varía a su vez más o menos un 3.5% alrededor del valor promedio de 1,400 w/m².

B. Eje de la Tierra y Rotación

La dirección del EJE DE LOS POLOS de la Tierra, que permanece constante durante todo el año a lo largo de su traslación, es el que determina las variaciones en las estaciones del año. Esta dirección corresponde a una inclinación de 23°27' (23.47°) con respecto al plano del movimiento elíptico de la Tierra. (Ver FIGURA 6.4).

En el SOLSTICIO DE VERANO (21 de junio) el ángulo de inclinación del eje es máximo con relación a los rayos solares, y a mediodía éstos son perpendiculares al Trópico de Cáncer (latitud 23°27' N). Aquí los períodos del sol aumentan en el Hemisferio Norte y disminuyen hacia el Hemisferio Sur. En el SOLSTICIO DE INVIERNO (21 de diciembre), el ángulo de inclinación queda invertido y el Trópico de Capricornio (latitud 23°27'S) se beneficia de una radiación perpendicular, creando como consecuencia los períodos de sol mayores en el Hemisferio Sur. En los EQUINOCCIOS de primavera y otoño (21 de marzo y 23 de septiembre), a mediodía, la radiación es perpendicular al Ecuador (latitud 0°) y los días y las noches son iguales.

A parte de este movimiento general, la Tierra posee un movimiento alrededor de su eje polar (una vuelta completa en 24 horas). Esta ROTACION determina las variaciones de sol que originan las reparticiones día/noche por mitad de esfera terrestre.

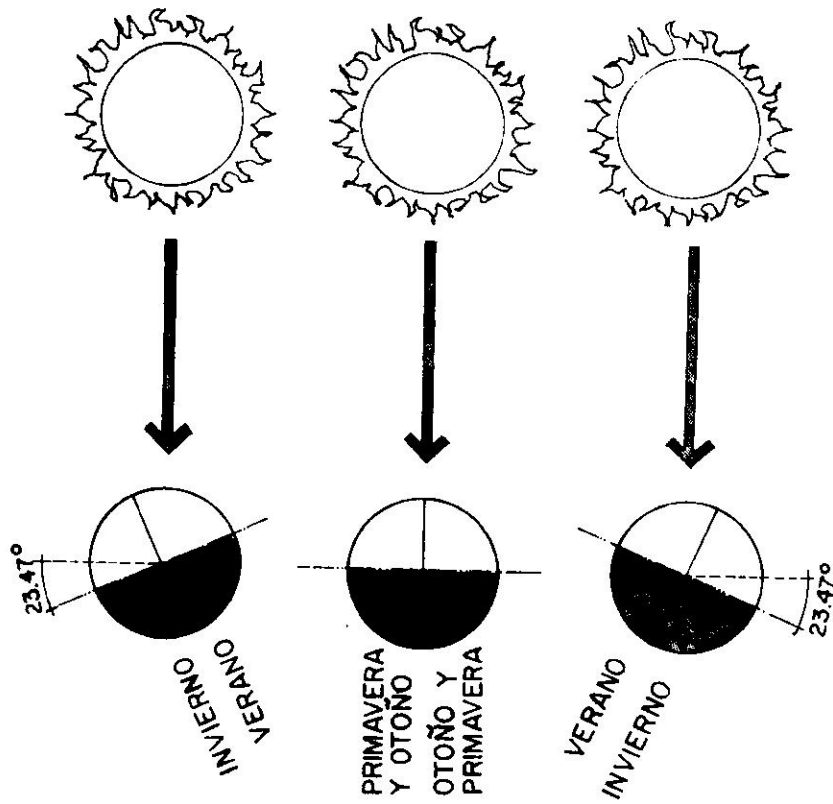
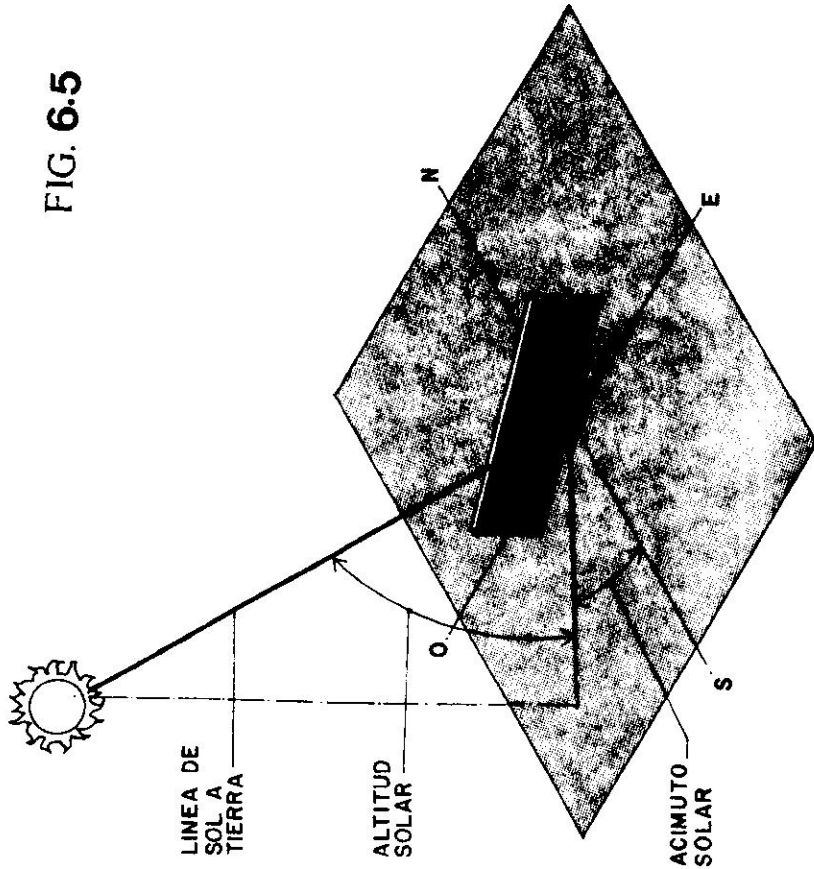


FIG. 6.4

C. Posición del Sol

Según se ilustra en la FIGURA 6.5, el ángulo que se forma entre los rayos del Sol y la superficie horizontal (u horizonte) de la Tierra, conocido como ALTITUD SOLAR, determina la cantidad de energía que dicha superficie reciba. Este ángulo varía constantemente en función de un lugar y estaciones del año específica, debido a la trayectoria elíptica de la Tierra alrededor del Sol (traslación) y de su forma esférica.

FIG. 6.5

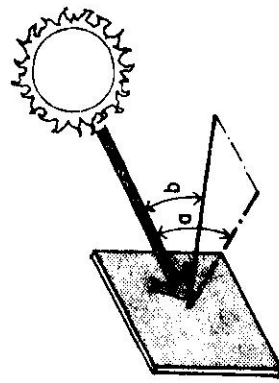
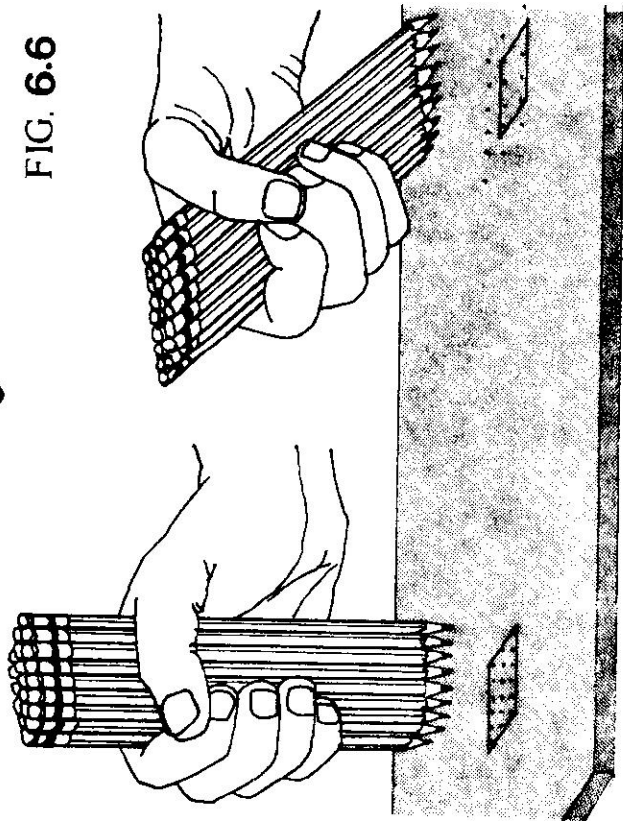


Debido a que la radiación solar nos llega a la Tierra con una intensidad constante y en forma de rayos paralelos, cualquier SUPERFICIE PERPENDICULAR a dichos rayos interceptará la mayor cantidad de energía o potencia por unidad de área. (Ver FIGURA 6.6). A medida que los rayos solares se inclinan con respecto a la horizontal, la energía interceptada por la superficie disminuirá. Sin embargo, como se demuestra en la FIGURA 6.7, una superficie dirigida hasta unos 25° fuera de los rayos perpendiculares del Sol puede interceptar hasta un 90% de la radiación directa.⁴

ANGULO INCIDENCIA (°)	RADIACION INTERCEPTADA (%)
-----------------------	----------------------------

0	100.0
5	99.6
10	98.5
15	96.5
20	94.0
25	90.6
30	86.6
35	81.9
40	76.6
45	70.7
50	64.3
55	57.4
60	50.0
65	42.3
70	34.2
75	25.8
80	17.4
85	8.7
90	0.0

FIG. 6.6



a = ANGULO DE INCIDENCIA
b = ANGULO DE ALTITUD

FIG. 6.7

Porcentaje de la Radiación Solar interceptada por una superficie.

Obviamente la altitud del Sol varía desde el amanecer hasta el atardecer, pero solamente se considerarán las variaciones mensuales que ésta presenta con respecto a la posición del Sol al mediodía es un **INDICE DEL TOTAL DE LA RADIACION** recibida durante el día.

D. Duración del Día

Al igual que la altitud del Sol, la **DURACION DEL DIA** varía en función a la estación del año y latitud específica. Esta variación responde a la relación que existe entre el **CIRCULO DE ILUMINACION** y los paralelos de la latitud en varios días del año. El círculo de iluminación es el gran círculo que separa la zona iluminada de la Tierra a la oscura.

Como puede apreciarse en la **FIGURA 6.8**, durante el curso del año existe una gran variación en duración del día en las latitudes altas y una diferencia mínima a medida que nos acercamos al Ecuador. En los **EQUINOCCIOS**, el círculo de iluminación pasa por los polos y por consiguiente todo lugar en la Tierra posee doce (12) horas de iluminación y doce (12) horas de oscuridad. En los **SOLSTICIOS**, el círculo deja por completo a uno de los polos en oscuridad y el otro en claridad, aun cuando la Tierra rote alrededor de su eje. El **Ecuador** por su parte está exactamente bisecado por el círculo de iluminación en todo momento y por consiguiente la duración del día es siempre de doce horas.

Por tal motivo mientras más cerca se viva del Ecuador (como es el caso de Puerto Rico), menor será la diferencia en la duración entre los días de invierno y de verano y por consiguiente se recibirá aproximadamente la misma cantidad de energía solar durante todo el año.

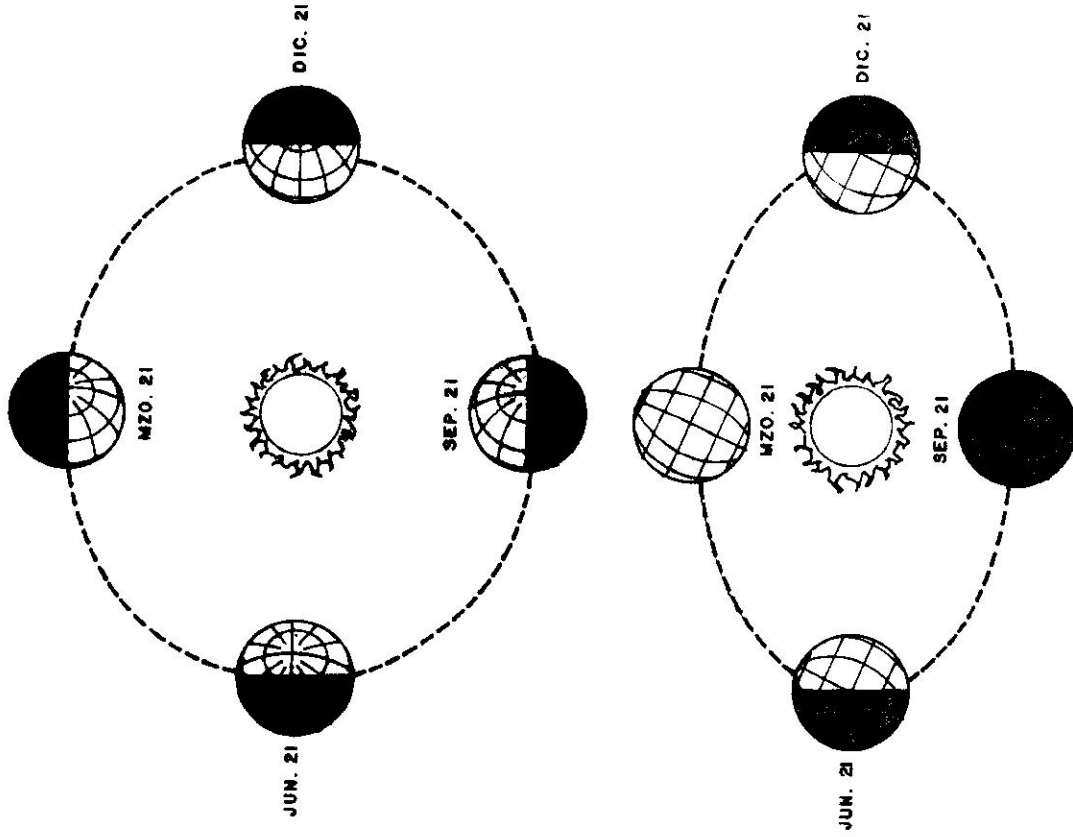


FIG. 6.8

Cambios aparentes del Círculo de Iluminación durante el año.

E. Influencia de la Atmósfera

Antes de llegar a la Tierra, la radiación solar tiene que atravesar una MASA GASEOSA de aproximadamente 8 km de atmósfera. (Ver FIGURA 6.9). Esta se compone principalmente de GASES INVARIABLES, como nitrógeno y oxígeno, que representan el 78% y el 21% del volumen atmosférico respectivamente. El restante 1% se compone de bióxido de carbono, helio e hidrógeno. De los GASES VARIABLES el vapor de agua, variando desde 0% a 3% de volumen atmosférico, es más importante para el clima que cualquier otro gas. Este no solamente es fuente esencial de lluvias, sino que también absorbe seis (6) veces más radiación solar que la combinación de los restantes gases. Además es responsable de casi toda la absorción de la radiación procedente de la Tierra.

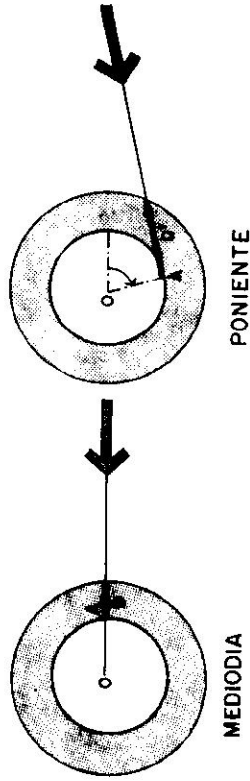


FIG. 6.9

Aunque la energía solar es abundante, al mismo tiempo es muy diluida. Una vez este flujo energético atraviese la atmósfera sufrirá una disminución sensible por unidad de superficie (área), debido a FENÓMENOS DE DIFUSION, ABSORCION y REFLEXION producido por los gases de densidad creciente al aproximarse al suelo terrestre. (Ver FIGURA 6.10). El contraste de la radiación solar en una gama de longitudes de ondas que van de 0.00001 nm a 0.5 nm (pasando de lo visible a

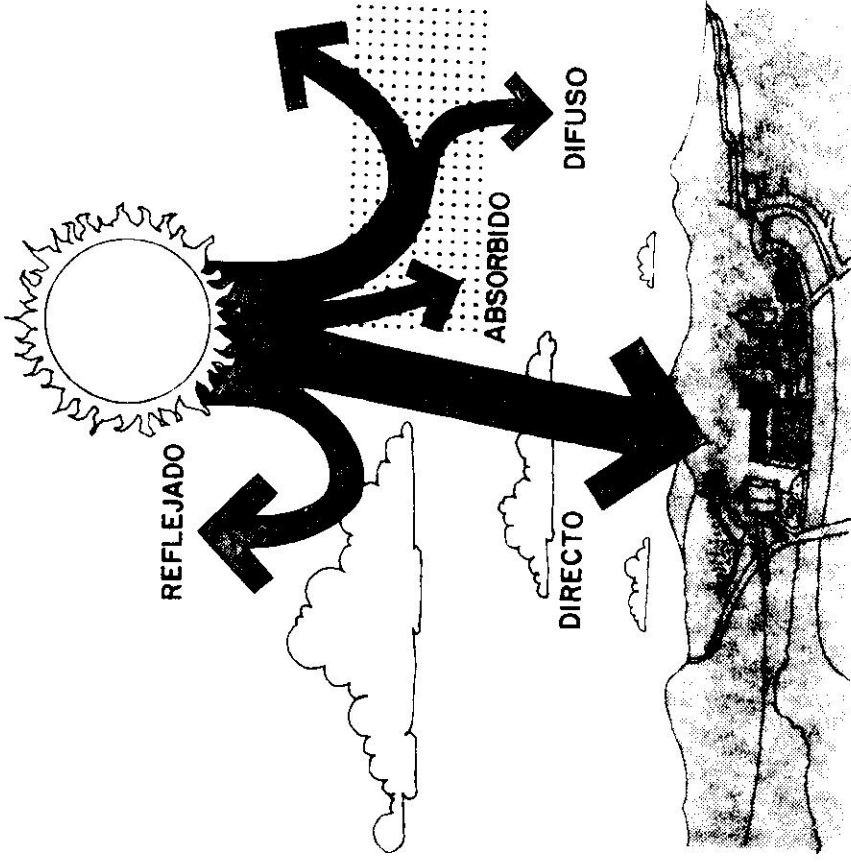


FIG. 6.10

lo invisible) explica la diversidad de las reacciones y de las resultantes que entran en contacto directo con las distintas capas de la atmósfera.

La importancia y el efecto de estos fenómenos dependen en gran medida del espesor de la atmósfera atravesada y de la calidad de ésta (variaciones locales y estacionales producidas por nubes, vapor de agua, contaminación, etc.) Es por esta razón que la energía interceptada por la superficie terrestre es la resultante de varios tipos

de radiaciones, tales como: La radiación DIRECTA (que no ha sufrido modificaciones en su trayectoria por la atmósfera), la DIFUSA y la REFLEJADA.

F. Balance Energético del Suelo Terrestre

El conjunto constituido por la Tierra y la atmósfera que la rodea está sometido al constante flujo energético procedente del Sol. En el funcionamiento de este flujo surgen EQUILIBRIOS TÉRMICOS, ya que se asume que en la escala de un año el BALANCE ENERGÉTICO DE LA TIERRA ES NULO. Es decir que la energía total devuelta al espacio por el sistema Tierra-atmósfera es igual a la energía suministrada por el Sol. Así pues, por término medio, NI LA TIERRA NI LA ATMÓSFERA SE CALIENTAN.

Debido a que estos intercambios nunca son constantes ni instantáneos, es recomendable hacer una distinción clara entre la RADIACION SOLAR (aportada) y la RADIACION TERRESTRE (restituida). (Ver FIGURA 6.11).

1. la radiación solar

La totalidad de la radiación solar que llega hasta el límite de la atmósfera, se distribuye aproximadamente en las siguientes proporciones:

- 20 UNIDADES SON ABSORBIDAS POR LA ATMÓSFERA, una mitad procedente del Sol y la otra mitad luego de ser reflejada por las nubes.
- 25 UNIDADES SON REFLEJADAS POR OBJETOS MASIVOS O DENSOS, principalmente en las nubes, aunque parte de la misma proviene de la superficie terrestre.

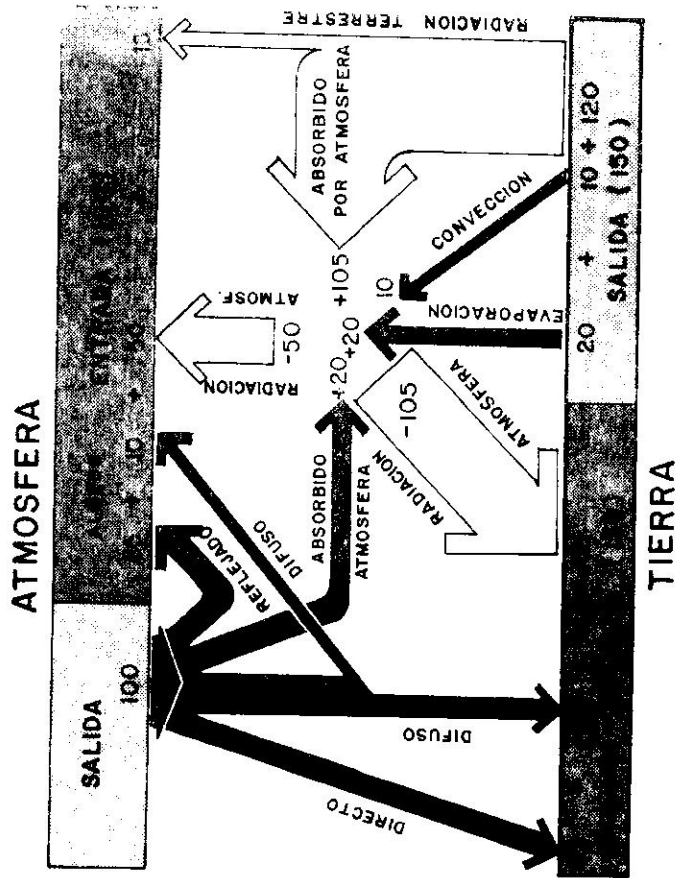


FIG. 6.11

- 30 UNIDADES SON REFLEJADAS POR PARTICULAS DIMINUTAS EN EL AIRE, principalmente compuesta por moléculas de aire y polvo. Esta radiación es esparcida en forma de RADIACION DIFUSA. De esas 30 unidades, 10 van hacia arriba y las restantes 20 se dirigen hacia abajo. Al componente de la radiación difusa que va en descenso se le conoce como RADIACION DEL CIELO, el cual es responsable por el color azul del cielo (principalmente en la porción azul del espectro visible) característico de un día claro.
- LAS RESTANTES 25 UNIDADES INCIDEN DIRECTAMENTE SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE que,

combinado con las 20 de la radiación difusa en descenso, representa el total de la energía solar que recibe la Tierra.

De lo anteriormente señalado se puede deducir que el 35% de la radiación solar recibida es reflejada nuevamente al espacio. Esta porción de la onda corta de la radiación (debido a la alta temperatura del Sol) se conoce como el ALBEDO DE LA TIERRA. El otro 20% calienta la atmósfera y el restante 45% llega directamente sobre la superficie terrestre. Es decir, que dos terceras partes de la radiación solar son absorbidas por la Tierra y la atmósfera, y el resto es devuelto al espacio.⁷

2. la radiación terrestre

Si asumimos que en la escala de un año el balance energético de la Tierra es nulo, entonces el 65% del flujo inicial recibido por la Tierra (el 45% y el 20%) será restituido al espacio, principalmente a través de la atmósfera, de la siguiente manera:

- 120 UNIDADES SON IRRADIADAS POR LA SUPERFICIE TERRESTRE. Esto responde a que en adición a las 45 unidades que provienen directamente del Sol, la Tierra también recibe una aportación de la atmósfera, (ver criterio b). La magnitud de esta radiación de onda larga (debido a la baja temperatura de la superficie) depende de la temperatura de la Tierra. (Se determinó el valor de la radiación terrestre en unas 120 unidades, ya que la temperatura promedio de la Tierra está por los 65°F).
- De estas 120 unidades, solamente 15 REGRESAN AL ESPACIO, MIENTRAS QUE LAS RESTANTES

105 SON ABSORBIDAS POR LA ATMOSFERA. Mientras que el 45% de la radiación solar de onda corta atraviesa la atmósfera, tan solo el 12.5% (15 de 120 unidades) de la radiación de onda larga procedente del suelo terrestre es devuelto al espacio. Esta diferencia en el comportamiento selectivo del VAPOR DE AGUA EN LA ATMOSFERA ante la presencia de diferentes longitudes de onda se conoce como el EFECTO DE INVERNADERO.

- Finalmente la ATMOSFERA DEVUELVE 50 UNIDADES de energía de onda larga al espacio y 105 UNIDADES a la superficie terrestre.

De lo anteriormente señalado se puede deducir que el total de 100 unidades devueltas al espacio (25 por reflexión, 10 por difusión, 15 por radiación del suelo terrestre y 50 por radiación atmosférica) son balanceadas por las otras 100 que recibimos procedentes del Sol. En la superficie de la Tierra, la radiación recibida es de 45 unidades procedentes de la radiación solar y 105 de la atmósfera. Es decir que del total de 150 unidades recibidas, la Tierra tan sólo libera 120. A esta diferencia (30 unidades en promedio) entre la radiación recibida y la liberada se conoce como RADIACION NETA, la cual se distribuye en:

- 20 UNIDADES que alimentan el ciclo de evaporación y precipitación.
- y 10 UNIDADES que se convierten en energía cinética del viento, de las olas y energía almacenada en las plantas.

EL BALANCE O EQUILIBRIO FINAL (nulo en un año) se establece en términos de sumas puntuales, ya que todos estos fenómenos de intercambios son sensibles a las condiciones climáticas y geográficas de cada región en particular.

G. Latitud y Espesor de la Atmósfera

LA ATMOSFERA es un parámetro muy importante con respecto a la intensidad energética de la radiación solar que llega a la Tierra, ya que modifica sensiblemente la composición espectral de la radiación. Esta influencia se agudiza cuanto más GRANDE Y ESPESA sea la capa de atmósfera atravesada, debido a que la CANTIDAD DE RADIACION ABSORBIDA AUMENTA CON LA MASA ATMOSFERICA.

En la tierra, en un momento dado, el trayecto de la radiación en la atmósfera varía en función del lugar y depende de su LATITUD. (Ver FIGURA 6.12). Cuanto más cerca esté de LOS POLOS el lugar considerado, mayor será la masa atmosférica atravesada y por consiguiente menos potente será entonces el flujo energético recibido. Por el contrario mientras más cerca vivamos del ECUADOR menor será la capa atmosférica atravesada y mayor la intensidad energética.

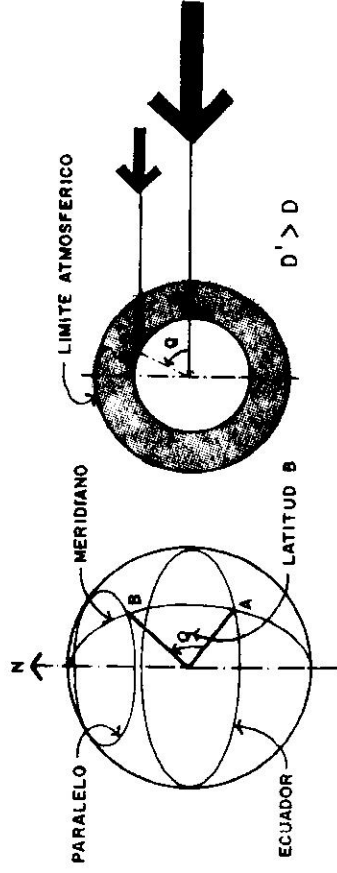


FIG. 6.12

También es recomendable señalar que para un mismo lugar, en una estación o época del año determinada, existe una variación de la potencia disponible en función de MOMENTO DEL DÍA (hora) y por

lo tanto de la posición del Sol. Durante la salida o puesta del Sol, el espesor atmosférico que atraviesa la radiación solar es mucho más grande y por consiguiente la potencia de la radiación tiende a aproximarse al valor cero.

NOTAS

- (1) CALORIA es la cantidad de calor o energía necesaria para aumentarle la temperatura 1 grado centígrado (1°C) a 1 gramo de agua.
- (2) Días del año en los que el eje de rotación de la Tierra se halla en el plano perpendicular al plano de la elipse pasando por el centro del Sol (21 de diciembre y 21 de junio).
- (3) Días del año en los que el eje de la Tierra se encuentra en el plano de la elipse y cuyo trazado en el mismo es tangente a la elipse, (21 de marzo y 23 de septiembre).
- (4) El ángulo que se forma entre los rayos del Sol y una línea perpendicular a la superficie, conocido como ANGULO DE INCIDENCIA, determinará el porcentaje (%) de radiación directa interceptada por esa superficie.
- (5) Combinación de gases en proporciones prácticamente similares en toda la masa atmosférica.
- (6) Combinación de gases cuyas proporciones varían en función de tiempo y de lugar específicamente.
- (7) Aplica a condiciones promedio donde se asume un cielo 50% nublado y donde el vapor de

agua y el polvo en el aire se encuentren en el promedio para la Tierra en su totalidad y por espacio de un año. Cualquier cambio implicaría una variedad en los porcentajes señalados.

- (8) De éstas, 20 provienen de la radiación solar absorbida por la atmósfera y las restantes 30 del suelo terrestre (20 por evaporación y 10 por convección).

7. CONTROL SOLAR Y CLIMATICO

I . ORIENTACION DEL EDIFICIO	57
II . FORMA DEL EDIFICIO	58
III. ORGANIZACION INTERIOR	58
IV . CUBIERTA DEL EDIFICIO	60
A. Materiales	61
1. resistencia	61
2. coeficiente de transmisión de calor	61
3. capacidad térmica	66
4. índice de aislación	67
5. radiación termal	67
B. Color	69
C. Paredes	69
D. Techos	70
E. Aberturas	73
V . QUIEBRASOLES	76
A. Tipos de Queiebrasoles	76

B. Teoría	78
C. Posición del Sol	79
D. Métodos	81
1. gráfico	81
2. analítico	82
E. La Tabla Calculadora	82
1. ejemplo	83
2. conclusiones	84
VI. PROTECCION SOLAR DE CRISTALES	84

II . FORMA DEL EDIFICIO

Además de una buena orientación, la FORMA del edificio, y la RAZON DE ANCHO POR LARGO, POR ALTO, es necesaria reconocerla para ver en que medida podemos evitar el aumento de temperatura en el interior del edificio como resultado de una mínima exposición solar para las horas críticas durante las cuales el espacio se utilice.

Según se ilustra en la FIGURA 7.2, para una zona CALIENTE Y HUMEDA la forma óptima a utilizarse es la RECTANGULAR, cuyos lados más largos no excedan la proporción ancho/largo de 1:3 y donde la proporción 1:1.7 es la más recomendable. Dicha forma permite el aprovechamiento máximo de las brisas del este y noreste en Puerto Rico, así como reduce la exposición solar este-oeste del edificio.

Mediante la utilización de computadoras podría actualizarse y proveerse un sinnúmero de opciones en formas del edificio y números (proporciones) basado en la exposición solar y el aprovechamiento de las brisas. Actualmente esta investigación es necesaria, así como de su información para el funcionamiento eficiente de cualquier proyecto en vías de su realización.

III. ORGANIZACION INTERIOR

Debido a que en Puerto Rico no existen temperaturas calurosas externas, se pueden desarrollar PLANTAS LIBRES Y ABIERTAS (Ver FIGURA 7.3). Aproximadamente 2/3 partes del año las condiciones exteriores son de confort, siempre que el edificio esté en sombra y mantenga el flujo del aire a través de su interior, como es deseable.

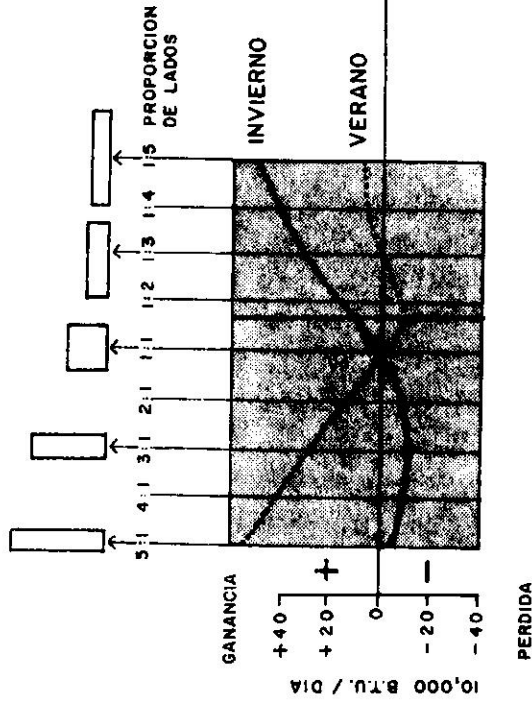
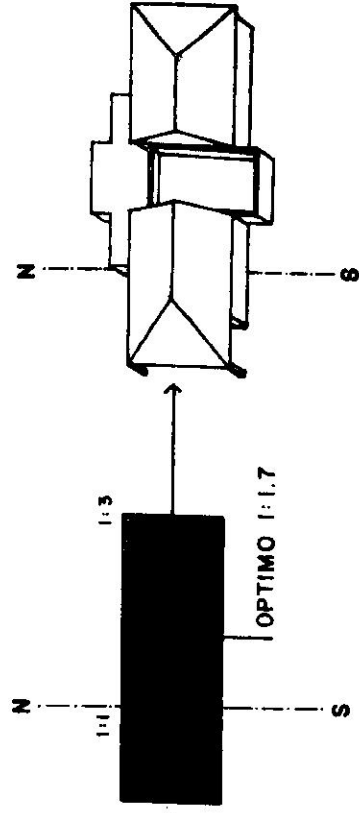


FIG. 7.2



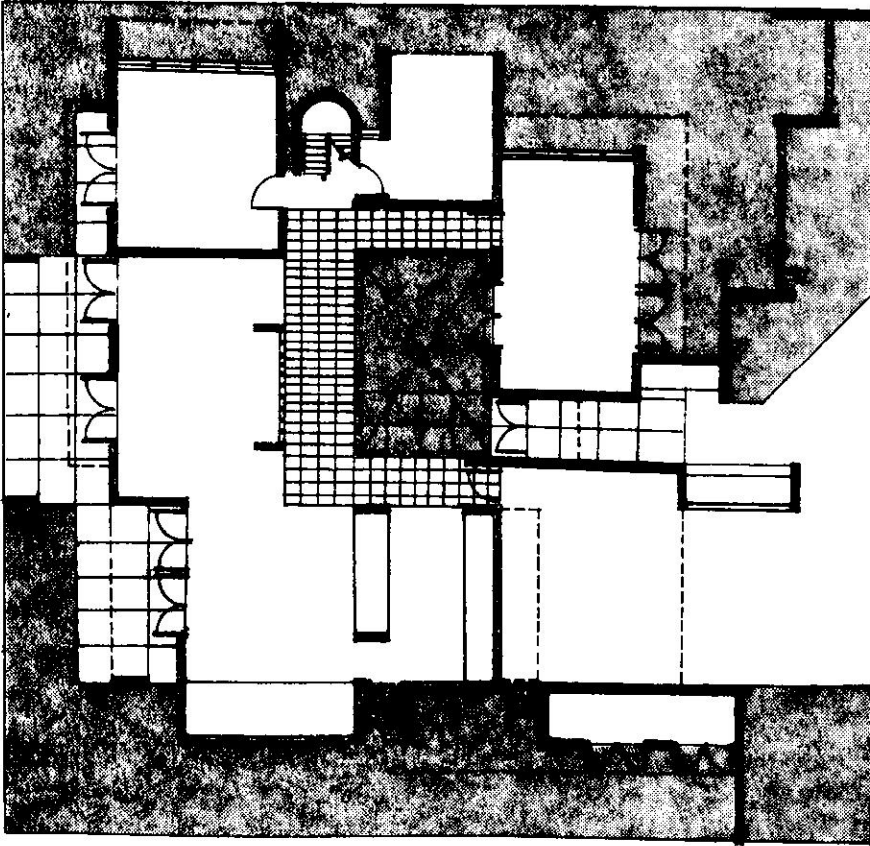


FIG. 7.3

Las paredes plegadizas, enrollables y removibles son de gran utilidad para el arreglo interior de los espacios. Las áreas de ALMACENAJE, baños, cuartos de servicio, etc., deben colocarse en las paredes exteriores que reciban mayor impacto solar, probablemente al oeste del edificio. Igualmente las AREAS que produzcan humedad y calor deben ser ventiladas y si es posible separadas del resto de los espacios regulares donde se

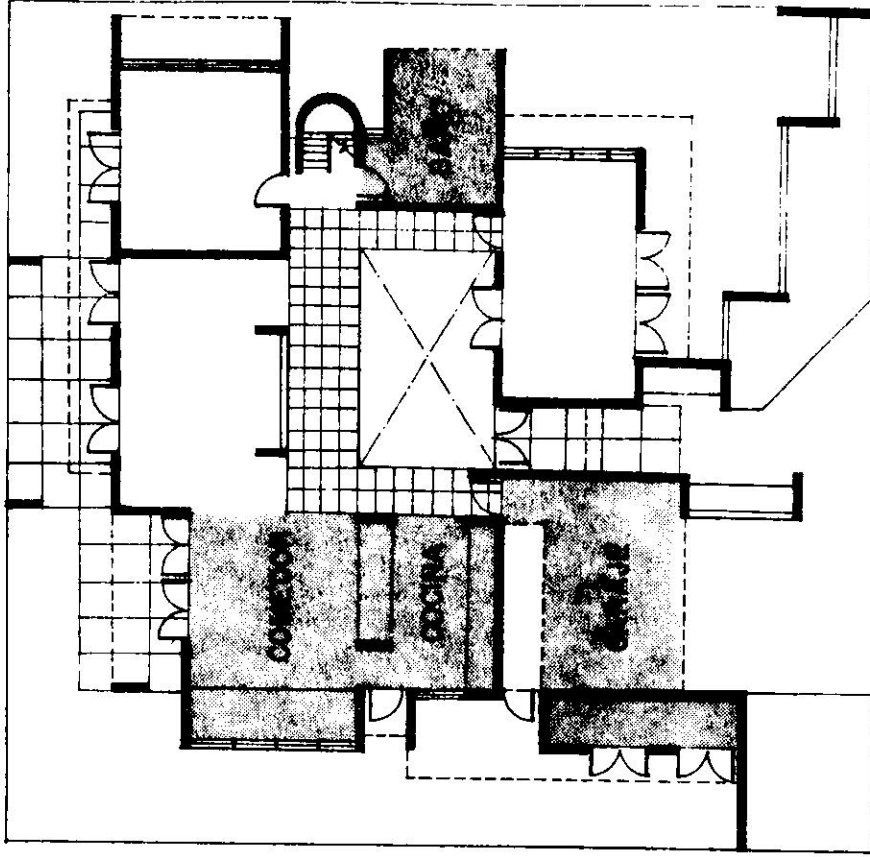


FIG. 7.4

desea un nivel ambiental diferente. (Ver FIGURA 7.4).

El INTERIOR del edificio debe contar con el mínimo de paredes y divisiones. Si las divisiones son indispensables entonces no deben extenderse hasta el techo o plafón. Esto ayudará a promover y estimular el flujo de brisas. Aquellas áreas de uso intensivo deben permitir el flujo de bri-

sas predominantes del este y noreste. Además todos los espacios interiores deben estar bajo sombras y bien ventilados. También los techos deben ser lo suficientemente altos para separar la zona de calor de la de frío. (Ver FIGURA 7.5).

Aquellos espacios de uso intensivo deben estar preferiblemente orientados hacia el norte, donde el ángulo de inclinación solar es menos agudo, permitiendo así un fácil control del mismo. (Ver FIGURA 7.6).

IV. CUBIERTA DEL EDIFICIO

Toda luz solar es convertida en CALOR como se de-

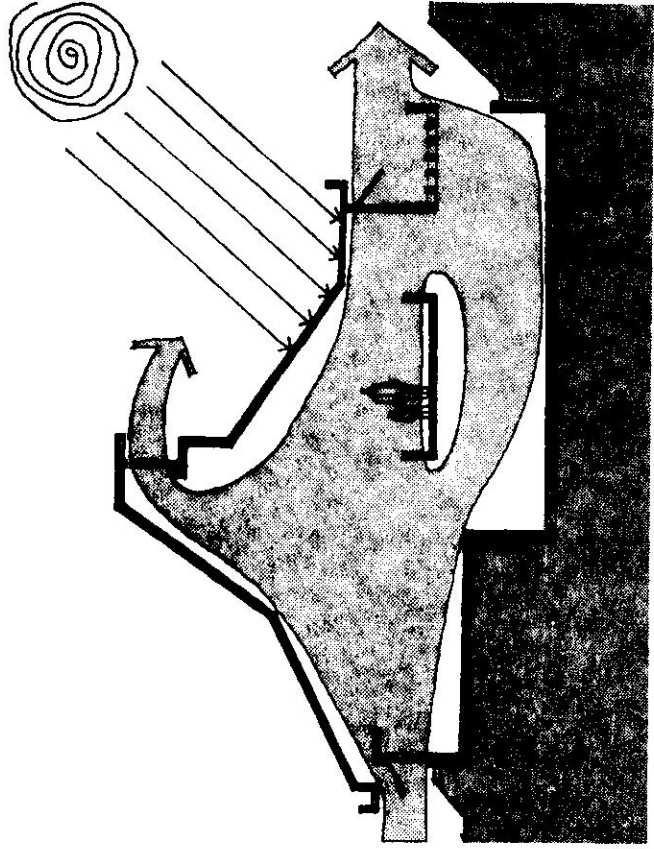


FIG. 7.5

muestra en la FIGURA 7.7. El calor, por naturaleza, siempre se dirige hacia un lugar mucho más frío, transmitiéndose a sus alrededores ya sea por radiación, conducción o convección. RADIACION es el método de transmisión de energía de calor de un cuerpo hacia sus alrededores mediante los rayos solares. CONDUCCION es la transferencia de energía termal a través de materiales de un ambiente caluroso a uno más frío. CONVECCION es el método de transferencia de energía termal de un cuerpo a otro a través del aire que absorbe su calor.

El comportamiento termal de la CUBIERTA DE UN EDIFICIO es el factor más importante para la conservación de energía. Este está sujeto a las variaciones climáticas en cada una de sus caras a

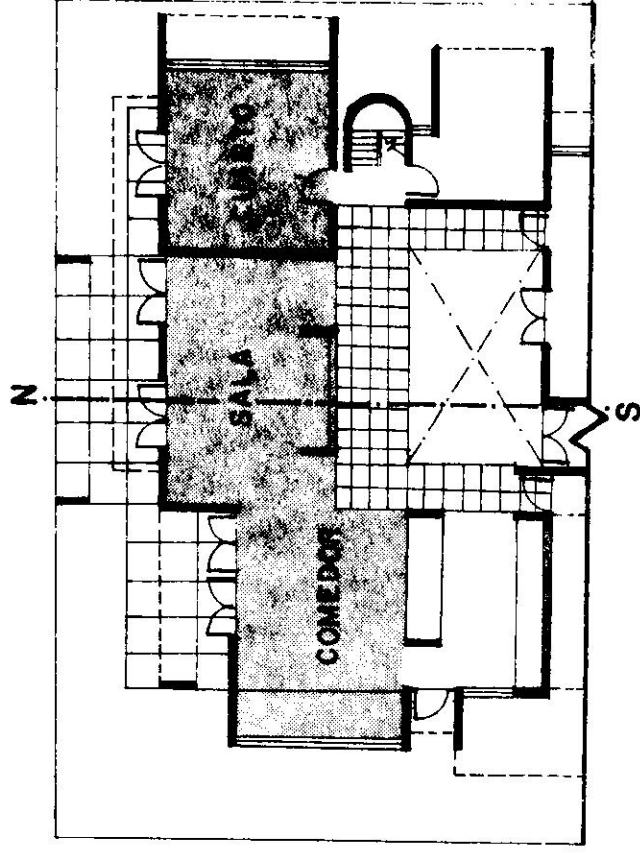


FIG. 7.6

través de paredes, techos, ventanas, aberturas y pisos. Igualmente las propiedades térmicas de la cubierta están a su vez determinadas por el tipo de pared, resistencia térmica, aislación, color y textura exterior.

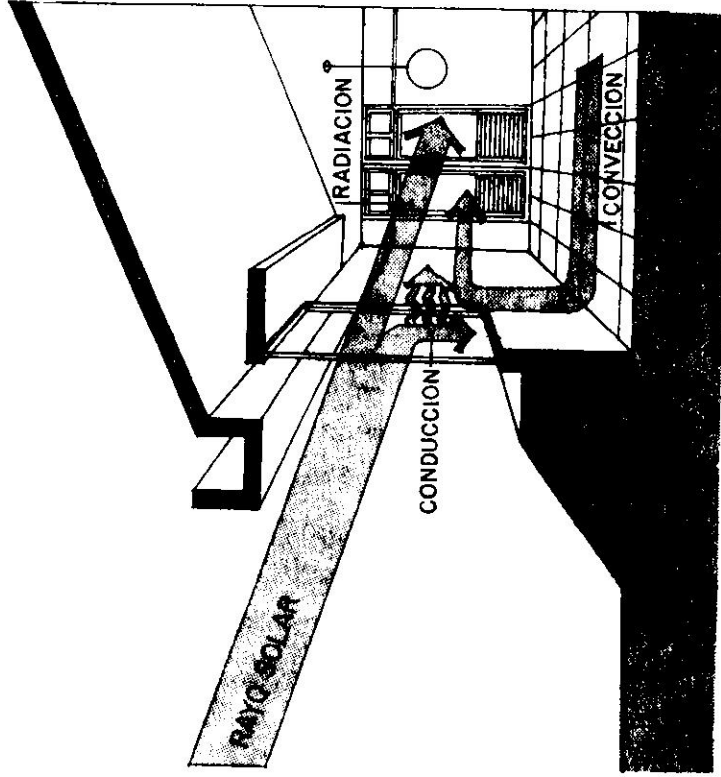


FIG. 7.7

A. Materiales

1. resistencia

La aislación de materiales se utiliza para detener la transferencia de calor del exterior hacia el interior de un edificio.

La TRANSFERENCIA DE CALOR se mide por la resistencia (R) al calor que posea dicho material. Mientras más alto su valor "R" mejor será el material y habrá una menor transferencia de calor a través del mismo. Esto nos permite seleccionar el material por su factor de resistencia "R" más que por su espesor. (Ver TABLA 7.1)

En Puerto Rico, las PAREDES y los TECHOS son las áreas que más calor reciben. Aproximadamente entre el 40% y el 50% de la transferencia de calor ocurre por el techo; por esta razón es importante el uso de materiales aislantes en estas superficies. Para climas cálidos y tropicales como el nuestro se recomienda material aislante con los siguientes factores "R":

"R" para techos = 26

"R" para paredes = 13

En nuestro caso es más efectivo colocar los materiales aislantes en la parte exterior del edificio para evitar la entrada de calor. (Ver FIGURA 7.8). Todos estos materiales deben instalarse con una CAPA AISLADORA contra la humedad para evitar la condensación dentro del edificio (hojas plásticas o de asfalto o papel reflectivo).

2. coeficiente de transmisión de calor

Utilizando materiales livianos, que no retengan calor por mucho tiempo, y con un "COEFICIENTE DE TRANSMISION TERMICA" bajo se pueden lograr mejores resultados. Existe una relación inversa entre el coeficiente "U" y "R" igual a $U=1/R$. Esto

TAB. 7.1

R-VALUES OF BUILDING MATERIALS			
Material and Description	Density (lb/ft ³)	R-value*	
		per inch thickness	for listed thickness
Building Boards, Panels, Flooring			
Asbestos-cement board	120	0.25	—
Asbestos-cement board 1/8"	120	—	0.03
Gypsum or plaster board 3/8"	50	—	0.32
Gypsum or plaster board 1/2"	50	—	0.45
Plywood (see Siding Materials)	34	1.25	—
Sheathing, wood fiber (impregnated or coated)	20	—	2.06
Wood fiber board (laminated or homogenous)	26	2.38	—
Wood fiber, hardboard type	65	0.72	—
Wood fiber, hardboard type 1/4"	65	—	0.18
Wood subfloor 25/32"	—	—	0.98
Wood, hardwood finish 3/4"	—	—	0.68
Building Paper			
Vapor-permeable felt	—	—	0.06
Vapor-seal, 2 layers of mopped 15 lb felt	—	—	0.12
Vapor-seal plastic film	—	—	negl.
Finish Materials			
Carpet and fibrous pad	—	—	2.08
Carpet and rubber pad	—	—	1.23
Cork tile 1/8"	—	—	0.28
Terrazzo 1"	—	—	0.08
Tile (asphalt, linoleum, vinyl, rubber)	—	—	0.05
Gypsumboard 1/2"	—	—	0.45
Gypsumboard 5/8"	—	—	0.56
Hardwood flooring 25/32"	—	—	0.68
Insulating Materials			
Blankets and Batts:			
Mineral wool, fibrous form (from rock, slag or glass)	0.5	3.12	—
Wood fiber	1.5-4.0	3.70	—
Boards and Slabs: Cellular glass	3.2-3.6	4.00	—
90°F	9	2.44	—

R-VALUES OF BUILDING MATERIALS			
Material and Description	Density (lb/ft ³)	R-value*	
		per inch thickness	for listed thickness
Corkboard			
60°F	—	2.56	—
30°F	—	2.70	—
0°F	—	2.86	—
90°F	6.5-8.0	3.57	—
60°F	—	3.70	—
30°F	—	3.85	—
0°F	—	4.00	—
90°F	12	3.22	—
60°F	—	3.33	—
30°F	—	3.45	—
0°F	—	3.57	—
90°F	4.0-9.0	3.85	—
60°F	—	4.17	—
30°F	—	4.55	—
0°F	—	4.76	—
75°F	4.5	4.55	—
Expanded rubber (rigid)			
Expanded polyurethane (R-11 blown; 1" thickness or more)			
100°F	1.5-2.5	5.56	—
75°F	—	5.88	—
50°F	—	6.25	—
25°F	—	5.88	—
0°F	—	5.88	—
Expanded polystyrene, extruded			
75°F	1.9	3.85	—
60°F	—	4.00	—
30°F	—	4.17	—
0°F	—	4.55	—
Expanded polystyrene, molded beads			
75°F	1.0	3.57	—
30°F	—	3.85	—
0°F	—	4.17	—
Mineral fiberboard, felted core or roof insulation			
acoustical tile ¹	16-17	2.94	—
acoustical tile ¹	18	2.86	—
acoustical tile ¹	21	2.73	—
Mineral fiberboard, molded			
acoustical tile ¹	23	2.38	—
Wood or cane fiberboard	—	—	1.19
acoustical tile	—	—	1.78
acoustical tile interior finish	15	2.86	—
1/2"	—	—	—
3/4"	—	—	—

R-VALUES OF BUILDING MATERIALS				
Material and Description	Density (lb/ft ³)	R-value*		R-value* for listed thickness
		per inch thickness	per inch thickness	
Insulating roof deck ²	—	—	—	2.78
	—	—	—	5.56
	—	—	—	8.33
Shredded wood (cemented, preformed slabs)				
Loose Fills:				
Macerated paper or pulp	22	1.67		—
Mineral wool				
	2.5-3.5	3.57		—
	2.0-5.0	3.33		—
		3.70		—
		4.00		—
		4.35		—
		2.63		—
Perlite (expanded)	5.0-8.0	2.78		—
		2.94		—
		3.12		—
		2.08		—
		2.18		—
		2.27		—
		2.38		—
		2.22		—
Vermiculite (expanded)	7.0-8.2			—
Sawdust or shavings	0.8-1.5			—
Masonry Materials—Concretes				
Cement mortar	116	0.20		—
Gypsum-fiber concrete (87½% gypsum, 12½% concrete)	51	0.60		—
Lightweight aggregates (expanded shale, clay or slate; expanded slags, or cinders; pumice; perlite or vermiculite; cellular concretes)	120	0.19		—
	100	0.28		—
	80	0.40		—
	60	0.59		—
	40	0.86		—
	20	1.43		—
Sand and gravel or stone aggregate (oven dried)	140	0.11		—
Sand and gravel or stone aggregate (not dried)	140	0.08		—
Stucco	116	0.20		—
Masonry Units				
Brick, common ³	120	0.20		—
Brick, face ³	130	0.11		—

R-VALUES OF BUILDING MATERIALS				
Material and Description	Density (lb/ft ³)	R-value*		R-value* for listed thickness
		per inch thickness	per inch thickness	
Clay tile, hollow	—	—	—	0.80
1 cell deep	—	—	—	1.11
2 cells deep	—	—	—	1.52
3 cells deep	—	—	—	1.85
4 cells deep	—	—	—	2.22
5 cells deep	—	—	—	2.50
Concrete block, 3 oval core	—	—	—	0.71
Sand and gravel aggregate	—	—	—	1.11
	—	—	—	1.28
	—	—	—	0.86
Cinder aggregate	—	—	—	1.11
	—	—	—	1.72
	—	—	—	1.89
Lightweight aggregate (expanded shale, clay slate or slag; pumice)	—	—	—	1.27
	—	—	—	1.50
	—	—	—	2.00
	—	—	—	2.72
Concrete blocks, rectangular core	—	—	—	1.04
Sand and gravel aggregate	—	—	—	1.93
2 core, 36 lb ⁴	—	—	—	1.65
same, filled cores ⁵	—	—	—	2.99
Lightweight aggregates	—	—	—	2.18
3 core, 19 lb ⁴	—	—	—	5.03
same, filled cores ⁵	—	—	—	2.48
2 core, 24 lb ⁴	—	—	—	5.82
same, filled cores ⁵	—	—	—	—
3 core, 38 lb ⁴	—	—	—	—
same, filled cores ⁵	—	—	—	—
Stone, lime or sand	—	—	—	—
Granite, marble	150-175	0.08	0.05	—
Plastering Materials				
Cement plaster, sand aggregate	116	0.20		—
Gypsum plaster	45	—	—	0.32
1/2" lightweight aggregate	45	—	—	0.39
3/8" lightweight aggregate	—	—	—	0.47
Same, on metal lath	45	0.67		—
Perlite aggregate	105	0.18		—
Sand aggregate	—	—	—	—

R-VALUES OF BUILDING MATERIALS

Material and Description	Density (lb/ft ³)	R-value*	
		per inch thickness	for listed thickness
Same, on metal lath	-	-	0.10
Same, on wood lath	-	-	0.40
Vermiculite aggregate	45	0.59	-
Roofing Materials			
Asbestos-cement shingles	120	-	0.21
Asphalt roll roofing	70	-	0.15
Built-up roofing	70	-	0.44
Slate roofing	-	-	0.05
Wood shingles	-	-	0.94
Siding Materials			
Shingles			
Asbestos-cement	120	-	0.21
Wood, 16" with 7½" exposure	-	-	0.80
Wood, double 16" with 12" exposure	-	-	1.19
Wood, plus insulating backer board	-	-	1.40
Siding			
Asbestos-cement lapped	-	-	0.21
Asphalt roll siding	-	-	0.15
Asphalt insulating siding	-	-	1.46
Wood, drop (1" X 8")	-	-	0.79
Wood, drop (½" X 8" lapped)	-	-	0.81
Wood, bevel (½" X 10", lapped)	-	-	1.05
Plywood, lapped	-	-	0.59
Plywood	-	-	0.31
	-	-	0.47
	-	-	0.62
	-	-	0.78
	-	-	0.94
Stucco	116	0.20	-
Sheathing, insulating board (regular density)	-	-	1.32
	-	-	2.04
Woods			
Hardwoods (maple, oak)	45	0.91	-
Softwoods (fir, pine)	32	1.25	-

R-VALUES OF BUILDING MATERIALS

Material and Description	Density (lb/ft ³)	R-value*	
		per inch thickness	for listed thickness
Wood Doors Solid core	32	25/32"	0.98
		1-5/8"	2.03
		2-5/8"	3.28
		3-5/8"	4.55
Wood Doors Solid core	-	1"	1.56
		1-1/4"	1.82
		1-1/2"	2.04
		2"	2.33

* Representative values intended for use as design values of dry building materials in normal use.
 1 R-values of acoustical tile depend upon the board and the type, size and depth of perforations; these are average values.
 2 Roof deck insulation is made in thicknesses to meet these standards; thickness may vary somewhat with manufacturer.
 3 Face brick and common brick do not always have these densities and R-values.
 4 Weights of blocks approximately 7-5/8" high by 15-3/8" long.
 5 Vermiculite, perlite, or mineral wool insulation.
 SOURCE: ASHRAE Handbook of Fundamentals, 1967. Reprinted by permission.

R-VALUES OF AIR FILMS

Type and Orientation of Air Film	Direction of Heat Flow	R-value for Air Film On:		
		Non-reflective surface	Fairly reflective surface	Highly reflective surface
Still air: Horizontal Horizontal 45° slope 45° slope Vertical	up	0.61	1.10	1.32
	down	0.92	2.70	4.55
	up	0.62	1.14	1.37
	down	0.76	1.67	2.22
	across	0.68	1.35	1.70
Moving air: 15 mph wind 7½ mph wind	any*	0.17	-	-
	any†	0.25	-	-

* Winter conditions.
 † Summer conditions.
 SOURCE: ASHRAE, Handbook of Fundamentals, 1972. Reprinted by permission.

R-VALUES OF AIR SPACES				
Orientation & Thickness of Air Space	Direction of Heat Flow	R-value for Air Space Facing: †		
		Non-reflective surface	Fairly reflective surface	Highly reflective surface
Horizontal ½" 4" ¾" 4" ¾" 1½" 4" ¾" 1½" 4"	up*	0.87	1.71	2.23
	up†	0.94	1.99	2.73
	down*	0.76	1.63	2.26
	down†	0.80	1.87	2.75
	down*	1.02	2.39	3.55
	down†	1.14	3.21	5.74
	down*	1.23	4.02	8.94
	down†	0.84	2.08	3.25
	down*	0.93	2.76	5.24
	down†	0.99	3.38	8.03
45° slope	up*	0.94	2.02	2.78
	up†	0.96	2.13	3.00
	down*	0.81	1.90	2.81
	down†	0.82	1.98	3.00
	down*	1.02	2.40	3.57
	down†	1.08	2.75	4.41
Vertical	across*	0.84	2.09	3.34
	across†	0.90	2.50	4.36
	across*	1.01	2.36	3.48
	across†	1.01	2.34	3.45

‡ One side of the air space is a non-reflective surface.
 * Winter conditions.
 † Summer conditions.
 SOURCE: ASHRAE, *Handbook of Fundamentals*, 1972. Reprinted by permission.

Description	U-values ¹	
	Winter	Summer
Vertical panels:		
Single pane flat glass	1.13	1.06
Insulating glass—double ²		
3/16" air space	0.69	0.64
1/4" air space	0.65	0.61
1/2" air space	0.58	0.56
Insulating glass—triple ²		
1/4" air spaces	0.47	0.45
1/2" air spaces	0.36	0.35
Storm windows		
1-4" air space	0.56	0.54
Glass blocks ³		
6 X 6 X 4" thick	0.60	0.57
8 X 8 X 4" thick	0.56	0.54
same, with cavity divider	0.48	0.46
Single plastic sheet	1.09	1.00
Horizontal panels: ⁴		
Single pane flat glass	1.22	0.83
Insulating glass—double ²		
3/16" air space	0.75	0.49
1/4" air space	0.70	0.46
1/2" air space	0.66	0.44
Glass blocks ³		
11 X 11 X 3" thick, with cavity divider	0.53	0.35
12 X 12 X 4" thick, with cavity divider	0.51	0.34
Plastic bubbles ⁵		
single-walled	1.15	0.80
double-walled	0.70	0.46

¹ in units of Btu/hr/ft²/F
² double and triple refer to the number of lights of glass.
³ nominal dimensions.
⁴ U-values for horizontal panels are for heat flow up in winter and down in summer.
⁵ based on area of opening, not surface.
 SOURCE: ASHRAE, *Handbook of Fundamentals*, 1972.

MICA volumétrica de un material equivale entonces al calor específico del material multiplicado por su densidad. (Ver TABLA 7.2).

Para climas húmedos y calurosos, los materiales de poca capacidad de almacenamiento de calor funcionan bien, ya que la retención termal puede causar re-radiación nocturna de calor y causar condensación en la mañana.

TAB. 7.2

Calor Específico y Capacidad Térmica de algunos materiales

MATERIAL	CALOR ESPECÍFICO (Btu/lb°F)	DENSIDAD (lb/pie ³)	CAPACIDAD TÉRMICA (Btu/pie ³ °F)
Cobre	0.092	556	51.2
Aluminio	0.214	171	36.6
Asfalto	0.22	132	29.0
Cristal	0.18	154	27.7
Roble Blanco	0.57	47	26.8
Piedra Caliza	0.217	103	22.4
Yeso	0.26	78	20.3
Arena	0.191	94.6	18.1
Pino Blanco	0.67	27	18.1
Arcilla	0.22	63	13.9
Aire	0.24	0.075	0.018
Agua	1.00	62.5	62.5
Hierro	0.112	489	55
Concreto	0.27	140	38
Ladrillo	0.20	140	28
Mármol	0.21	180	38
Polyuretano	0.38	1.5	0.57
Lana	0.32	6.9	2.2
Acero	0.12	489	59

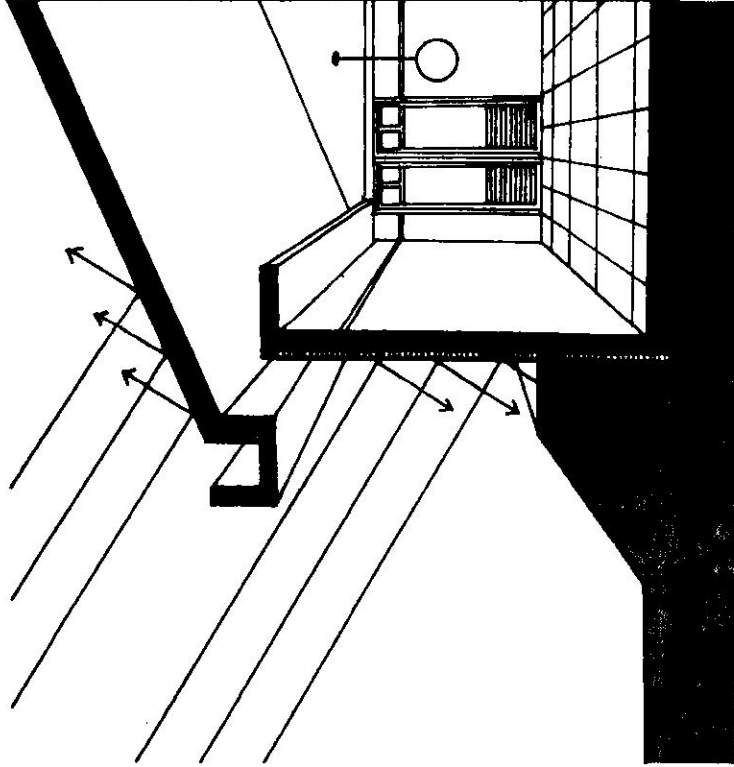


FIG. 7.8

demuestra que mientras mayor sea la resistencia del material, el valor "U" disminuye y por consiguiente detiene más eficientemente la transferencia de calor del exterior hacia el interior del edificio.

3. capacidad térmica

La capacidad de cualquier material para almacenar energía termal se conoce como su "CALOR ESPECÍFICO", o la cantidad de calor o frío (medido en Btu) necesario para aumentar 1°F de temperatura a una libra del material. Ahora bien, la CAPACIDAD TER-

Mientras MAYOR se el nivel de aislación se reduce más aún la ganancia de calor por transmisión, evitando así que el calor del exterior penetre de alguna forma hacia el interior del edificio.

5. radiación termal

La salida de RADIACION TERMAL de una superficie no sólo varía con la temperatura de éste sino también con su emisividad. Casi todos los materiales de construcción EMITEN 90% de la energía termal a una temperatura dada. Normalmente las superficies altamente pulidas o brillosas (como muchos metales) son pobres emisores de radiación termal, pues irradian muy poco calor a una temperatura dada.

No todos los materiales ABSORBEN la radiación termal. La capacidad de una superficie para reflejar radiación termal depende más de su densidad y composición que de su color (aunque el color es buena indicación de la habilidad de reflejar radiación solar). La mayoría de los materiales de construcción actúan como "cuerpo negro" (material ideal capaz de absorber y emitir radiación perfectamente). Las superficies pulidas o brillosas reflejan grandes cantidades de la radiación termal que interceptan.

Los materiales que reflejen, más que absorban, la radiación y que más pronto emitan la cantidad de radiación termal absorbida, reducirán la temperatura de la estructura. Esto convendría en nuestro caso dado a la alta incidencia solar promedio a través de todo el año. Las características de varias superficies según su emisi-

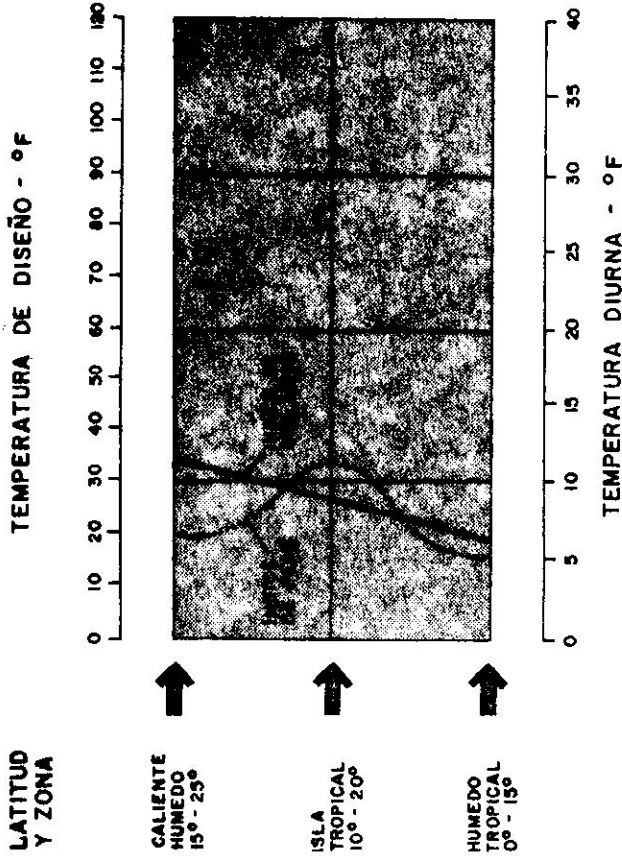


FIG. 7.9

4. índice de aislación

Según se ilustra en la FIGURA 7.9, el índice de aislación para CLIMAS HUMEDOS Y CALUROSOS entre las latitudes 15 - 25°N (aplica a Puerto Rico) debe ser de 35°F de temperatura de diseño. Además, el VALOR DE AISLAMIENTO requerido relativo al lado sur debe ser:

- este - 1.4
- oeste - 1.5
- norte - 1.1
- techo - 2.3

vidad y reflexión termal de, tanto la radiación termal como de radiación solar, aparecen a continuación en la TABLA 7.3.

Se puede reducir la cantidad o entrada de calor solar hasta más de un 50% utilizando

TAB. 7.3 Reacción de Materiales a la Radiación Solar y Termal.

SUPERFICIE	PORCIENTO DE REFLECTIVIDAD		RADIACION TERMAL	
	RADIACION SOLAR	RADIACION TERMAL	RADIACION SOLAR	RADIACION TERMAL
Plata Pulida	93	98	2	2
Aluminio Pulido	85	92	8	8
Lechada	80	—	—	—
Cobre Pulido	75	85	15	15
Cromado	72	80	20	20
Pintura Blanca	71	11	89	89
Mármol Blanco	54	5	95	95
Pintura Verde Claro	50	5	5	5
Pintura de Aluminio	45	45	55	55
Piedra Caliza	43	5	95	95
Madera de Pino	40	5	95	95
Asbesto Cemento	29	5	95	95
Ladrillo de Arcilla	23-30	6	94	94
Pintura Gris	25	5	95	95
Hierro Galvanizado	10	72	28	28
Negro Mate	3	5	95	95

materiales con buena capacidad de reflexión térmica. Materiales de color blanco no son tan efectivos como superficies pulidas metálicas y brillosas. (Ver TABLA 7.4).

Para Puerto Rico resultaría sumamente benéfico el que se experimentara con materiales, en todos sus aspectos, ya sea autóctonos, importados o combinación de ambos, que estén ajustados a nuestras condiciones climáticas específicas y a la disposición de compañías, agencias públicas y privadas y demás instituciones profesionales relacionadas directamente al campo de la construcción.

TAB. 7.4 Reflectividad de algunos materiales.

SUPERFICIE	PORCIENTO DE REFLECTIVIDAD
Plata	0.96
Aluminio Puro	0.91
Aluminio Reflectivo	0.89
Aluminio Procesado	0.89
Aluminio (Capa de Silicón Oxigenado)	0.87
Papel Aluminio 99.5%	0.86
Acrílico Aluminizado 3M	0.86
Aluminio Procesado ALZAC (Plástico/Aluminio)	0.85
Mylar Aluminico Tipo C	0.76

B. Color

Para climas húmedos y calurosos la utilización de colores CLAROS Y REFLECTIVOS (suaves) son mejores y más efectivos, pues evitan el deslumbramiento y la radiación solar tanto dentro como fuera del edificio. El porcentaje (%) de radiación solar absorbida por varias superficies (según el % de intensidad solar que incide sobre la superficie) refleja los siguientes resultados:

Superficies Reflectivas ————— 0.20

Superficies Blancas ————— 0.25-0.40

Superficies de Gris Claro a Oscuro — 0.40-0.50

Superficies Verdes, Roja y Marrón — 0.50-0.70

Superficies de Marrón a Azul ————— 0.70-0.80

Superficies de Azul a Negro ————— 0.80-0.90

Esto permite mantener una temperatura más baja en la superficie y por consiguiente hacia el interior del edificio. Por otro lado la ABSORCION de varios materiales nos permite visualizar la capacidad de éste para reflejar la radiación solar. (Ver TABLA 7.5). Esto, claro está sólo nos sirve de guía, pues las variaciones en textura, tono, capas, pigmentos, etc., pueden alterar estos resultados. Por tal motivo hacen falta estudios técnicos y experimentación con materiales lo suficientemente flexibles como para adaptarse a las óptimas condiciones de nuestro caso en particular.

C. Paredes

Las paredes en climas húmedos y tropicales tienen menos importancia climática que en cualquier otra

TAB. 7.5

ABSORCION SOLAR DE VARIOS MATERIALES

Pintura negra (óptica)	.98
Pintura negra	.95
Laca negra	.92
Pintura gris obscuro	.91
Concreto negro	.91
Laca azul obscuro	.91
Pintura de aceite negra	.90
Ladrillos azules (Stafford)	.89
Pintura verde-amarillo obscuro	.89
Pintura marrón obscuro	.88
Pintura azul-gris obscuro	.88
Laca verde obscuro	.88
Concreto marrón	.85
Pintura marrón (medium)	.84
Pintura marrón claro (medium)	.80
Laca marrón o verde	.79
Pintura de aceite gris claro	.75
Pintura de aceite roja	.74
Ladrillos rojos	.70
Concreto	.65
Ladrillos ligeramente pulidos	.60
Pintura verde mate (medium)	.59
Pintura anaranjada (medium)	.58
Pintura amarilla (medium)	.57
Pintura azul (medium)	.51
Pintura verde (medium)	.51
Pintura verde claro	.47
Pintura blanca semi-brillosa	.30
Pintura blanca brillante	.25
Pintura plateada	.25
Laca blanca	.21
Hoja de aluminio pulido reflectiva	.12
Mylar aluminico	.10

región... sin embargo, la necesidad de seguridad contra el vandalismo requiere ciertas consideraciones de seguridad, así como la de las entradas de insectos, polvo, ruido, etc.

Las paredes con materiales de alta resistencia y poco coeficiente térmico permiten poca penetración del calor hacia el interior del edificio durante las fechas más calurosas. (Ver TABLA 7.1, Sección A). Además deben permitir la fácil penetración del viento. Soluciones de paredes corredizas, plegadizas, removibles, paredes/ventana, etc., en este caso son deseables. (Ver FIGURA 7.10).

La utilización de colores claros en las paredes exteriores del edificio y la buena aislación permite reducir la ganancia de calor de la superfi-

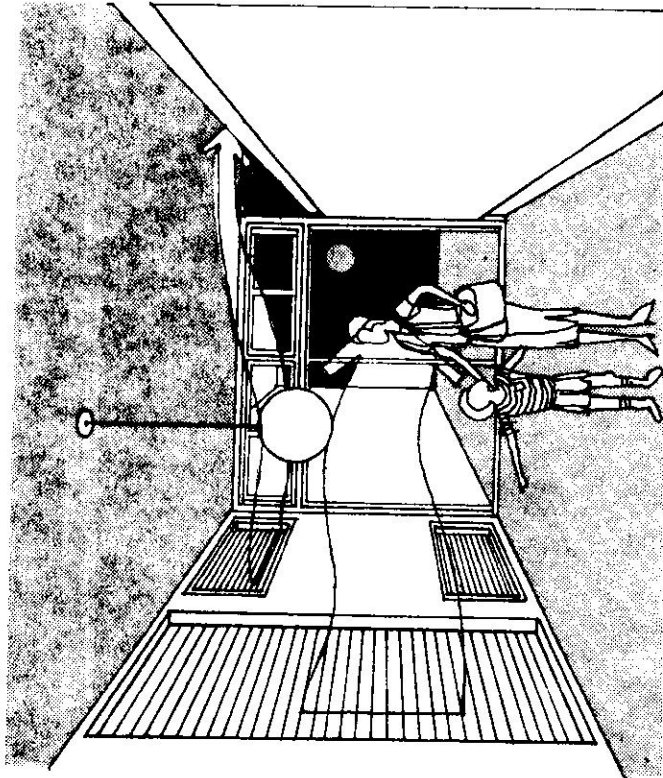


FIG. 7.10

cie. Igualmente el evitar al máximo la exposición solar de las paredes que cumplan con los requisitos ya mencionados pueden apreciarse en la (TABLA 7.6). La disponibilidad y costo de éstos reducen en gran medida el costo de la estructura.

D. Techos

Debido a nuestra latitud $18^{\circ}30' N$, los techos al estar expuestos a una intensa radiación solar durante todo el año, se calientan y dependiendo de la capacidad térmica de sus materiales, almacenan una gran cantidad de calor que irradian hacia el interior del edificio por largo tiempo, aún después de que el Sol se oculte. (Ver FIGURA 7.11). Esto permite, en cierta manera, prestarle mayor atención a la labor que debe realizar el techo sobre la cubierta del edificio, sin duda alguna en mayor grado que las paredes.

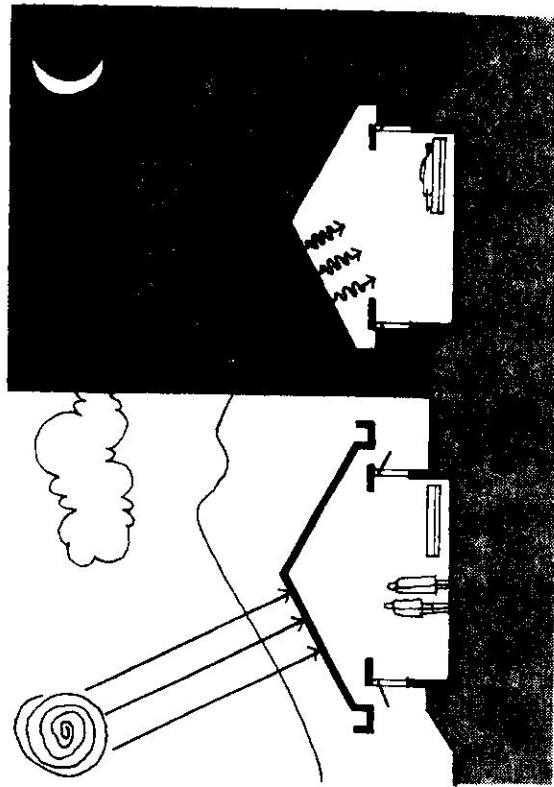
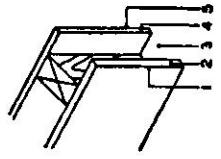


FIG. 7.11

TAB. 7.6

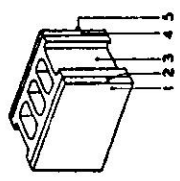
Coefficients of Transmission (U) of Frame Partitions of Interior Walls

Example—Wall B 1		Example of Substitution	
Construction	Resistance (R)	Construction	Resistance (R)
1. Surface (still air)	0.68	Replace item 2 with wood fiber hardboard (3/4 in.)	0.97
2. Gypsum bd. (3/4 in.)	0.52	Total resistance	0.52
3. Air space	0.97	Deduct 2. Gypsum wall board (3/4 in.)	0.65
4. Gypsum wall board (3/4 in.)	0.52	Add 2. Hardboard (3/4 in.)	0.18
5. Surface (still air)	0.68	Total resistance	0.83
Total resistance	2.97	U = 1/R = 1/2.85 =	0.35
U = 1/R = 1/2.97 =	0.34		



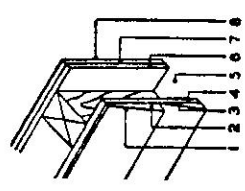
Coefficients of Transmission (U) of Masonry Partitions

Example—Wall C 2		Example of Substitution	
Construction	Resistance (R)	Construction	Resistance (R)
1. Inside surface (still air)	0.68	Replace item 3 with gypsum tile (4 in.)	3.25
2. Plas. (lt. wt. agg.) 5/8 in.	0.59	Total resistance	1.11
3. Cement block (cinder agg.) (4 in.)	1.11	Deduct 3. Cement block (cinder agg.) (4 in.)	2.14
4. Plas. (lt. wt. agg.) 5/8 in.	0.59	Difference	1.67
5. Inside surface (still air)	0.68	Add 3. Gypsum tile (4 in.)	3.81
Total resistance	3.25	Total resistance	0.26
U = 1/R = 1/3.25 =	0.31	U = 1/R = 1/3.81 =	



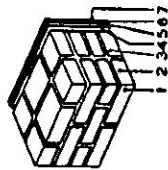
Coefficients of Transmission (U) of Frame Walls

Example—Wall D 4		Example of Substitution	
Construction	Resistance (R)	Construction	Resistance (R)
1. Outside surface (15 mph wind)	0.17	Replace items 3 and 4 with insul. bd. sheathing (3/8 in.) and items 6 and 7 with gypsum wall board 1/2 in.	0.06
2. Siding, wood, 1/2 in. X 8 in. lapped (avg R)	0.85	Total resistance	4.12
3. Building paper	0.06	Deduct 3. Building paper	0.98
4. Wood sheathing (3/8 in.)	0.97	4. Wood sheathing (3/8 in.)	0.98
5. Air space	0.97	6. Gypsum lath (1/2 in.)	0.32
6. Gypsum lath (1/2 in.)	0.32	7. Plaster (sand agg.) (1/2 in.)	0.09
7. Plaster (sand agg.) (1/2 in.)	0.09	Difference	2.67
8. Inside surface (still air)	0.68	Add 4. Insul. bd. sheathing (3/8 in.)	2.06
Total resistance	4.12	6. Gypsum bd. (1/2 in.)	0.45
U = 1/R = 1/4.12 =	0.24	Total resistance	5.18
		U = 1/R = 1/5.18 =	0.19



Coefficients of Transmission (U) of Solid Masonry Walls

Example—Wall G 2



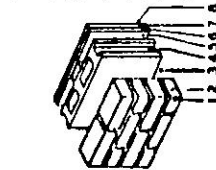
Construction	Resistance (R)
1. Outside surface (15 mph wind)	0.17
2. Face brick (4 in.)	0.44
3. Common brick (4 in.)	0.80
4. Air space	0.97
5. Gypsum lath (3/8 in.)	0.32
6. Plas. (sand agg.) (1/2 in.)	0.09
7. Inside surface (still air)	0.68
Total resistance	3.47
$U = 1/R = 1/3.47 =$	0.29

Example of Substitution

Assume plain wall—no furring or plaster.	
Total resistance	3.47
Deduct 4. Air space	0.97
5. Gypsum lath (3/8 in.)	0.32
6. Plas. (sand agg.) (1/2 in.)	0.09
Total resistance	2.09
$U = 1/R = 1/2.09 =$	0.48

Coefficients of Transmission (U) of Masonry Cavity Walls

Example—Wall H 6



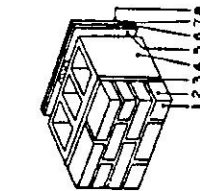
Construction	Resistance (R)
1. Outside surface (15 mph wind)	0.17
2. Common brick (4 in.) (avg R)	0.76
3. Air space	0.97
4. Concrete block (gravel agg.) (4 in.)	0.71
5. Air space	0.97
6. Gypsum lath (1/2 in.)	0.32
7. Plas. (lt. wt. agg.) (1/2 in.)	0.32
8. Inside surface (still air)	0.68
Total resistance	4.90
$U = 1/R = 1/4.90 =$	0.20

Example of Substitution

Replace item 4 with 8 in. concrete block and items 6 and 7 with 1/2 in. plas. (sand agg.) applied directly to concrete block	
Total resistance	4.90
Deduct 4. Concrete block (gravel agg.) 4 in.	0.71
5. Air space	0.97
6. Gypsum lath (1/2 in.)	0.32
7. Plas. (lt. wt. agg.) (1/2 in.)	0.32
Difference	2.58
Add 4. Concrete block (gravel agg.) 8 in.	1.11
7. Plas. (sand agg.) (1/2 in.)	0.11
Total resistance	3.80
$U = 1/R = 1/3.80 =$	0.26

Coefficients of Transmission (U) of Masonry Walls

Example—Wall G 1



Construction	Resistance (R)
1. Outside surface (15 mph wind)	0.17
2. Face brick (4 in.) (avg R)	0.39
3. Cement mortar (1/2 in.)	0.10
4. Concrete block (cinder agg.) (4 in.)	1.11
5. Air space	0.97
6. Gypsum lath (1/2 in.)	0.32
7. Plas. (sand agg.) (1/2 in.)	0.09
8. Inside surface (still air)	0.68
Total resistance	3.83
$U = 1/R = 1/3.83 =$	0.26

Example of Substitution

Replace items 6 and 7 with wood panels (1/2 in.) and vapor barrier applied over furring strips	
Total resistance	3.85
Deduct 6. Gypsum lath (1/2 in.)	0.32
7. Plas. (sand agg.) (1/2 in.)	0.09
Difference	3.42
Add 6. Vapor barrier	0.06
7. Wood panel (1/2 in.)	0.94
Total resistance	4.42
$U = 1/R = 1/4.42 =$	0.23

La construcción correcta de los techos se hace evitando que el calor irradiado por los materiales nunca alcance el interior del edificio. Además de protegerse contra la lluvia y la humedad mediante la IMPERMEABILIZACIÓN, debe verse un buen aislamiento térmico que impida la penetración del calor. (Ver TABLA 7.7).

Debe existir alguna manera de que el aire que se calienta inmediatamente por debajo del techo, sea removido rápidamente por una VENTILACION CRUZADA efectiva a su nivel o mediante accesos en los aleros del exterior entre el cielo raso y el techo. De igual forma los "TECHOS DOBLES" dejando un espacio de ventilación cruzada son deseables. El techo superior actúa como quebrasol del inferior, protegiéndole del calor y radiación del Sol. (Ver FIGURA 7.12).

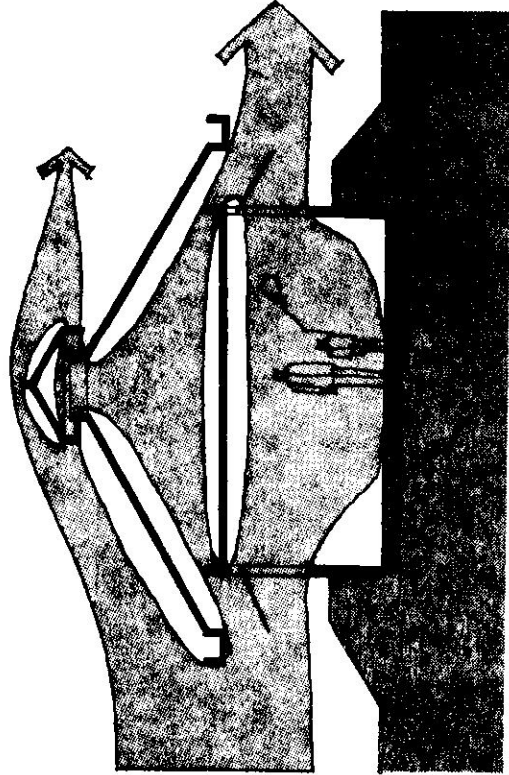


FIG. 7.12

Los colores claros y las superficies reflectivas ayudan a reflejar los rayos solares y el calor. Un techo de color negro u oscuro puede aumentar

la temperatura entre los 60° y 80°F en relación a uno blanco o más claro. En todo momento, en Puerto Rico, debe investigarse más a fondo el problema del techo (inclinación, protección solar, protección de humedad, etc...) como recurso pasivo de control solar. No sólo los materiales a utilizarse sino también el efecto de su inclinación específica para evitar al máximo su total exposición solar y conseguir mejores condiciones en el interior del edificio.

E. Aberturas

En nuestro clima las aberturas y ventanas desempeñan un papel muy importante. Estos deben permitir la ENTRADA DE LUZ Y AIRE al interior de los espacios para alcanzar las condiciones óptimas de "comfort", en aquellas áreas donde se desea ventilación e iluminación natural. He considerado prudente abundar más en el carácter de la ubicación, tipos, tamaños y variaciones de las aberturas y ventanas en el tópico de VENTILACION NATURAL, pues ambos están estrechamente relacionados entre sí.

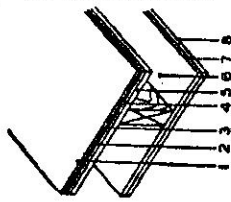
De todos modos existen criterios básicos a considerar sobre la colocación de aberturas y ventanas con relación al edificio, su orientación y localización. Entre éstos podemos mencionar: (Ver FIGURA 7.13).

- Los HUECOS de puertas y ventanas deben mirar, en lo posible, hacia el NORTE Y SUR, considerando la ventilación natural necesaria que durante casi todo el año en nuestra Isla proviene desde el este-nordeste (ENE) esencialmente.
- Abrir el mínimo de aberturas en las paredes que miran al ESTE Y OESTE, pues reciben el

TAB. 7.7

Coefficients of Transmission (U) of Frame Construction Ceilings and Floors

Example—Floor E 5



Heated room below unheated space

Construction (heat flow up) Resistance (R)

1. Top surface (still air) 0.61
2. Linoleum or tile (avg R) 0.05
3. Felt 0.06
4. Plywood (3/4 in.) 0.78
5. Wood subfloor (3/4 in.) 0.98
6. Air space (7 1/2 in.) 0.86
7. Metal lath and 1/2 in. plas. (lt. wt. agg.) 0.47
8. Bottom surface (still air) 0.61

Total resistance 4.41
 $U = 1/R = 1/4.41 = 0.23$

Example of Substitution

Assume heated room is above unheated space so heat flow is down

Total resistance 4.41

Deduct 1. Top surface (heat flow up) 0.61
 6. Air space (heat flow up) 0.86
 8. Bottom surface (heat flow up) 0.61

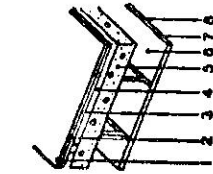
Difference 2.07

Add 1. Top surface (heat flow down) 0.92
 6. Air space (heat flow down) 1.25
 8. Bottom surface (heat flow down) 0.92

Total resistance 6.43
 $U = 1/R = 1/6.43 = 0.18$

Coefficients of Transmission (U) of Concrete Floor-Ceiling Construction

Example—Floor J 4



Heated room below unheated space

Construction (heat flow up) Resistance (R)

1. Top surface (still air) 0.61
2. Asphalt tile and felt 0.11
3. Plywood (3/4 in.) 0.78
4. Air space 0.86
5. Concrete slab 4 in. (avg R) 0.40
6. Air space (8 in.) 0.86
7. Metal lath and 1/2 in. plas. (sand agg.) 0.13
8. Bottom surface (still air) 0.61

Total resistance 4.34
 $U = 1/R = 1/4.34 = 0.23$

Example of Substitution

Replace items 2, 3, and 4 with hardwood block (1/2 in.) on slab

Total resistance 4.34

Deduct 2. Asphalt tile and felt 0.11
 3. Plywood (3/4 in.) 0.78
 4. Air space 0.86

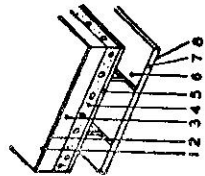
Difference 2.60

Add 2. Wood block (1/2 in.) 0.74

Total resistance 5.54
 $U = 1/R = 1/5.54 = 0.30$

Coefficients of Transmission (U) of Flat Masonry Roofs with Built-up Roofing and with and without Suspended Ceilings

Example—Roof J 2



Construction (heat flow up) Resistance (R)

1. Outside surface (15 mph wind) 0.17
2. Built-up roofing—3/8 in. 0.33
3. Roof insulation (none) —
4. Concrete slab (lt. wt. agg.) (2 in.) 2.22
5. Corrugated metal 0
6. Air space 0.86
7. Metal lath and 3/4 in. plas. (lt. wt. agg.) 0.47
8. Inside surface (still air) 0.61

Total resistance 4.65
 $U = 1/R = 1/4.65 = 0.22$

Example of Substitution

Replace item 4 with 4 in. concrete slab (gravel agg.) and roof insulation (C = 0.36) on top of slab.

Total resistance 4.65

Deduct 4. Concrete slab (lt. wt. agg.) (2 in.) 2.22

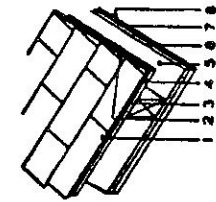
Difference 2.43

Add 3. Roof insulation (C = 0.36) 2.78
 4. Concrete slab (gravel agg.) 4 in. 0.44

Total resistance 6.65
 $U = 1/R = 1/6.65 = 0.18$

Coefficients of Transmission (U) of Pitched Roofs

Example—Roof C 4



Construction (Heat flow up)	Resistance (R)
1. Outside surface (15 mph wind)	0.17
2. Slate shingles (3/4 in.)	0.05
3. Building paper	0.06
4. Wood sheathing (3/8 in.)	0.98
5. Air space	0.90
6. Gypsum lath (5/8 in.)	0.38
7. Plaster (sand agg.) (1/2 in.)	0.09
8. Inside surface (still air)	0.68
Total resistance	3.19
$U = 1/R = 1/3.19$	0.31

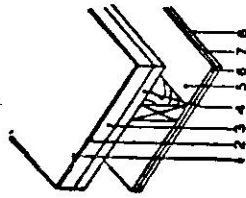
Example of Substitution

Find U value for same construction with heat flow down (summer conditions)

Total resistance	3.19
Deduct 1. Outside surface (15 mph wind)	0.17
5. Air space	0.90
8. Inside surface (still air)	0.68
1.69	
Difference	1.60
Add 1. Outside surface (7.5 mph wind)	0.25
5. Air space	0.69
8. Inside surface (still air)	0.78
1.80	
Total resistance	3.40
$U = 1/R = 1/3.40$	0.29

Coefficients of Transmission (U) of Wood or Metal Construction Flat Roofs and Ceilings

Example—K 4



Construction (Heat flow up)	Resistance (R)
1. Outside surface (15 mph wind)	0.17
2. Built-up roofing, 3/8 in.	0.55
3. Roof insulation (C = 0.72)	1.59
4. Wood deck (1 in.)	0.98
5. Air space	0.85
6. Gypsum wall board (3/8 in.)	0.52
7. Acoustical tile (1/2 in.)—glued	1.19
8. Inside surface (still air)	0.61
Total resistance	6.84
$U = 1/R = 1/6.84$	0.17

Example of Substitution

Replace item 4 with 2 in. wood deck (exposed to inside) and omit items 5, 6, and 7.

Total resistance	6.84
Deduct 4. Wood deck (1 in.)	0.98
5. Air space	0.85
6. Gypsum wall board (3/8 in.)	0.52
7. Acoustical tile (1/2 in.) glued	1.19
3.54	
Difference	2.60
Add 4. Wood deck (2 in.)	2.03
Total resistance	4.55
$U = 1/R = 1/4.55 =$	0.22

V. QUIEBRASOLES

La cubierta del edificio desempeña las funciones de un FILTRO entre las condiciones ambientales internas y externas. Para detener eficientemente la radiación solar fuera del edificio, en nuestro caso, es necesario diseñar las fachadas del mismo utilizando el recurso efectivo de QUIEBRASOLES. Dicho recurso de ENFRIAMIENTO PASIVO, diseñado de acuerdo a los cambios de estaciones que surgen como consecuencia del recorrido del Sol, permite lograr una mayor protección solar. Es importante recordar el hecho de que la economía del diseño del edificio depende en gran medida de la planificación y colocación corecta de los quiebrasoles.

El diseño de los quiebrasoles pertenece a la solución plástica del edificio, añadiendo un nuevo elemento al vocabulario arquitectónico. En adición, éste debe permitir una adecuada VENTILACION e ILUMINACION NATURAL a los espacios interiores. Su carácter es representativo de función, ya que los patrones que dominan su ejecución son básicamente respuesta de sus uso específico. Debido a que su eficiencia está subordinada al Sol, cuyo ángulo según la orientación y localización delimita unos patrones específicamente regionales, por tal motivo no existe justificación alguna para diseñar quiebrasoles idénticos en apariencia y función para las cuatro fachadas del edificio, aunque usualmente ocurre por razones puramente FORMALES.

A. Tipos de Quiebrasoles

Los quiebrasoles deben colocarse aislados de la fachada del edificio conectados a su estructura sólo en los puntos necesarios. Esto permite la circulación del aire entre ellos y la fachada para que el calor que irradian se disperse rápi-

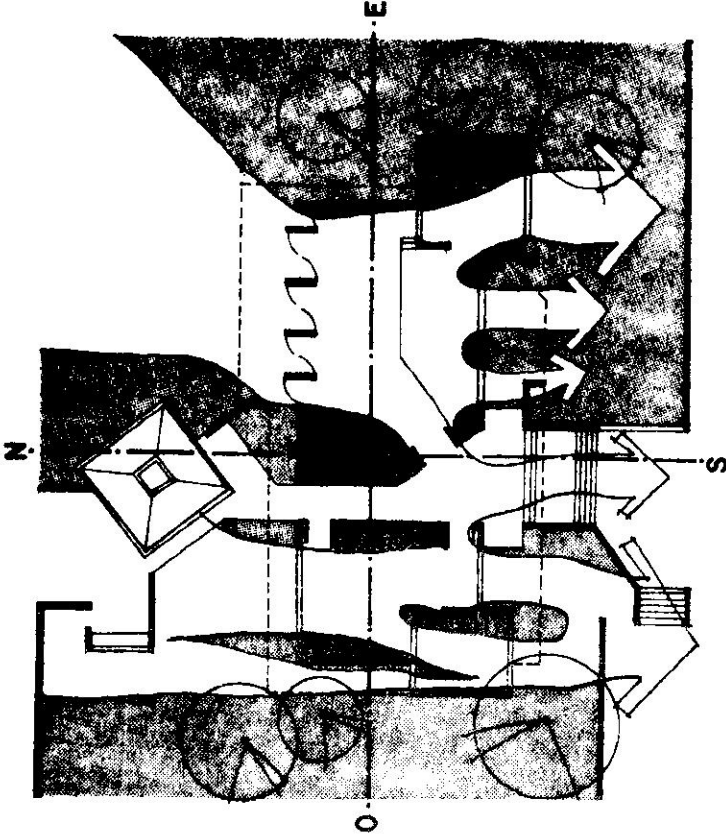


FIG. 7.13

castigo solar durante todo el año. De tener protección solar ya sea mediante vegetación, aleros, quiebrasoles, etc., entonces podría considerarse su uso.

- Evitar al máximo el uso de ventanas de cristales en los lados este, oeste y sur a menos que estén bajo sombra, lo que es muy difícil dado a la inclinación del Sol en esa posición.
- Los elementos tales como tela metálica, persianas, celosías y rejillas son útiles para permitir el flujo de aire y protección solar, siempre que éstos sean operables.
- La distinción tradicional entre paredes y aberturas debe desaparecer.

- **HORIZONTALES**- Estos funcionan mejor en las fachadas norte y sur del edificio.
- **VERTICALES** - Estos funcionan mejor en las fachadas este y oeste del edificio.
- **COMBINADO** - Debido a su alto porcentaje de sombra, se recomienda para climas calurosos.

Al igual que los antes señalados, el uso de balcones, terrazas y vegetación como recurso de

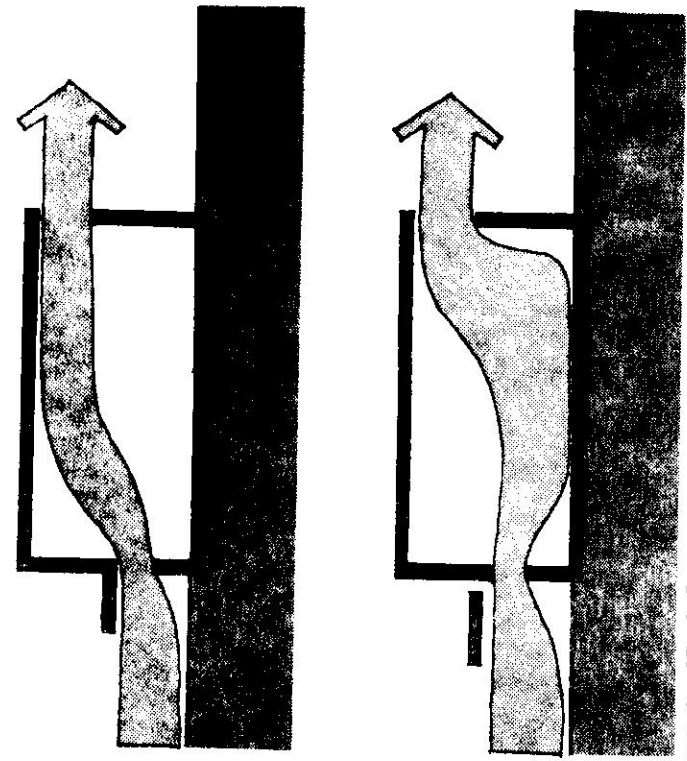


FIG. 7.14

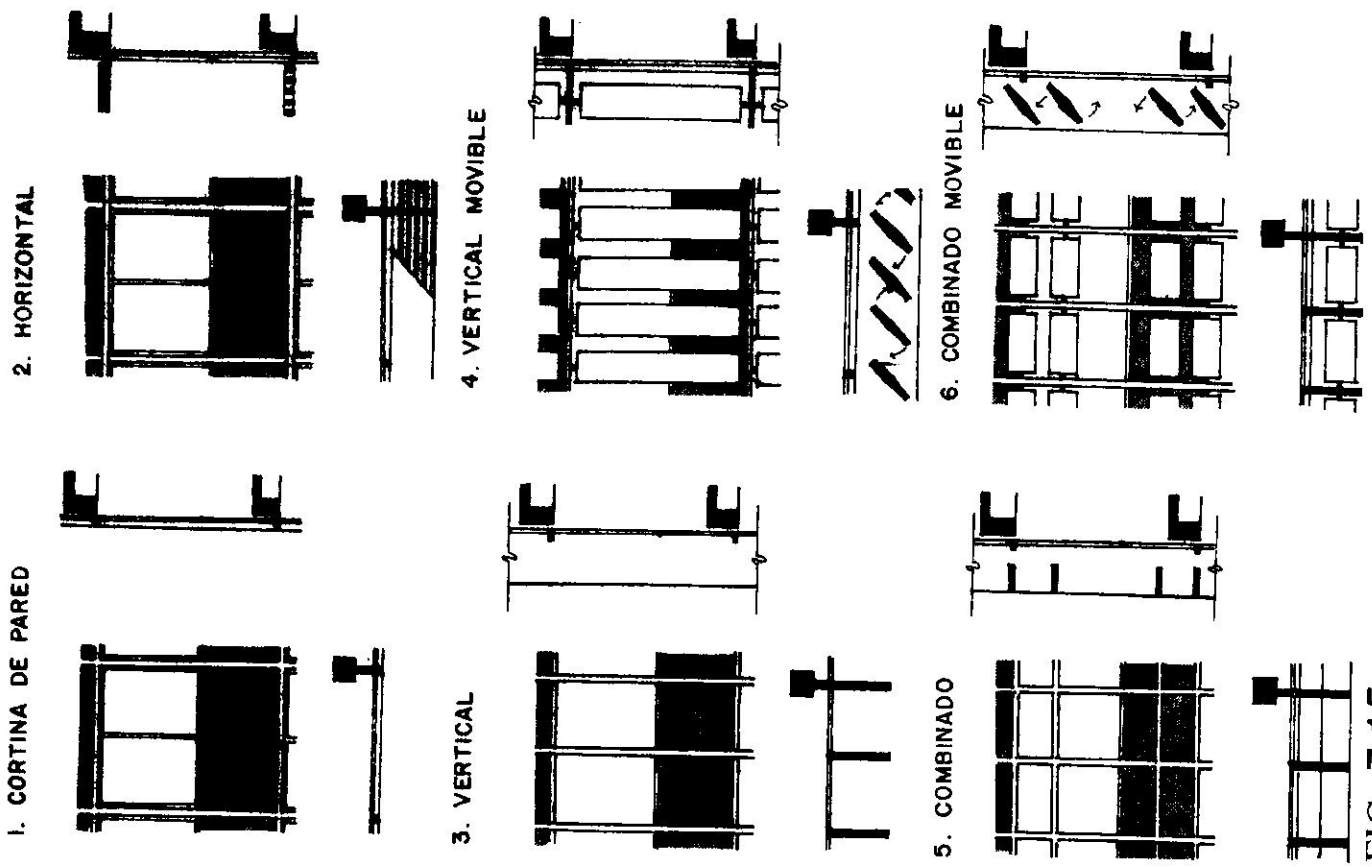


FIG. 7.15

1. CORTINA DE PARED

2. HORIZONTAL

3. VERTICAL

4. VERTICAL MOVIBLE

5. COMBINADO

6. COMBINADO MOVIBLE

quiebrasol debe considerar el libre flujo de las brisas al interior de los espacios que utilicen ventilación cruzada. La utilización de QUIEBRASOL QUE SE OPEREN manual o mecánicamente, son mucho más eficientes, aunque su dificultad de mantenimiento tiende a deteriorarlos rápidamente.

B. Teoría

La razón primordial por la que discutimos en el CAPITULO 6 del Sol en detalle, fue con la intención de ofrecer la información necesaria para comprender mejor la utilización de la cubierta del edificio como protección solar, en este caso mediante quiebrasoles. Por tal motivo es pertinente añadir algunos conocimientos adicionales sobre la relación entre el SOL y el planeta TIERRA antes de discutir a fondo la metodología de análisis y diseño envuelta.

El ángulo que se forma entre la línea Sol-Tierra y el plano ecuatorial se conoce como la DECLINACION solar. Debido a que el plano ecuatorial de la Tierra está inclinado 23.45° con respecto al plano orbital, la declinación solar variará en todo el año, según se muestra en la TABLA 7.8. Esta variación es responsable de los cambios de estaciones, con sus cambiantes períodos de luz y sombra.

A medida que la Tierra cumple con su órbita alrededor del Sol, su VELOCIDAD varía dependiendo de la distancia de éste con respecto al Sol. Como consecuencia surgen una serie de variaciones, conocidas como la ECUACION DE TIEMPO (TABLA 7.8), entre la hora del RELOJ (uniforme) y la HORA SOLAR APARENTE, el cual puede ser determinado por un reloj solar. Su valor es positivo (+) cuando el segundo sobrepasa al primero, y negativo (-) cuando sucede lo contrario.

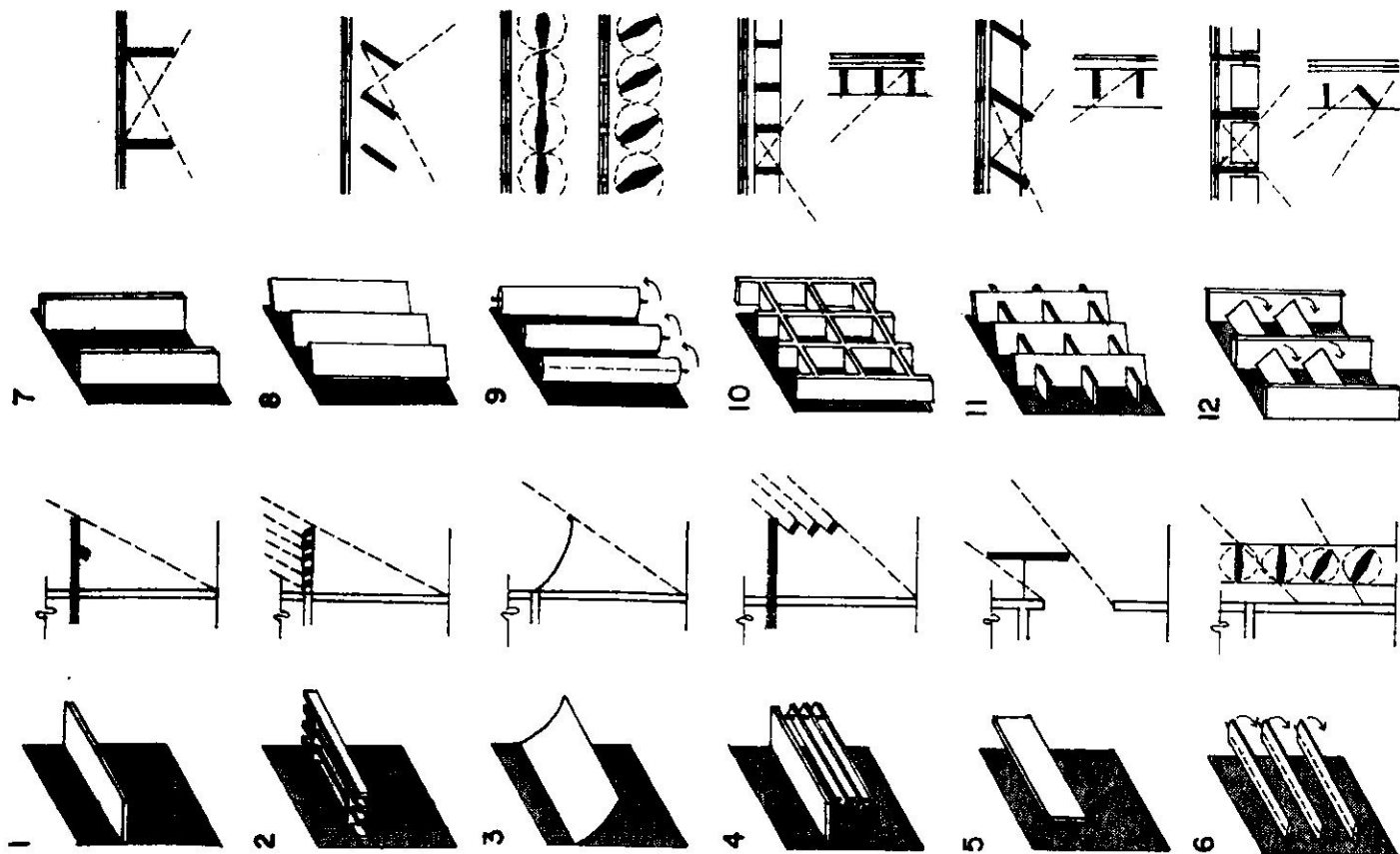


FIG. 7.16

TAB. 7.8

Ecuación de Tiempo y Declinación Solar para los meses del año (1976).

MES	ET	DEC.
Enero	-11.2	-19.9
Febrero	-13.9	-10.6
Marzo	- 7.5	0.0
Abril	1.1	11.9
Mayo	3.3	20.3
Junio	- 1.4	23.45
Julio	- 6.2	20.5
Agosto	- 2.4	12.1
Septiembre	7.5	0.5
Octubre	-15.4	-10.7
Noviembre	13.8	-19.9
Diciembre	1.6	23.45

Para fines de determinar el TIEMPO, el círculo imaginario que dá la vuelta completa a la Tierra por el Ecuador, se ha dividido en 24 segmentos de 15° cada uno, llamado ZONAS DE TIEMPO. Debido a que la Tierra demora 24 horas en cumplir su rotación uniforme de 360°, cada hora se toma 15° de longitud o su equivalente de 4 minutos por grado. Como referencia inicial se partió del MERIDIANO (0° de longitud) situado en el Antiguo Observatorio Real en Greenwich, Inglaterra. El tiempo solar también puede expresarse en términos de la HORA ANGLIO (H), que es igual al número de minutos desde el mediodía solar dividido por 4 para convertirlo en grados.

(1) $H=25$ (minutos desde el mediodía solar).

Para poder diseñar quiebrasoles correctamente, debemos determinar antes que nada la POSICION DEL SOL con respecto a nuestra latitud en particular.

C. Posición del Sol

La posición del Sol en cualquier lugar se define por dos ángulos: La ALTITUD y el ACIMUTO solar (Ver FIGURA 7.17). La altitud solar (B) es el ángulo entre el plano vertical del Sol y el plano horizontal del horizonte. El acimuto solar (A) es la medida del ángulo horizontal medido desde el sur, para fines de nuestra explicación. Para calcular dichos ángulos necesitamos conocer: La LATITUD (L) del local, la DECLINACION SOLAR (D)

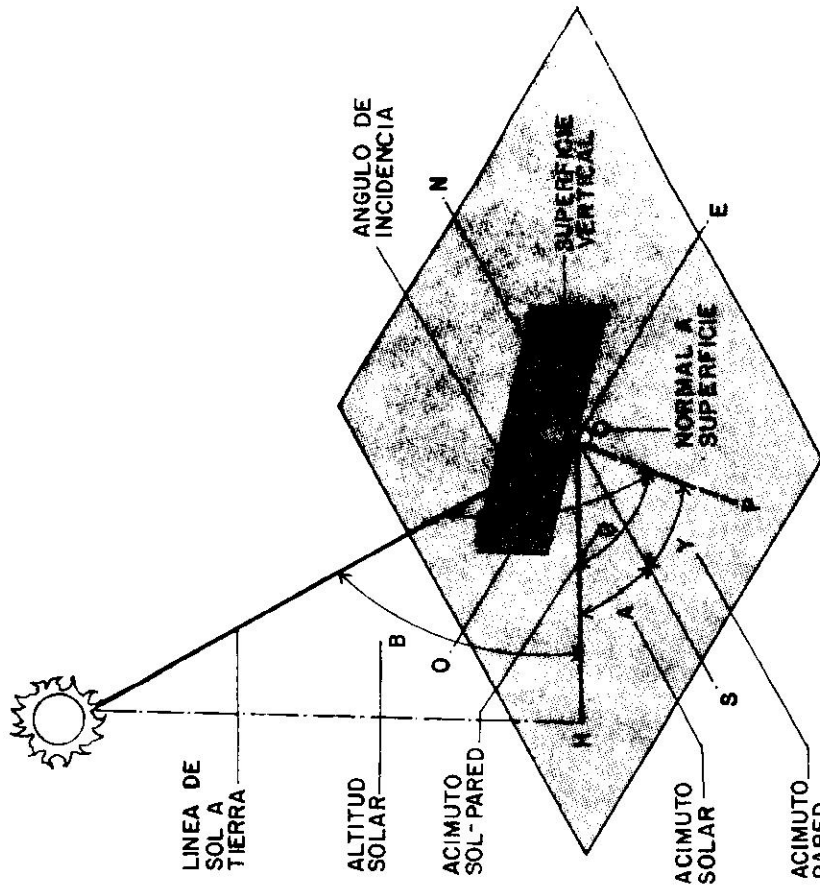


FIG. 7.17

según aparece en la TABLA 7.8, y la HORA ANGULO (H). Una vez conocidas estas variables, podemos conseguir la altitud y acimuto solar mediante las siguientes ecuaciones trigonométricas:

$$(2) \quad \text{sen}(B) = \text{cos}L \text{cos}D \text{cosh} + \text{sen}L \text{sen}D$$

$$(3) \quad \text{sen}(A) = \text{cos}D \text{sen}H / \text{cos}B$$

Por ejemplo, siguiendo este procedimiento podemos determinar la altitud solar (B) y el acimuto (A) para Puerto Rico (latitud 18.5°N) a las 4:00 pm del 21 de diciembre (solsticio de invierno). Mediante la ecuación (1); $H = .25(240)$ ó 60 . De la TABLA 7.8 conseguimos la declinación de -23.45° correspondiente al 21 de diciembre. Luego substituyendo valores en la ecuación (2); $\text{sen}(B) = .308$ ó $(B) = 18^\circ$. Finalmente, con la ecuación (3) $\text{sen}(A) = .834$ ó $(A) = 56.5^\circ \text{SO}$.

Existe, en adición a los anteriormente señalados, otro ángulo muy importante para nosotros, conocido como el ANGULO DE INCIDENCIA (θ). Este se define como el ángulo que se forma entre los rayos solares y la línea perpendicular (normal) a la superficie (FIGURA 7.17). Según se ilustra en la FIGURA 7.18, utiliznado otra ecuación trigonométrica y otro ángulo HOP(G), ACIMUTO SOL-PARED,

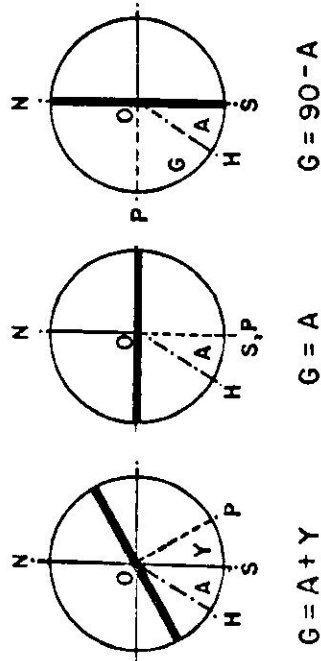


FIG. 7.18

podemos conseguir el ángulo de incidencia. El acimuto Sol-pared es el ángulo que se forma en el plano horizontal entre la línea del acimuto solar (OH), y el ACIMUTO DE LA PARED (OP) "Y", que a su vez es la línea perpendicular a la pared. Para una superficie o pared VERTICAL, el ángulo de incidencia es igual a :

$$(4) \quad \text{cos}\theta_v = \text{cos}B \text{cos}G$$

Los valores correspondientes para el acimuto y la altitud solar pueden obtenerse directamente de tablas (Ver APENDICE V) o mediante el uso de la CARTA SOLAR (Ver FIGURA 7.19). Debido a que

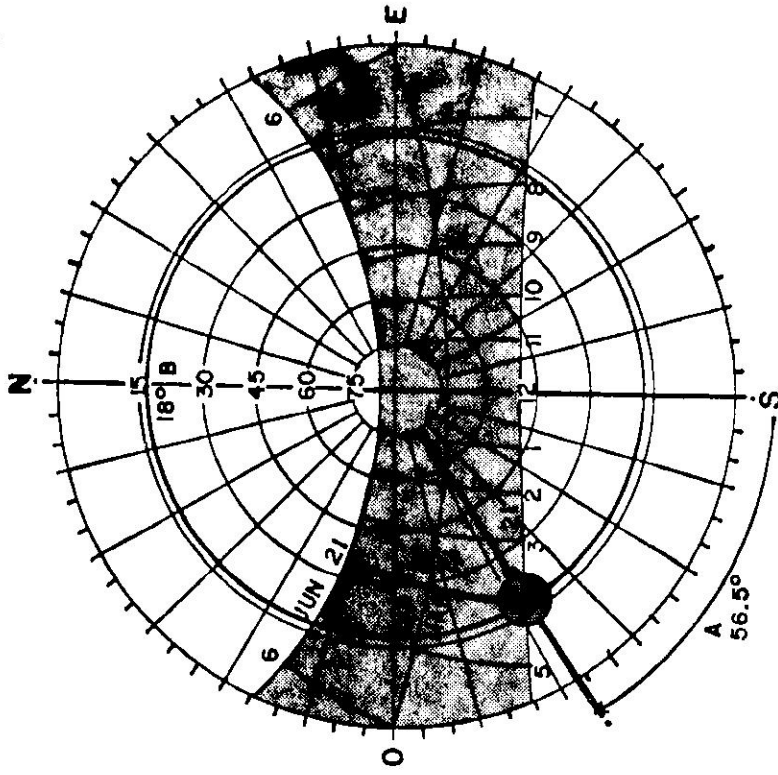


FIG. 7.19

el recorrido celestial del Sol varía de acuerdo a la localización específica en la Tierra, es necesario obtener una Carta Solar representativa de cada latitud. Si utilizamos la FIGURA 7.16, por ejemplo, podemos determinar el acimuto y altitud solar para las 4:00 pm del 21 de diciembre Puerto Rico.

D. Métodos

Para conseguir una protección solar apropiada para las edificaciones en el TROPICO, es sumamente importante estar consciente de las técnicas de proveer sombra sobre ventanas y cristales.

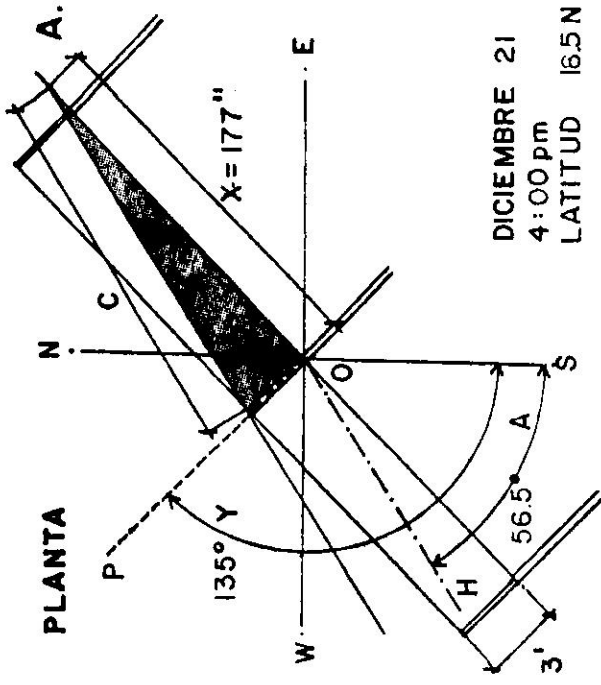
1. gráfico

Existe una relación geométrica entre el Sol y la sombra que deben ser estudiadas. Las proyecciones de sombra VERTICAL y HORIZONTAL pueden obtenerse de un quiebrasol fijo a una pared con un acimuto específico y cierta hora y mes del año.

Para conseguir la proyección de sombra horizontal (X) de cualquier largo de quiebrasol VERTICAL, con una pared orientada, se debe trazar el acimuto solar por el punto (A) hasta que ésta encuentre la ventana, según se ilustra en la FIGURA 7.20A. En este caso, la dimensión (X) representa la distancia máxima para obtener protección solar entre los quiebrasoles verticales.

Para un quiebrasol HORIZONTAL, sobreponga la distancia (C) obtenida del ejemplo superior como el largo del quiebrasol según aparece en la FIGURA 7.20B. Dibuje la línea de altitud solar pasando por el punto (D) hasta encontrarse con la ventana o panel de cristal.

Uniendo los puntos (A) y (P) conseguimos la sombra, y finalmente la dimensión (Z) obtenida representa la proyección de sombra vertical de dicho quiebrasol.



SECCION

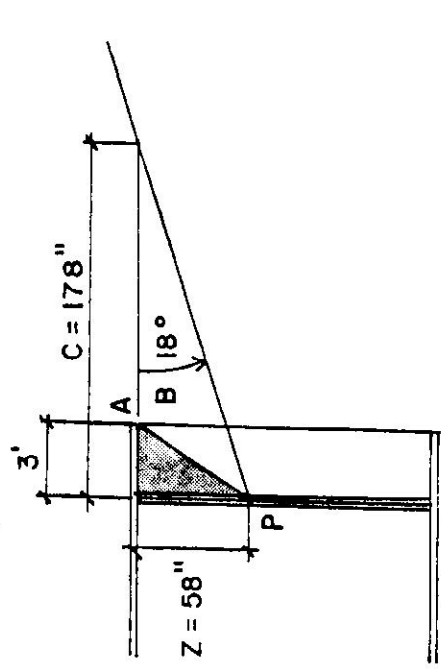


FIG. 7.20

2. analítico

Utilizando este método se puede simplificar el proceso largo y tedioso que requiere el método anterior. Siguiendo el mismo ejemplo anterior, las proyecciones de sombra (X) y (Z) de los quebrasoles vertical y horizontal respectivamente, finalmente culmina en triángulos rectángulos, como puede apreciarse en la FIGURA 7.21. Con una simple relación geométrica entre las proyecciones y sus ángulos correspondientes, podemos deducir una ecuación trigonométrica expresada en términos de:

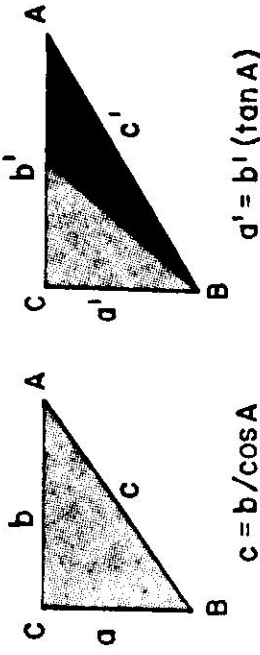


FIG. 7.21

$$(5) X = D(\tan G)$$

$$(6) Z = D(\tan B / \cos G)$$

donde (D) representa el largo correspondiente de cada quebrasol; (G) el acimuto Sol-pared; y (B) la altitud solar. Sustituyendo valores en cada ecuación, podemos obtener los mismos resultados que los ejemplos anteriores.

$$X = 3(\tan 78.5); X = 14.75 \text{ pies } \text{ ó } 177 \text{ pulgadas.}$$

$$Z = 3(\tan 18 / \cos 78.5); Z = 4.9 \text{ pies } \text{ ó } 58(\text{pulg.})$$

E. La Tabla Calculadora

Los quebrasoles varían en tipos y dimensiones de acuerdo a la orientación del edificio. Antes de decidir el tipo de quebrasol a utilizarse, se debe calcular el período de tiempo durante el cual el edificio necesita mayor protección solar.

Con la ayuda de una COMPUTADORA programada para tales fines, según lo discutido en las secciones C y D, se desarrolló una TABLA CALCULADORA para QUEBRASOLES de la cual podemos obtener varias reglas generales. Debido a que la protección del Sol es siempre necesaria en los trópicos, este MODELO de enfriamiento pasivo (en forma de tablas) provee un método rápido, gráfico y eficiente para determinar, dimensionar y diseñar las proyecciones verticales y horizontales de un quebrasol fijo, para la latitud 18.5°N (Puerto Rico).

Como se demuestra en la TABLA 7.9 y APENDICE VI, cada tabla del modelo posee ciertas variables que merecen ser mencionadas, tales como:

el MES del año (título principal)

el TIPO de quebrasol ha ser diseñado (tanto vertical como horizontal).

el TIEMPO SOLAR a.m. o p.m. (en las columnas horizontales inferior y superior).

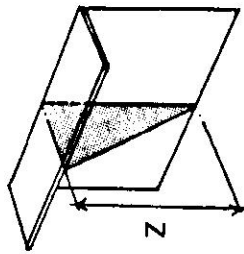
la ORIENTACION DE LA FACHADA en grados desde el sur (columnas izquierda y derecha), según aparece en la FIGURA 7.22.

De cada tabla podemos conseguir, de la correspondiente columna, un número o FACTOR por el cual se multiplica para obtener la proyección de sombra (X) y/o (Z) en pies arrojada por cada unidad

queibrasol debe proyectarse 1 pies, y para proteger 6 pies éste debe proyectarse 6.0/1.6 ó 3.75 pies aproximadamente. Por lo tanto la correcta proyección del queibrasol debe ser de 3.75 pies menos 1 pie por estar recedido el cristal de la pared, o 2.75 pies exactamente.

La proyección de sombra producida por un queibrasol horizontal de igual longitud que el ancho de la ventana, tiene la forma de un paralelogramo. Aunque la sombra se extiende hasta el punto más bajo de la ventana, siempre quedará una porción triangular de luz en el lado derecho. (Ver FIGURA 7.23). Para cubrir la misma debemos extender un queibrasol vertical al lado derecho de la ventana. La extensión de éste se determina de la siguiente manera:

HORIZONTAL



VERTICAL

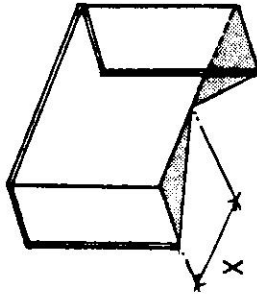


FIG. 7.23

La proyección de sombra horizontal (X) para el ejemplo anterior, utilizando la tabla VERTICAL, para las 4:00 pm es 4.86. La proyección (X) para 3.75 pies de queibrasol es equivalente a 3.75 x 4.86 ó 18.2 pies hacia la izquierda. Conjuntamente, se puede añadir otro queibrasol vertical a lo largo de la dimensión horizontal obtenida.

2. conclusiones

El modelo presentado por la TABLA CALCULADORA para QUIEBRASOLES, provee un método gráfico, preciso y ligero para calcular la proyección de un queibrasol vertical u horizontal, tanto para garantizar la sombra de una ventana en particular como para determinar la sombra que arroja el mismo en condiciones existentes. Es preciso señalar que en la medida en que nos mantengamos próximos a los valores obtenidos en la tabla es mucho más ventajoso, ya que esto garantizaría una mayor interceptación solar y al mismo tiempo de proveer un máximo de iluminación natural indirecta a los espacios interiores.

Aunque solamente presentamos la tabla correspondiente al mes de diciembre, la TABLA CALCULADORA puede ser programada y adaptada para representar la cantidad y efectividad del queibrasol para cualquier mes y latitud en particular. La economía del mismo radicaré en la medida en que éste se comporte eficientemente en la cubierta del edificio. Debido a que las mismas características de sombras pueden lograrse mediante el diseño de varios queibrasoles distintos, existirán muchas soluciones técnicamente correctas para cada situación. El escoger entre ellas es la tarea principal del diseñador, y es precisamente aquí donde EL DOMINIO DE LA CREATIVIDAD DEL DISEÑO COMIENZA.

VI. PROTECCION SOLAR DE CRISTALES

El efecto de protección solar para cristales depende de varios factores:

La CAPACIDAD REFLECTIVA a la radiación solar del material, así como su COLOR.

La LOCALIZACIÓN de la protección solar. Las instalaciones para detener el sol colocadas por dentro del cristal de las ventanas, como las persianas venecianas, no son una solución efectiva pues el calor que irradian queda atrapado en el interior del espacio. (Ver FIGURA 7.24).

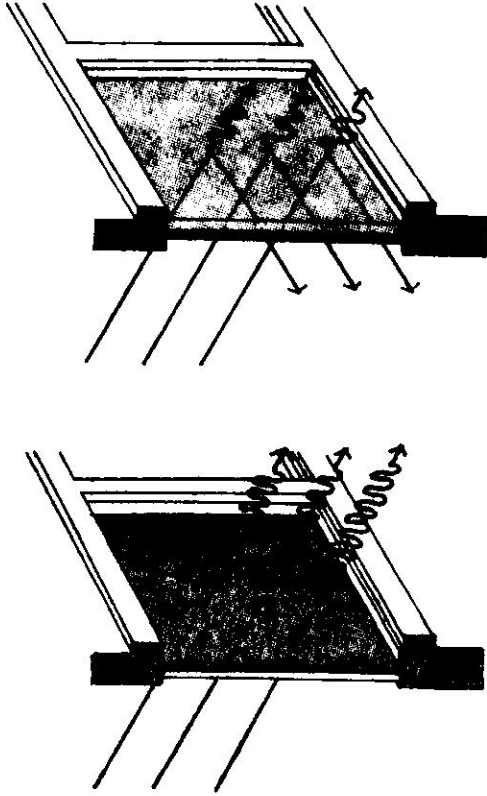


FIG. 7.24

La EFECTIVIDAD DEL METODO para proveer sombra o protección solar, según su "Coeficiente de Sombra". El índice inicial es de 1.00 para el cristal común sin protección solar.

Utilizando distintos TIPOS DE CRISTAL para distintas orientaciones es un método de control solar. Otro método utilizado para proteger el cristal en las orientaciones este y oeste, se logra orientando el cristal o ventana hacia el norte (Ver FIGURA 7.25). Esto permite que la ventana quede protegida de los rayos solares directos y a la misma vez garantiza la utilización del

efecto lumínico de la radiación indirecta que dá sobre la superficie adyacente. De igual forma garantiza la ventilación y visuales en estas fachadas, para cuando sea necesario.

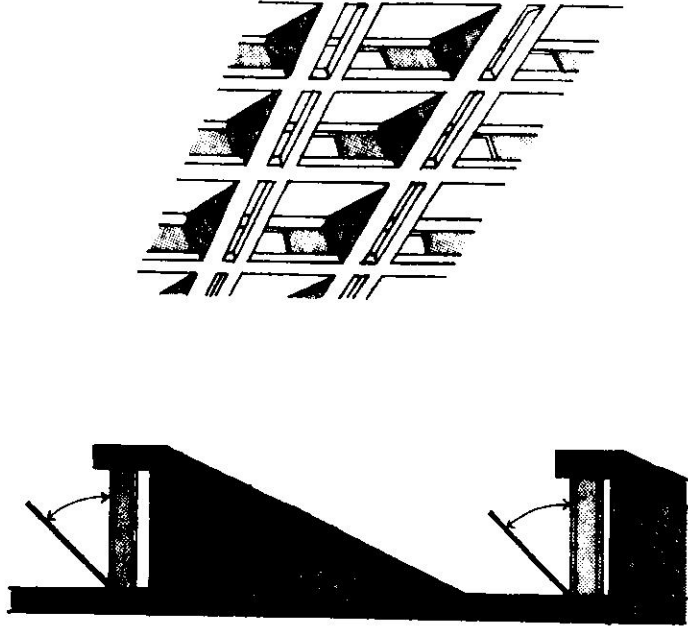
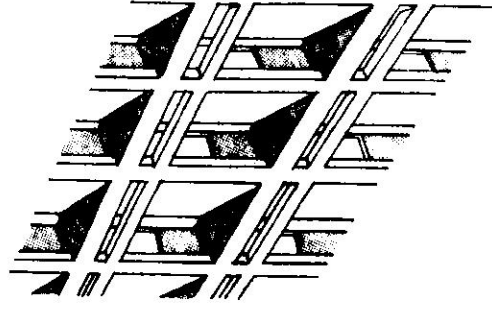


FIG. 7.25



8. VENTILACION

I . VENTILACION NATURAL	87
A. Orientación de la Entrada	88
B. Tipo y Tamaño de la Abertura	92
C. Criterios Adicionales	96
II . VENTILACION INDUCIDA	98

En los climas cálidos y húmedos donde la evaporación es un tanto difícil, LA VENTILACION Y LA SOMBRA son los medios naturales que proporcionan comodidad a los usuarios en el interior de los edificios. La carta bioclimática demuestra claramente como las brisas amplían la zona de confort en las altas temperaturas, debido al efecto refrescante producido por la evaporación de la humedad de la piel (Vea FIGURAS 5.5 y 5.6, CAPITULO 5). Las tres principales VARIABLES que afectan el confort humano son: La TEMPERATURA, la HUMEDAD y el MOVIMIENTO DEL AIRE.

Las características del FLUJO DEL AIRE nos permite entender mejor su aplicación a la ventilación natural inducida del espacio. El aire se mueve principalmente debido a dos fenómenos naturales. Primero, por la diferencia en presión y segundo, por la diferencia en temperatura. (Ver FIGURA 8.1). El aire fluye de re-

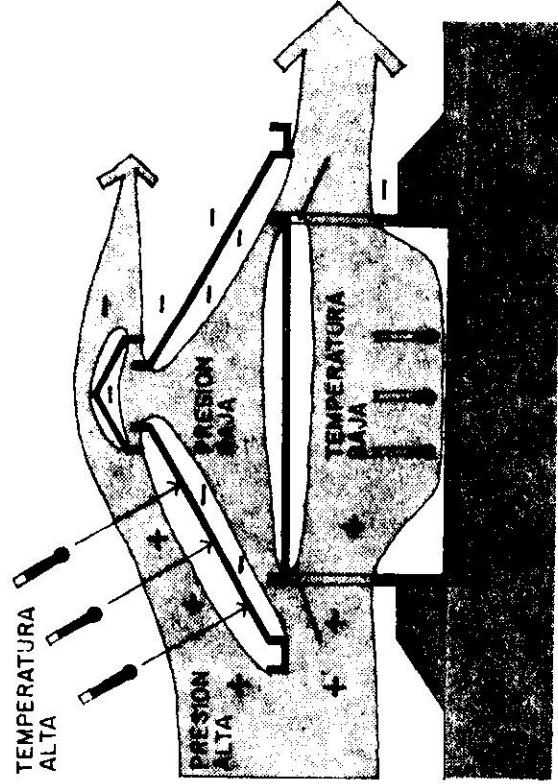


FIG. 8.1

giones de alta presión a regiones de baja presión. De igual forma el aire caliente al ser menos denso tiende a subir, y por el contrario, el aire frío tiende a bajar.

Los dos METODOS NATURALES DE VENTILACION con mayor potencial de control de confort en los espacios interiores y aplicables a nuestro clima cálido y húmedo, son: La ventilación natural y la ventilación inducida.

I . VENTILACION NATURAL

Nuestro principal recurso de enfriamiento natural es la VENTILACION NATURAL. Esto se debe a las continuas brisas provenientes del este noreste (ENE) en la costa norte (vientos alisios), y del noreste en la costa sur. Igualmente se debe a los altos niveles de humedad relativa (más del 20%) que registramos.

Para poder aplicar los sistemas de ventilación natural es recomendable ilustrar y comentar varios PRINCIPIOS BASICOS: (Ver FIGURA 8.2)

- El aire al tener inercia, se mueve en una misma dirección hasta encontrarse con un obstáculo que le cambie su curso inicial.
- Cuando ocurre una colisión se produce una ZONA DE ALTA PRESION (+) en la región frontal que recibió el impacto, causado por la compresión del aire. En la región posterior del obstáculo se produce una zona de baja presión (-). La región que queda entre la parte posterior del obstáculo y el punto donde la masa de aire recobra su curso inicial, se llama ZONA DE CALMA, (región de baja presión donde el aire casi no se mueve y permanece tranquilo por es-

Existen dos (2) FACTORES PRINCIPALES que determinan el flujo del aire en los espacios interiores, a saber: (A) La orientación de la entrada y (B) El tipo y tamaño de entrada o abertura.

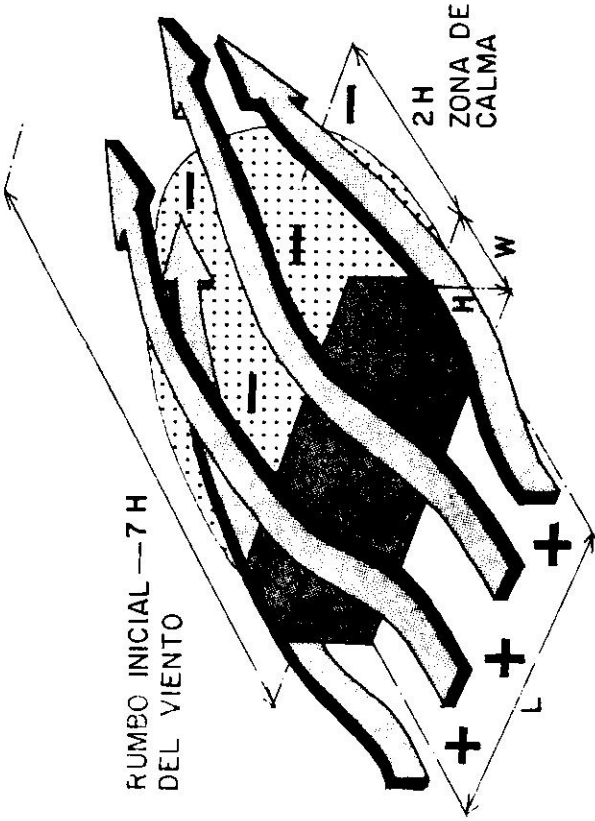


FIG. 8.2

pacio de una distancia aproximada de dos (2) veces la altura del edificio). Allí se forman corrientes que reversan su dirección hacia el edificio y otras que se alejan de él recorriendo su velocidad inicial a una distancia aproximadamente de siete (7) veces la altura del edificio.

- La trayectoria que sigue la masa de aire al chocar con el obstáculo se conoce como "PATRÓN DE FLUJO".
- Debido a que el aire fluye de alta a baja presión, las aberturas de ENTRADA del viento se colocan en la región de alta presión y las de SALIDA en regiones de baja presión. (Ver FIGURA 8.3)

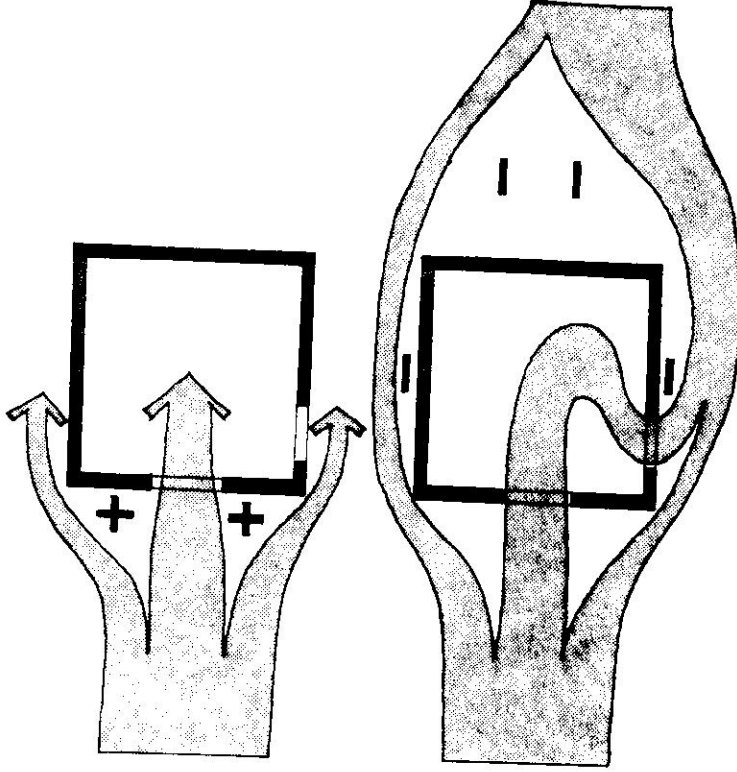


FIG. 8.3

A. Orientación de la Entrada

La orientación de la abertura desempeña un papel muy importante en la distribución del movimiento del aire por el espacio. La corriente de aire debe dirigirse hacia las zonas de trabajo cubriendo las personas en toda su altura (de ser posible). Además es conveniente tomar en cuenta que:

1. Para espacios con ventanas en paredes OPUESTAS:

- Para alcanzar un máximo provecho de la ventilación en una zona de trabajo normal, la altura del (antepecho de ventana) debe estar a 0.9 m sobre el piso. (Ver FIGURA 8.4)

ALTURA (m) ANTEPECHO DE VENTANA					
	0.5	0.9	1.2	1.5	
1.2	21.3	23.2	24.3	17.3	
0.9	22.2	25.5	21.2	14.1	
0.5	26.3	23.7	17.8	13.7	

FIG. 8.4

- La altura del (antepecho de la ventana) debe mantenerse cerca del 85% de la altura del plano donde se desee máxima ventilación.
- El patrón de FLUJO INFERNO está básicamente gobernado por la localización de la ENTRADA y no por el cambio de posición de la SALIDA.
- Las aberturas de entrada dispuestas simétricamente en la pared, obliga a que el aire entre en forma recta al espacio, debido a que

crea presiones iguales en ambos lados de la abertura (Ver FIGURA 8.5). De ser ASIMETRICA, el aire entra diagonalmente.

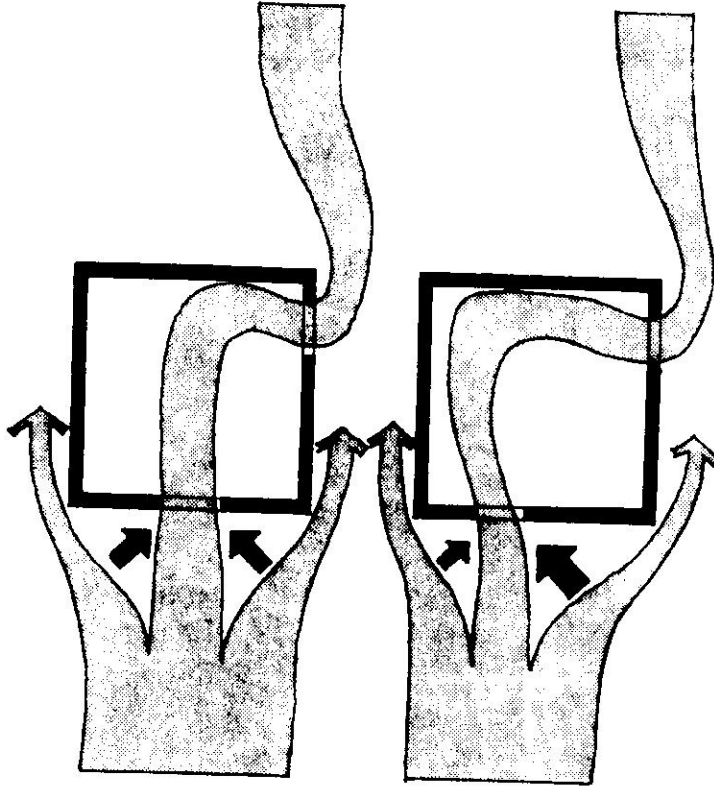


FIG. 8.5

- Como se aprecia en la TABLA 8.1, existe una diferencia en la velocidad del viento como consecuencia de la LOCALIZACION de la ventana a lo LARGO de la pared.
- 2. Para espacios con ventanas en paredes ADYACENTES:
- Si el viento incide perpendicularmente, el promedio de la velocidad del viento es más c

TAB. 8.1

LOCALIZACION DE LA VENTANA	ORIENTACION						
	0	15	30	45	60	75	90
	23.6	24.8	22.3	18.0	16.3	12.5	10.0
	25.8	23.3	22.2	17.8	16.7	12.8	8.3
	21.4	19.2	16.3	15.6	13.5	11.4	8.6
	22.8	26.7	25.7	24.9	20.7	11.7	8.9
	22.5	25.8	29.0	26.7	20.6	11.7	10.3

TAB. 8.2

LOCALIZACION DE LA VENTANA	ORIENTACION							
	0	15	30	45	60	75	90	105
	22.08	16.12	9.88	10.76	16.88	22.60	22.08	
	19.95	14.88	9.38	8.88	13.64	20.96	25.36	
	21.35	14.68	9.55	8.28	10.76	17.24	22.52	
	24.15	21.80	11.76	8.96	17.84	23.48	26.12	
	23.80	20.24	10.08	8.28	13.68	21.60	27.04	
	22.20	19.20	12.48	8.44	10.80	18.20	23.72	
	22.80	21.96	17.24	10.04	17.68	23.80	23.72	
	23.88	21.20	14.48	10.60	14.40	22.48	27.60	
	22.20	20.80	17.44	10.04	13.36	19.64	24.16	

menos independiente de la LOCALIZACION de las aberturas de entrada (Ver TABLA 8.2).

- La velocidad del viento en el interior es MÍNIMA cuando éste incide a 45° de las entradas. Por lo tanto no se aconseja proveer ventanas en paredes adyacentes cuando el edificio esté orientado a 45° con respecto a las brisas.

- Según se ilustra en la FIGURA 8.6, las aberturas de salida colocadas en direcciones no directamente opuestas cambian la dirección del flujo, disminuyendo su velocidad. Al colocar paredes internas debe hacerse de tal forma que queden paralelas a la dirección del viento.

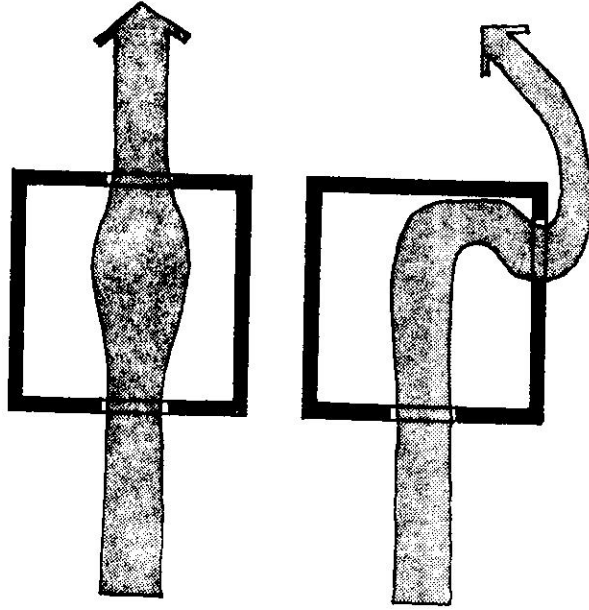


FIG. 8.6

- En la TABLA 8.3 se demuestra como las aberturas perpendiculares a la dirección de las brisas, recibe toda la fuerza de su velocidad, mientras que colocada a 45°, reduce la velocidad entre un 50% y un 66%. La correcta disposición de la vegetación alrededor del edificio y de los elementos arquitectónicos estratégicamente dispuestos permiten que, aun-que el edificio no esté orientado perpendicularmente a las brisas, se logre recoger y dirigir las brisas a los lugares donde se requieran.

TAB. 8.3

EFFECTO DE LA LOCALIZACION DE LA VENTANA Y DIRECCION DEL VIENTO EN LA VELOCIDAD PROMEDIO DEL AIRE (%)

DIRECCION DEL VIENTO	ANCHO DE LA VENTANA		
Perpendicular a la ventana	1/3	2/3	3/3
Oblicuo Entrada	13	13	16
Oblicuo Salida	12	15	23
	14	17	17

- Las aberturas de entrada deben colocarse un poco más bajo que las de salida para maximizar la ventilación cruzada a nivel de los espacios de uso. (Ver FIGURA 8.7).

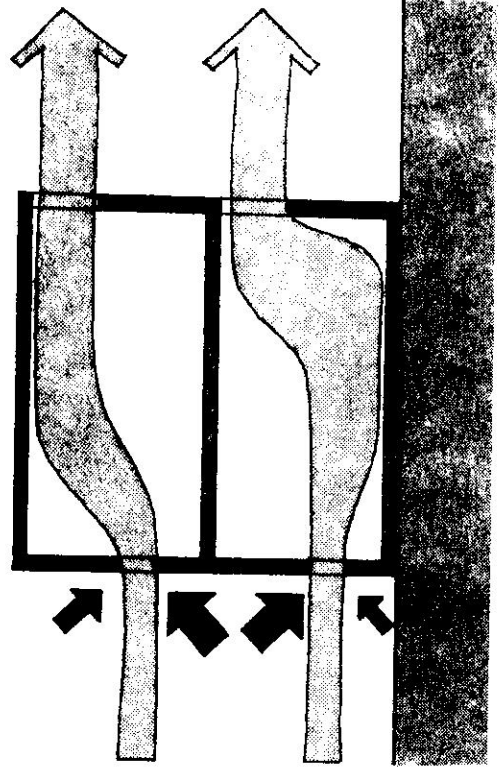


FIG. 8.7

B. Tipo y Tamaño de la Abertura

Para conseguir una ventilación cruzada efectiva el tamaño de las aberturas desempeña un papel muy importante.

1. Para espacios con ventanas en paredes OPUESTAS: (Estudio realizado en el "Central Building Research Institute, India en espacio de 3 m de altura aproximadamente). La razón entre el TAMAÑO de abertura, su LOCALIZACION y la resultante velocidad del flujo de aire están estrechamente ligadas. (Ver TABLA 8.4). El aumento en velocidad del flujo se logra mediante la correcta manipulación del alto y ancho de la abertura. (Ver FIGURA 8.8).

TAB. 8.4

EFFECTO DEL TAMAÑO DE LA VENTANA EN UN ESPACIO CON VENTILACION CRUZADA (% DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO EXTERIOR)

ENTRADA (ancho)	SALIDA (ancho)	VENTANAS EN PAREDES OPUESTAS		VENTANAS EN PAREDES ADYACENTES	
		VIENTO PERPEN.	OBLICUO	VIENTO PERPEN.	OBLICUO
1:3	1:3	35	42	45	37
1:3	2:3	39	40	39	40
2:3	1:3	34	43	51	36
2:3	2:3	37	51	51	36
1:3	3:3	44	44	51	45
3:3	1:3	32	41	50	37
2:3	3:3	35	59		
3:3	2:3	36	62		

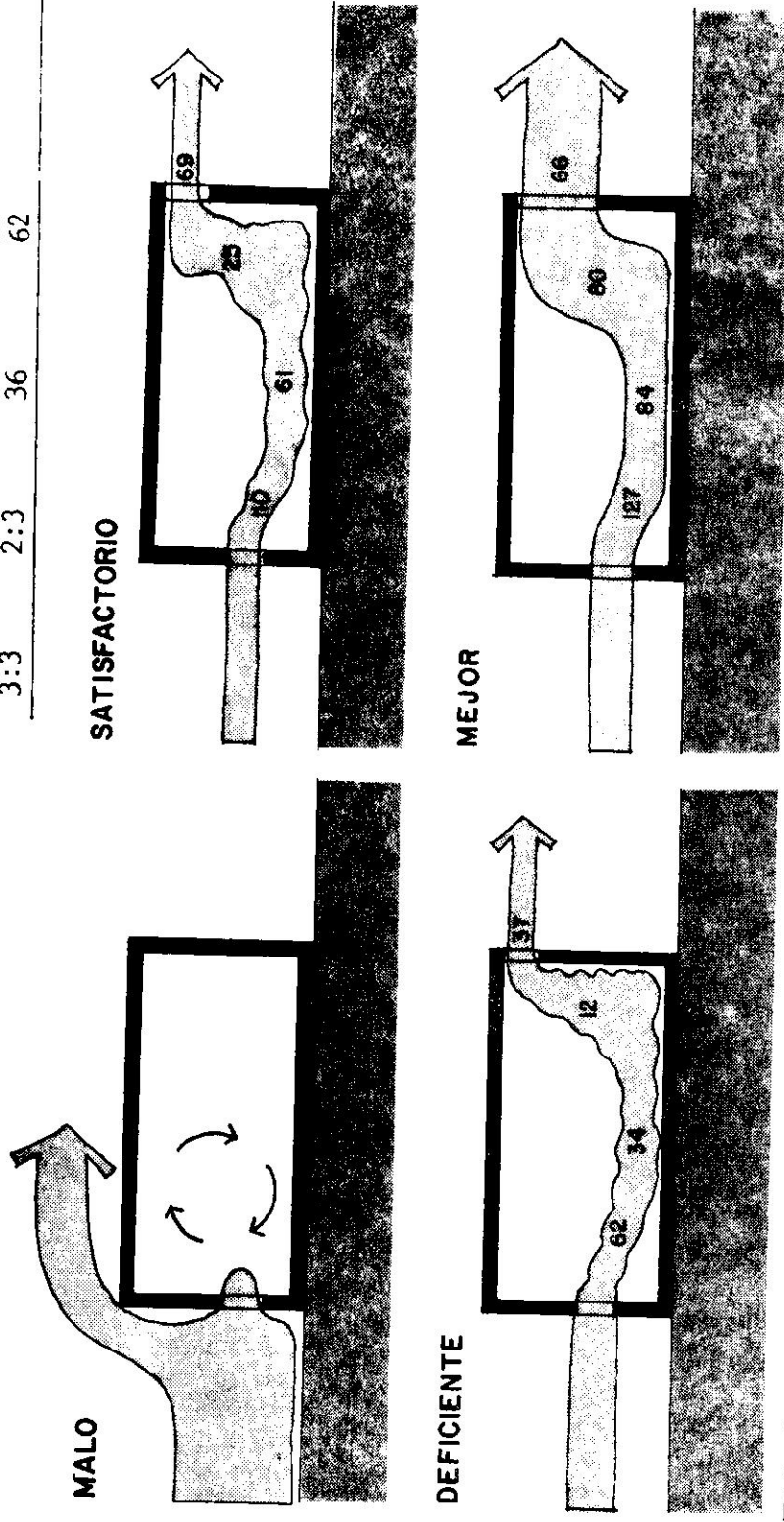


FIG. 8.8

- La velocidad máxima del flujo ocurre cuando las aberturas de entrada a la brisa son un 20% aproximadamente más pequeña que los de la salida, permitiendo que la brisa se acelere mediante el "EFECTO VENTURI". (Ver FIGURA 8.9)

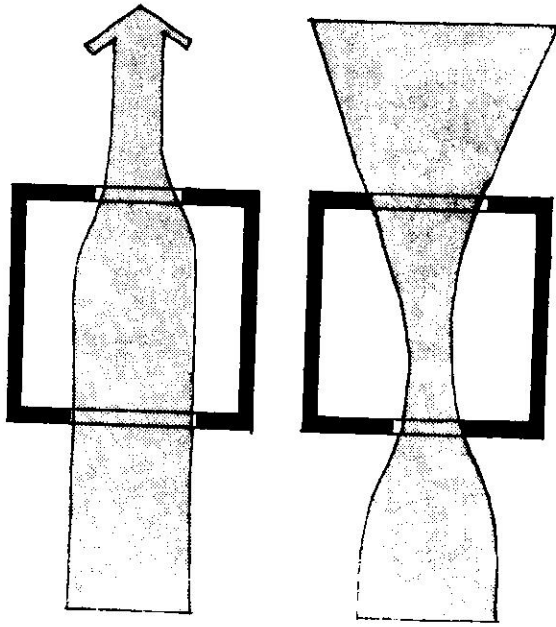


FIG. 8.9

- Si las aberturas de entrada y salida poseen dimensiones iguales, entonces la velocidad interna promedio aumenta significativamente al aumentar el ANCHO de las aberturas (Ver FIGURA 8.10). Es importante señalar que cualquier incremento en el ancho de la ventana mayor a 2/3 partes del ancho del espacio, no supera por mucho la ventilación interna.

- El promedio de velocidad del viento en el interior aumenta si aumentamos la ALTURA de las aberturas idénticas de entrada y salida (Ver TABLA 8.5). En dicha tabla

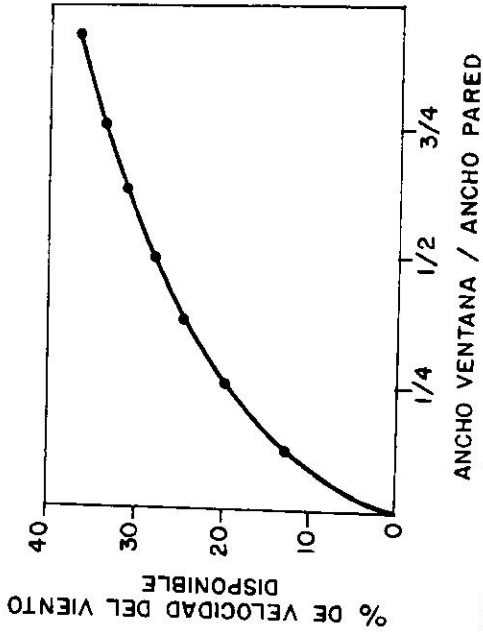


FIG. 8.10

AL- TURA - m	ANCHO VENTANA / ANCHO PARED										
	0.3	0.6	0.9	1.05	1.2	1.35	1.5	1.8			
0.6	16.0	22.3	23.8	21.8	22.4	24.4	22.2	21.44			
0.9	13.5	19.5	23.5	26.4	27.1	28.6	26.2	26.0			
1.2	7.7	16.8	24.7	26.3	26.1	30.8	26.7	28.0			
1.5	7.4	12.48	25.2	25.6	26.0	29.9	27.9	29.8			
1.8	7.7	11.8	15.7	18.5	23.2	27.6	27.9	29.4			
2.1	8.6	12.6	14.6	14.2	17.6	19.6	23.5	30.8			

TAB. 8.5

podemos observar que cualquier aumento en la altura de la ventana sobre 1.1 m, tiene un menor efecto en el movimiento del aire en la zona normalmente ocupada.

5. En la FIGURA 8.11, se puede observar que la ventilación interna aumenta si aumentamos el área de la ventana hasta un 25% del área del piso, por encima de esto el movimiento del aire es más o menos independiente del área de las aberturas.

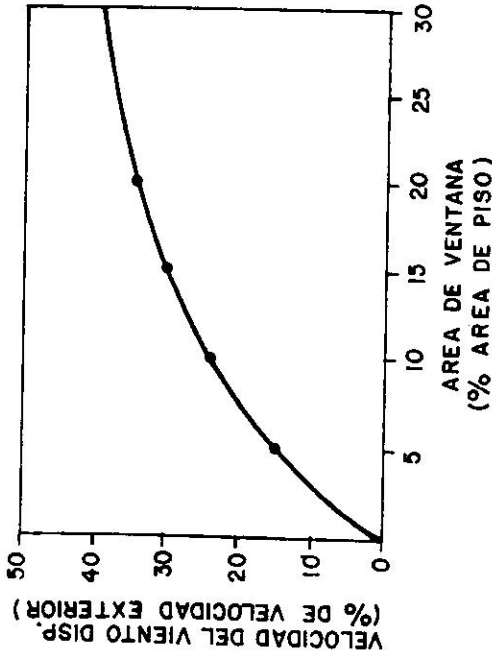


FIG. 8.11

6. Como se muestra en la FIGURA 8.12, la localización del aire en los puntos cercanos a las entradas y salidas son mayores que aquellos próximos a las paredes laterales.

7. Diferentes tipos de aberturas de entrada produce distintos patrones de flujo afectando la velocidad del mismo a través del espacio. (Ver FIGURA 8.13). La localización vertical de la entrada puede controlar tanto la velocidad y dirección del

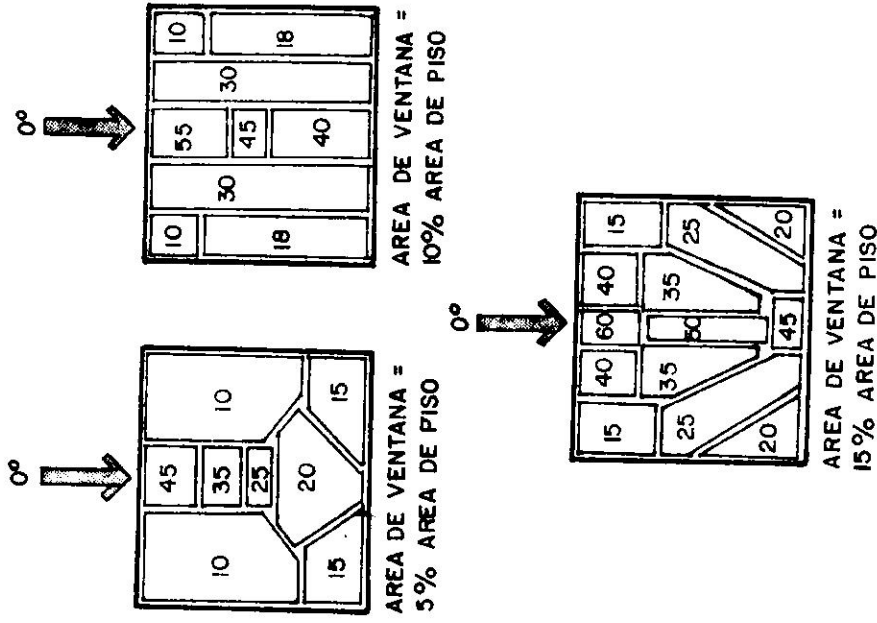


FIG. 8.12

flujo de aire. (Estudio realizado por Theo R. Holleman, en "Texas Engineering Experiment Station" para el 1951).

- ABERTURA SIMPLE (corrediza)- Este tipo de ventana debe ser localizada al nivel donde se desee el efecto.
- ABERTURA HORIZONTAL (giro horizontal)- Debe ser localizada por debajo del nivel donde se desee el efecto. El tipo de ce-

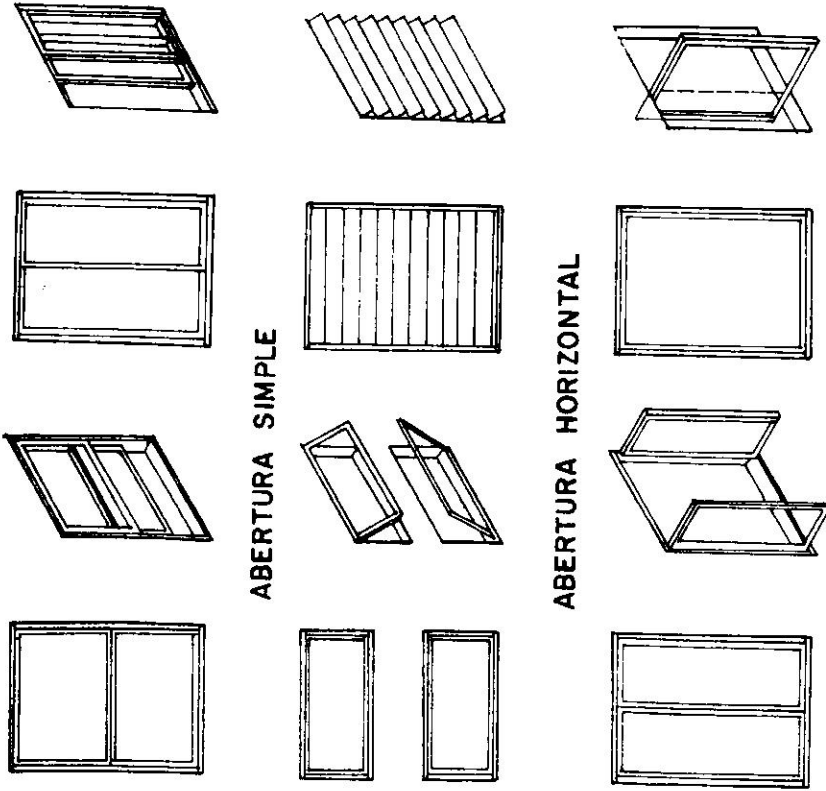


FIG. 8.13

losía produce un efecto laminar. Cual-
quier ángulo hacia arriba o hacia abajo no
debe exceder de 20°.

- **ABERTURA VERTICAL** (pivoteadas, plegadizas, etc.)- Controla el viento hacia la iz-
quierda o derecha, pero sin afectar el
flujo vertical del viento.

8. Los aleros deben separarse de la pared
para evitar que el vector de fuerza de
abajo domine y diriga el flujo del aire
fuera del área de uso. (Ver FIGURA 8.14).

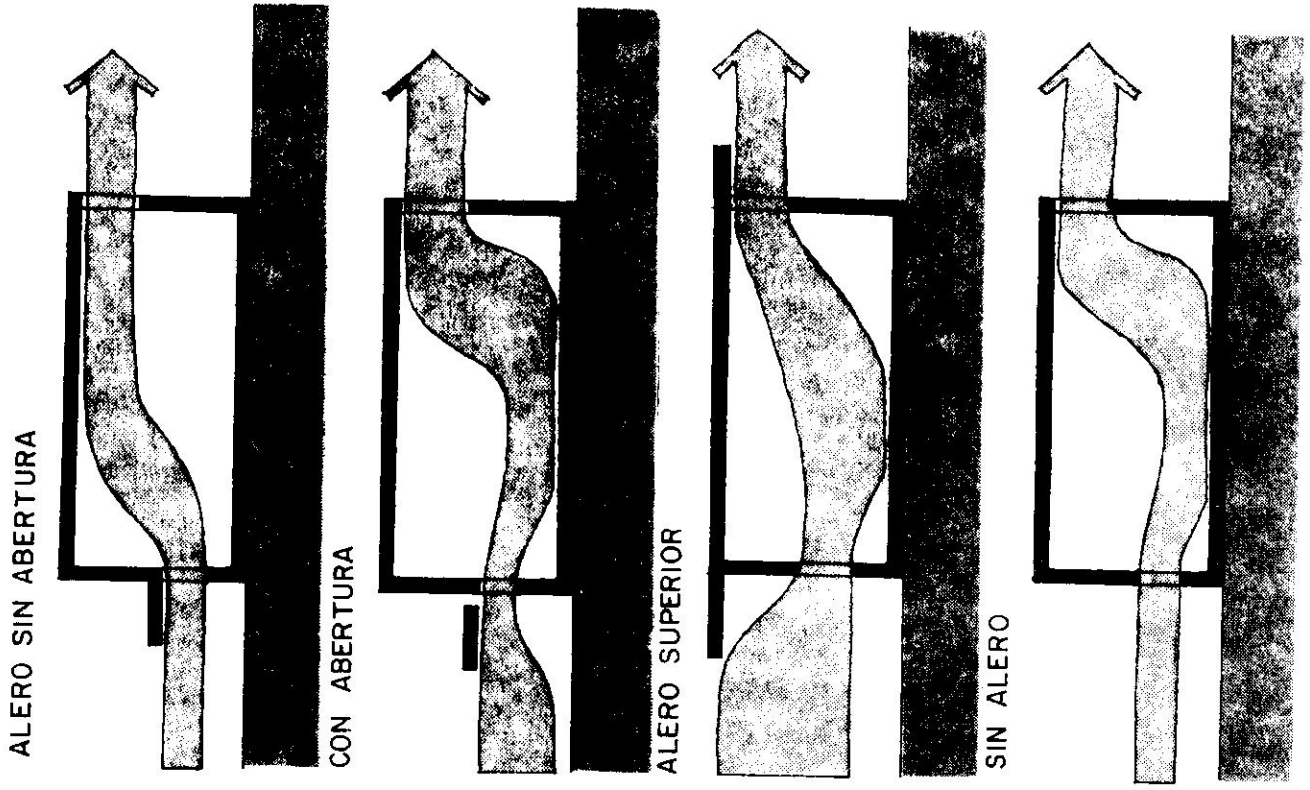


FIG. 8.14

C. Criterios Adicionales

- La razón aproximada de CAMBIOS DE VELOCIDAD DEL FLUJO DE AIRE, cuando la dirección del viento es normal a la fachada del edificio, y considerando la proporción entre las aberturas de entrada y salida del edificio, se da bajo la siguiente ecuación: $Q=3150 AV$ (Ver TABLA 8.6)
- El promedio aproximado de CAMBIO DE AIRE según la proporción entre abertura de entrada y salida del edificio, se da bajo la siguiente ecuación: $Q=540A \sqrt{H(t_1-t_0)}$. (Ver TABLA 8.7).
- El diseño de VENTANAS para obtener una ventilación natural eficiente requiere un conocimiento previo sobre datos climatológicos de TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA, y VELOCIDAD y DIRECCION DEL VIENTO para la zona en particular donde se piensa desarrollar la edificación. Con la ayuda de la TABLA 8.8, se puede obtener la velocidad del viento (m/seg) deseada en base a una temperatura efectiva promedio de 76°F (24°C). Por lo tanto si conocemos la velocidad del viento exterior y la velocidad del viento deseada, entonces con la FIGURA 8.11 se puede determinar el tamaño de las aberturas de entrada.
- Existe una relación directa entre la forma del edificio y la orientación de éste con respecto a la dirección predominante del viento (Ver FIGURA 8.15).
- Para obtener un máximo de ventilación cruzada se debe mantener el edificio la más estrecho posible y orientar los lados más largos a favor del viento.

TAB. 8.6

$Q = 3150 AV$

donde

- Q= razón de flujo de aire, pie³/hora
- A= áreas de entrada, pie²
- V= velocidad del viento, mph

AREAS DE SALIDA VALOR HA SER SUSTITUIDO
AREAS DE ENTRADA POR 3150

1:1	3150
2:1	4000
3:1	4250
4:1	4350
5:1	4400
3:4	2700
1:2	2000
1:4	1100

TAB. 8.7

$Q = 540A \sqrt{H(t_1-t_0)}$

donde

- Q= razón de flujo de aire, pie³/hora
- A= áreas de entrada, pie²
- H= altura entre entradas y salidas, pies
- t₁= promedio de temperatura del aire a la altura H, °F

t₀= temperatura del aire exterior, °F

AREAS DE SALIDA VALOR HA SER SUSTITUIDO
AREAS DE ENTRADA POR 540

5	745
4	740
3	720
2	680
1	540
1	455
1	340
1	185

TAB. 8.8

VELOCIDAD DEL VIENTO DESEADA PARA OBTENER COMFORT (TEMPERATURA EFECTIVA 24°C)

TEMPERATURA, °C	HUMEDAD RELATIVA	VELOCIDAD DEL VIENTO DESEADA, m/seg.
27	60	0.25
27	65	0.55
27	70	0.75
27	75	1.00
27	80	1.25
27	85	1.45
27	90	1.70
30	30	0.30
30	40	1.00
30	50	2.00
30	60	3.00

- La utilización de un patio interior (central) permite mejorar la iluminación y ventilación de los espacios debido al aumento en área de aberturas. (Ver FIGURA 8.16)
- Mientras más al centro-más efectivo.
- El ancho debe ser aproximadamente igual a la altura del edificio.
- Mientras más largo y estrecho, mejor.
- Las aberturas de ventanas del edificio deben hacerse si es posible, en las fachadas norte y sur. (Si el edificio está orientado en sus lados más largos norte-sur).

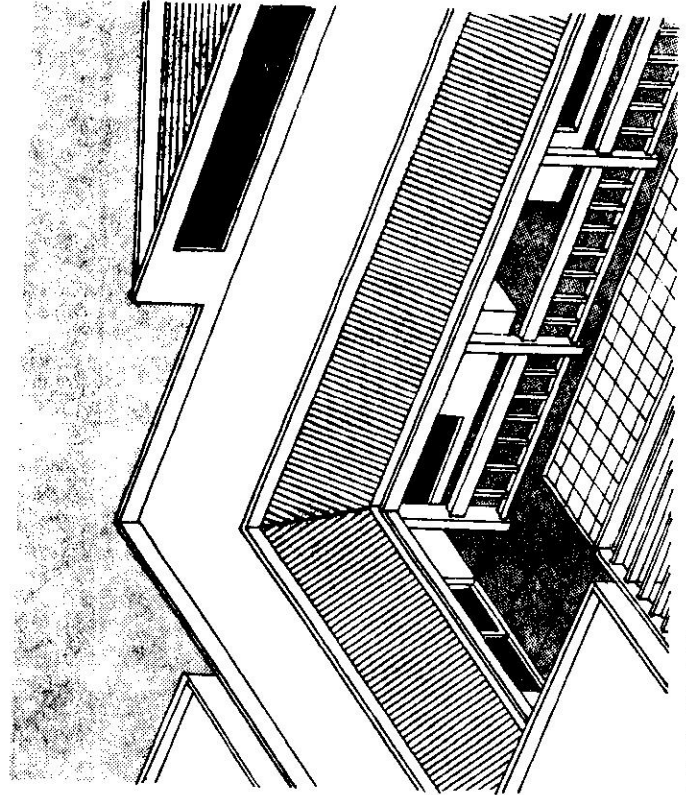


FIG. 8.16

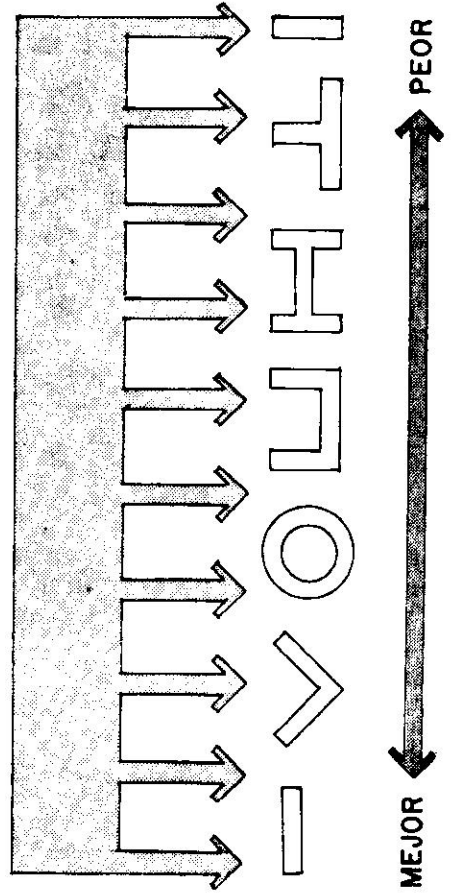


FIG. 8.15

- Si el edificio es de sólo dos paredes de espesor se puede girar hasta 37.5° hacia el este para aprovechar los vientos predominantes del este noreste. (Ver FIGURA 8.17).

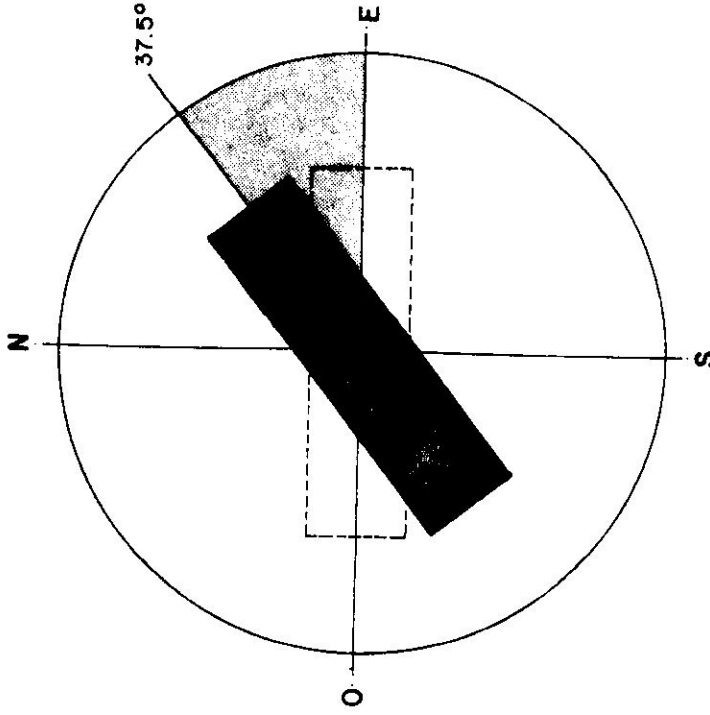


FIG. 8.17

II . VENTILACION INDUCIDA

La ventilación inducida no compara en efectividad con la ventilación natural debido a que la primera SE UTILIZA MAYORMENTE EN LUGARES DONDE NO SOPLA LA BRISA. Esta utiliza la propiedad de que el aire caliente, al ser menos denso que el frío, tiende a subir.

En la FIGURA 8.18 se muestra como utilizando el Sol para calentar un volumen de aire dentro del

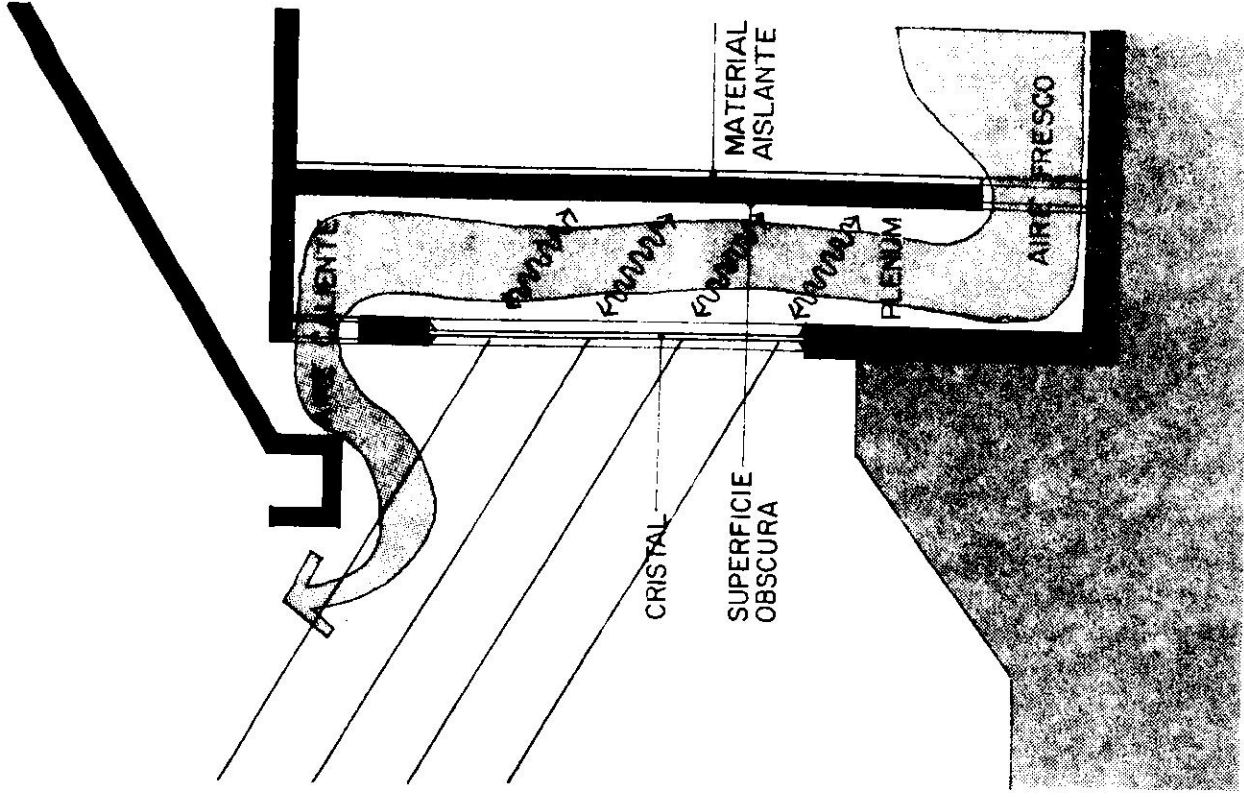


FIG. 8.18

edificio a una temperatura más alta que la del ambiente, se establece una diferencia en temperatura, causando que el aire calentado suba y busque una salida hacia el exterior.

Esto establece una succión de aire de las áreas más frías del interior, usualmente localizadas en partes bajas, en sombra y al norte, hacia las más calientes. Esta CHIMENEA TERMAL se produce, utilizando la energía solar para crear diferencias en temperaturas logrando una circulación de aire continua a través del edificio, durante el día y la noche (si es necesario).

Para el DISEÑO DE LA VENTILACION INDUCIDA POR CHIMENEA, el mayor flujo de aire se logra aumentando tanto la altura de la chimenea como la temperatura del aire. Por lo tanto, el flujo del aire es directamente proporcional al área de la entrada; por la raíz cuadrada de la altura; POR EL PROMEDIO DE LA DIFERENCIA en temperatura: $\text{Pies}^3/\text{min} = 9.6 (A) \sqrt{h(t_1 - t_2)}$ (Ver TABLA 8.9). Para esto es preferible atrapar el calor en la parte inferior de la chimenea mediante un calentador de aire pasivo (colector) para luego conseguir la salida del aire caliente por la parte superior y mejorar el efecto. Esta ecuación se ajusta si el tamaño de la abertura de salida es diferente al de la entrada de acuerdo a una razón establecida. (Ver TABLA 8.10).

TAB. 8.9

$$\text{pie}^3/\text{min.} = 9.6A \sqrt{h(t_1 - t_2)}$$

donde:

- A son las áreas de entrada en pie^2 .
- H es la altura en pies entre entradas y salidas.
- t_1 es la temperatura promedio del aire en la "chimenea", F.
- t_2 es la temperatura promedio del aire en retorno (normalmente es la temperatura del ambiente exterior), F.

TAB. 8.10

AREAS DE SALIDA AREAS DE ENTRADA	VALOR HA SER SUSTITUIDO POR 540
5	745
4	740
3	720
2	680
1	540
3/4	455
1/2	340
1/4	185

En lugares donde no hay suficiente brisa, las TORRES DE VIENTO Y/O COLUMNAS TERMALES, aunque funcionan de forma distinta, son eficientes para el movimiento del aire a través del espacio interior. (Ver FIGURA 8.19). En algunos casos se puede inducir la ventilación natural utilizando las ESCALERAS Y ASCENSORES para dejar subir el aire caliente (Ver FIGURA 8.20).

TORRE DE VIENTO

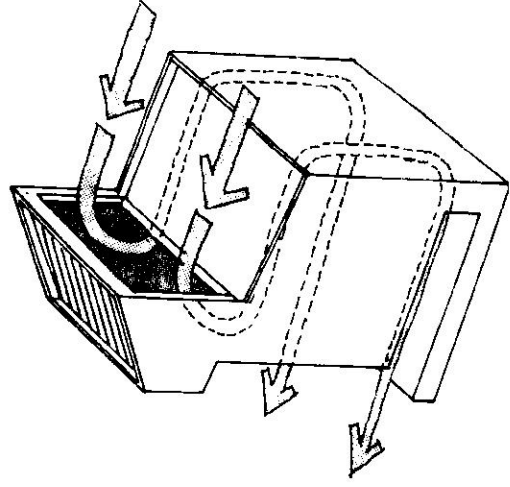


FIG. 8.19 A.

FIG. 8.19 B.

COLUMNA TERMAL

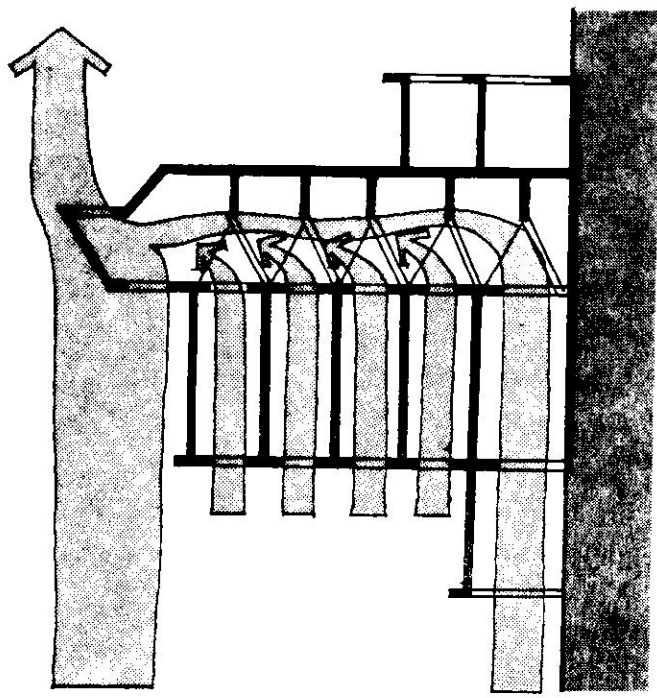
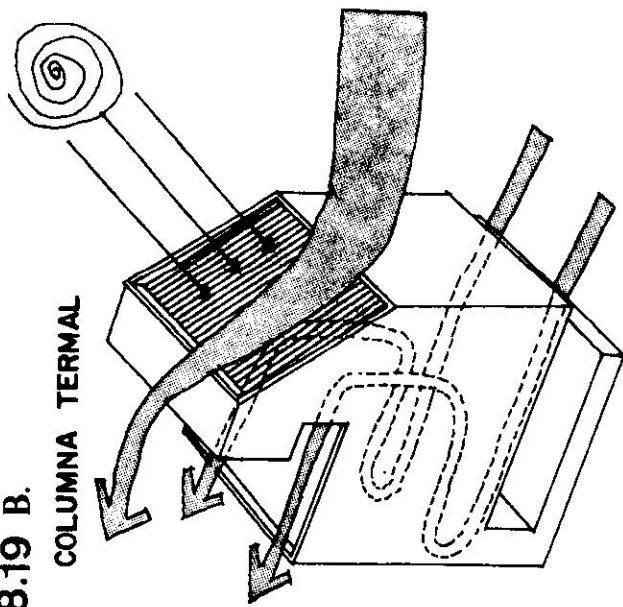


FIG. 8.20

9. VEGETACION Y ENFRIAMIENTO SUBTERRANEO

I . VEGETACION	102
A. Usos	102
B. Localización	104
C. Tipos y Selección	107
II . ENFRIAMIENTO SUBTERRANEO	107

I . VEGETACION

La vegetación es parte de nuestro ambiente, es influenciado por el ambiente, e influye en el ambiente. Aunque dependemos de la naturaleza para sobrevivir, la mayoría de nosotros no conocemos la forma en que la naturaleza nos mantiene vivos y desarrolla su condición. Además de satisfacer la instintiva necesidad de protección, LA VEGETACION CONTRIBUYE EN GRAN MEDIDA AL AMBIENTE FISICO INMEDIATO.

La función de la vegetación debe servir de base para su eventual uso en el diseño ambiental. El reconocer sus características y la forma efectiva en que resuelven los problemas, nos permitirá desarrollar mecanismos útiles y pasivos (control solar) para su implementación en el campo de la arquitectura, ingeniería, climatología, estética y otros.

A. Usos

Además de su valor estético y urbano, la vegetación afecta nuestro ambiente físico. En el trópico, donde persiste el calor y la humedad, los árboles permiten reducir la temperatura principalmente produciendo SOMBRA, DIRIGIENDO LAS BRISAS, controlando la HUMEDAD y la LLUVIA, e INTERCEPTANDO, ABSORBIENDO y REFLEJANDO la radiación solar.

Se ha encontrado que la temperatura de suelo cubierto con césped, en los días soleados de verano, es de 10° a 14° F más fresca que la misma superficie del suelo expuesto. Esto demuestra que mediante el uso de áreas extensas de césped, podemos reducir las temperaturas máximas del mediodía. A mayor tamaño y cantidad de árboles

y pies cuadrados de césped, mayor será el potencial de enfriamiento (tomando las debidas precauciones para evitar la humedad). (Ver FIGURA 9.1).

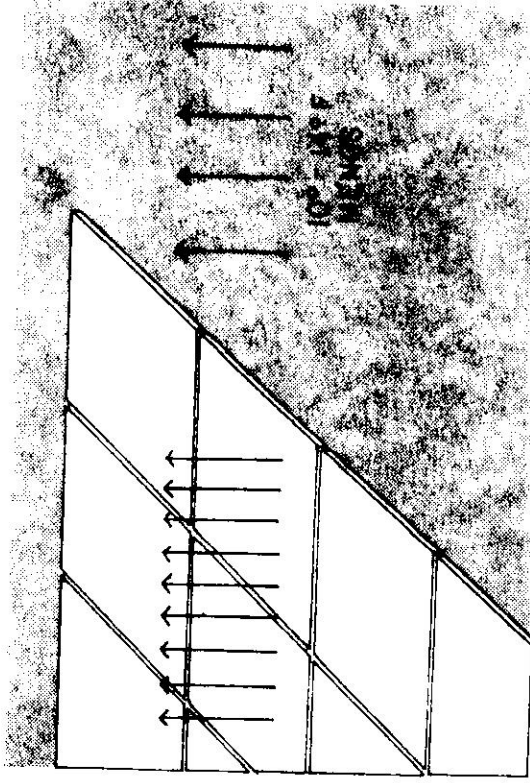


FIG. 9.1

La intercepción, absorción y reflejo de los rayos solares, hace de la vegetación un instrumento útil del CONTROL SOLAR. Comparado con otras superficies, el por ciento de "incidencia de radiación solar reflejado difusamente" por la vegetación, alcanza de 3% a 15% de reflexión difusa aproximadamente. (Ver TABLA 9.1 y FIGURA 9.2).

Los árboles funcionan como un aire acondicionado natural, EVAPORANDO el agua de sus hojas mediante el proceso de TRANSPIRACION. Un sólo árbol, en condiciones óptimas puede transpirar 100 galones (380 litros) de agua en un día, creando el efecto refrescante, similar a cinco (5) aire acondicionados de pared funcionando 20 horas al día. Casi 1,000 Btu de calor son absorbidos por cada libra (1/2 cuarto) de agua que transpira una planta. (Ver FIGURA 9.3)

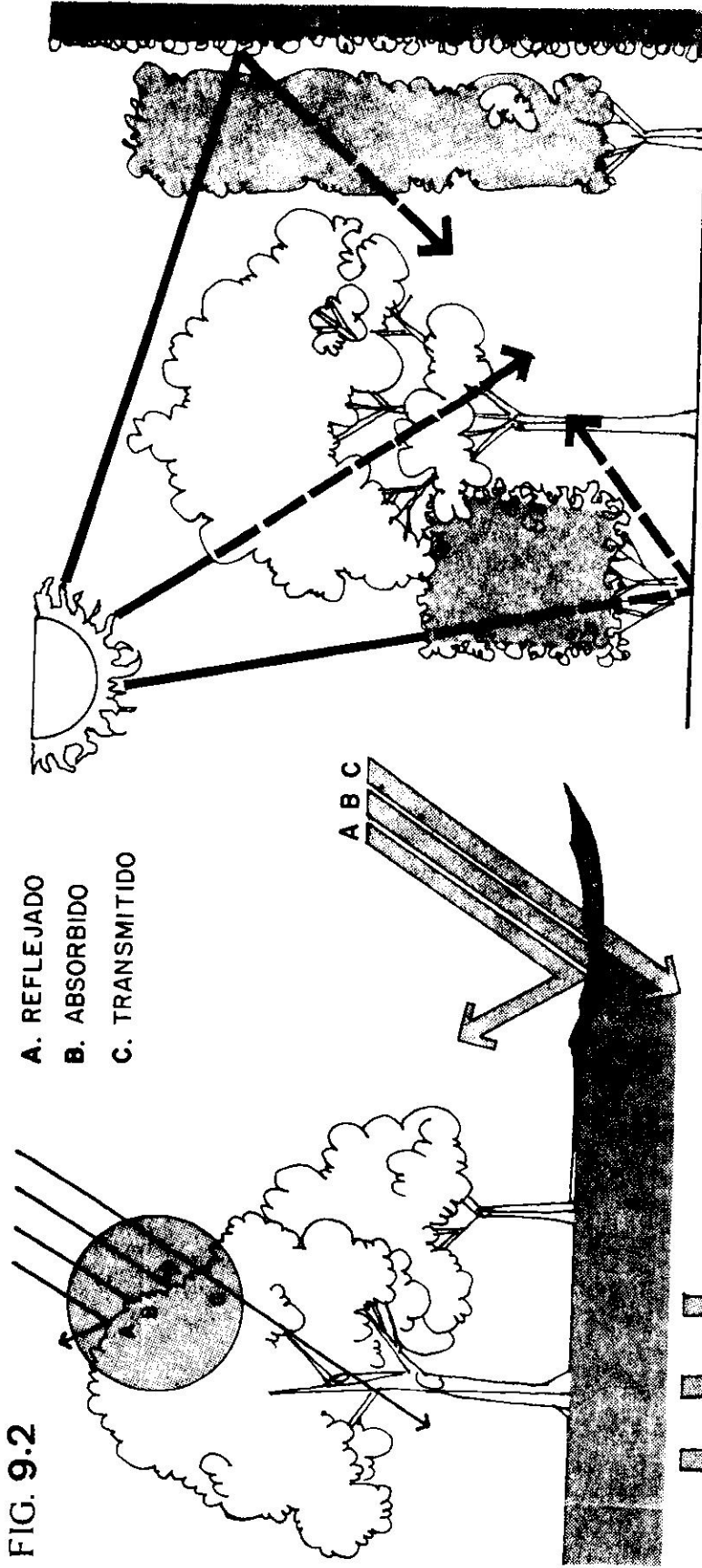


FIG. 9.2

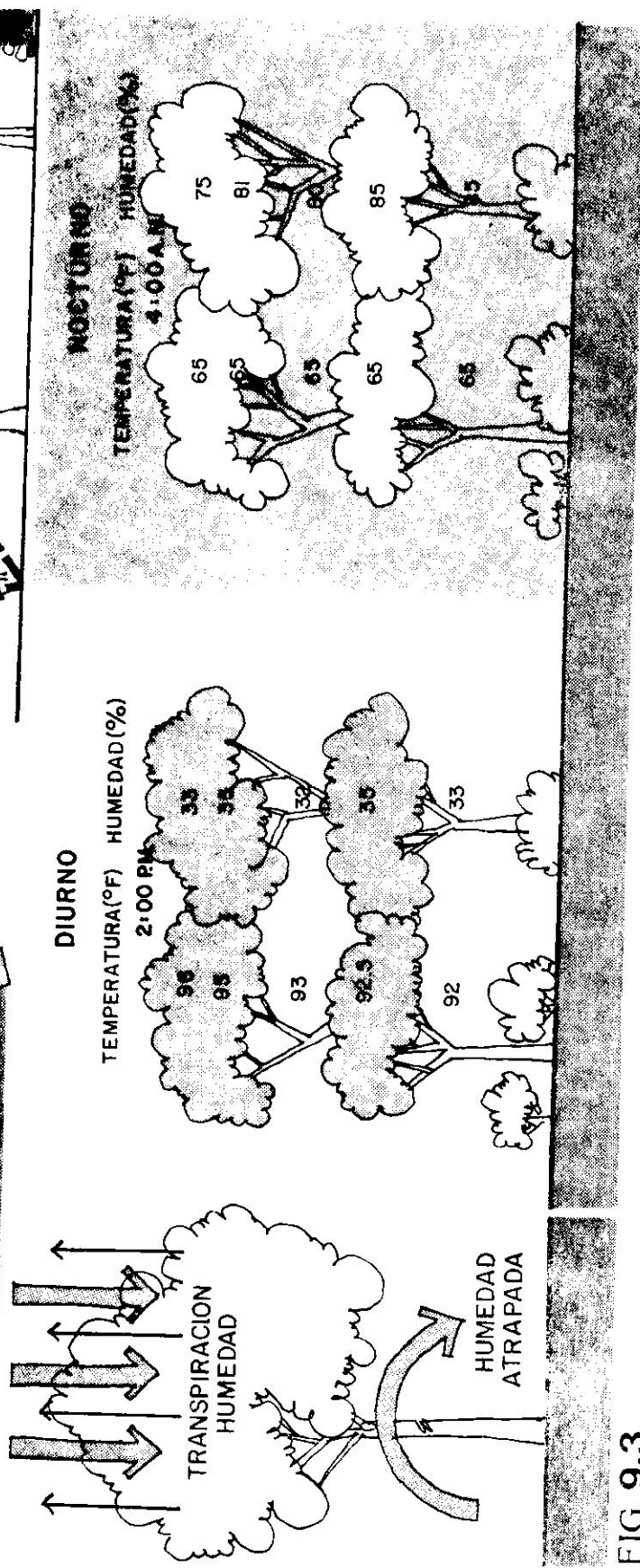


FIG. 9.3

B. Localización

La localización estratégica de la vegetación y de los árboles depende de: (1) LA ORIENTACION DEL EDIFICIO, (2) DEL MOVIMIENTO SOLAR y (3) DE LA DIRECCION DE LAS BRISAS. Debido a que en Puerto Rico los rayos solares permanecen inclinados hacia el sur durante casi todo el año y su inclinación es más crítica por la mañana y por la tarde, preferiblemente los árboles deben colocarse en los lados este y oeste (sur oeste) del edificio. Para no entorpecer con el flujo del aire este-nordeste, es preferible conseguir que su ramificación comience a los 9 pies de altura mínima. (Ver FIGURA 9.6).

TAB. 9.1

ALBEDO DE ALGUNAS SUPERFICIES
(% DE RADIACION SOLAR DIFUSA)

Cielo Nublado	60-90
Dunas Livianas de Arena	30-60
Suelo Arenoso	15-40
Areas Densas en Construcción	15-25
Arboleda	5-20
Praderas y Campos	12-30
Suelo Oscuro Cultivado	7-10
Agua de Mar	3-10

Además los árboles reducen la CONTAMINACION AMBIENTAL, mediante la absorción de los gases y bloqueo de partículas, en sus hojas especialmente si éstas son velludas, espinosas o cerosas. Igualmente sirven de pantalla para proveer PRIVACIDAD a los espacios y dependiendo de la densidad de su follaje, su separación del edificio, su altura y ubicación estratégica puede actuar como CONTROL DE SONIDO y DIRIGIR EL MOVIMIENTO DE LAS BRISAS a través de los espacios, según se muestra en la FIGURA 9.4.

Cercanas al edificio, las barreras de vegetación densas reducen grandemente la velocidad del viento de 12 mph a 3 mph. (Ver FIGURA 9.5) A medida que alejamos el arbusto de la edificación, la trayectoria vertical del aire recobra su forma inicial. En planta, la trayectoria horizontal del aire depende de la separación entre los arbustos.

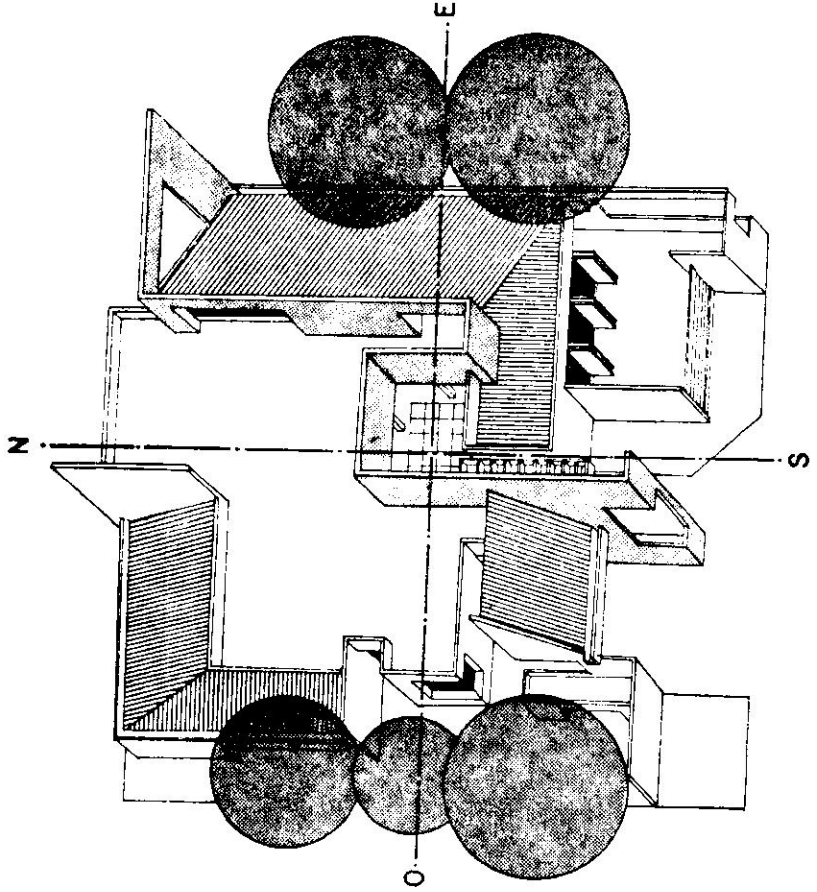
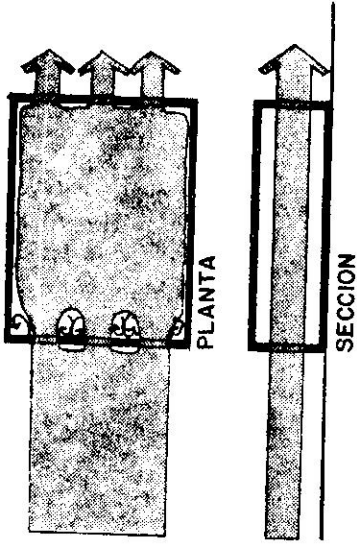
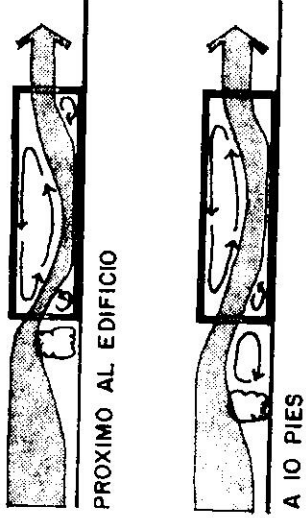


FIG. 9.6

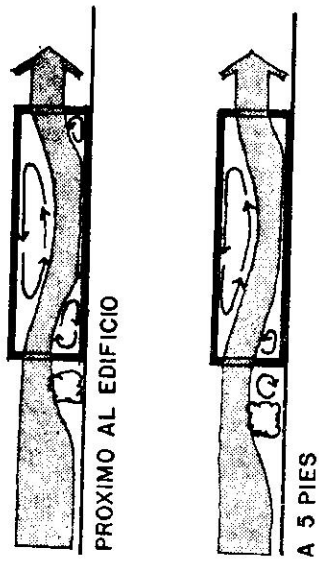
FLUJO DE BRISAS SIN VEGETACION



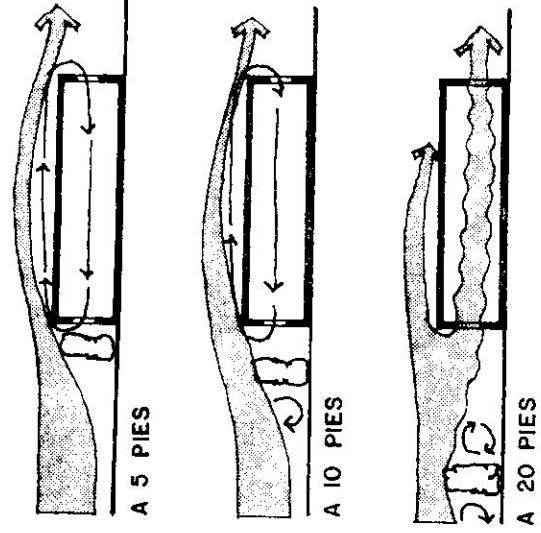
SETO MEDIANO



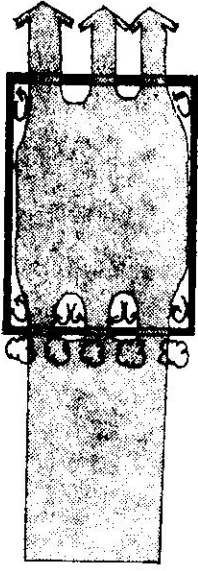
SETO PEQUEÑO



SETO ALTO



FLUJO DE BRISAS CON VEGETACION



ARBUSTOS

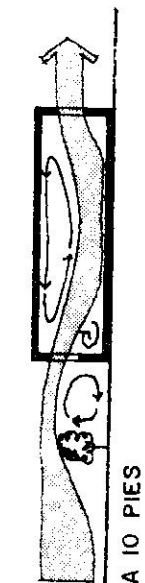
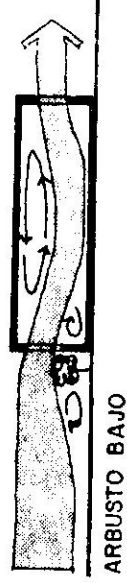
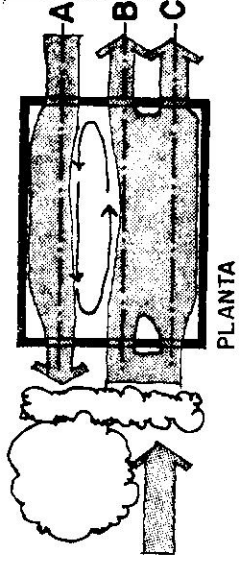
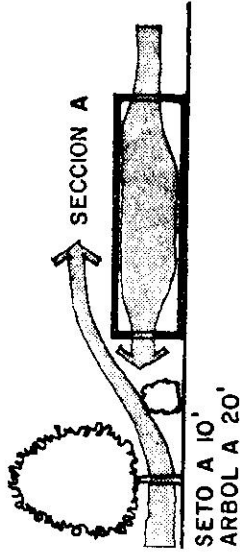


FIG. 9.4

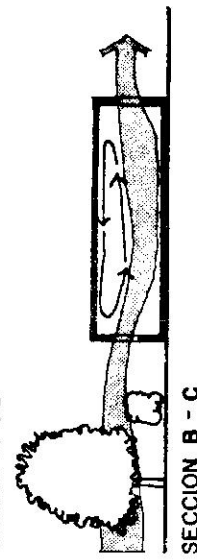
COMBINACION DE SETOS Y ARBOLES



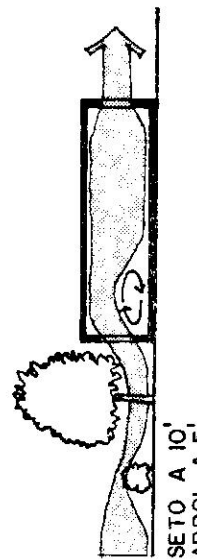
PLANTA



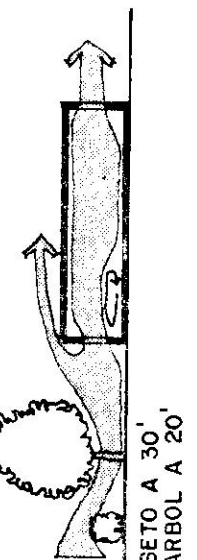
SETO A 10'
ARBOL A 20'



SETO A 10'
ARBOL A 5'

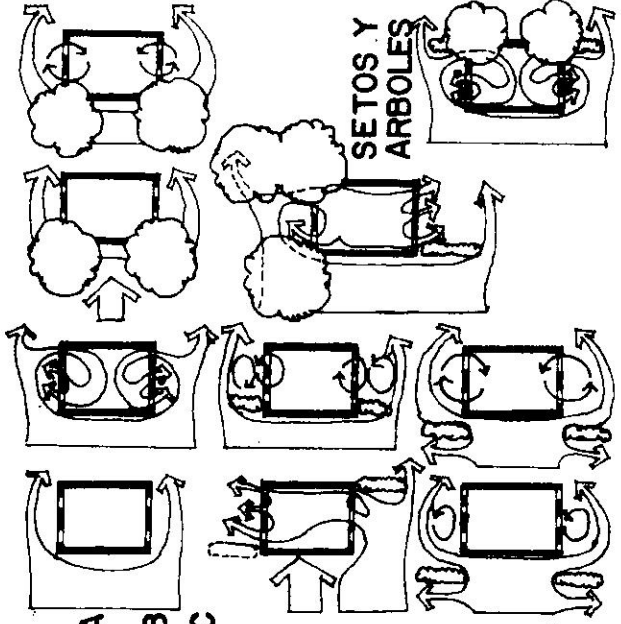


SETO A 30'
ARBOL A 20'



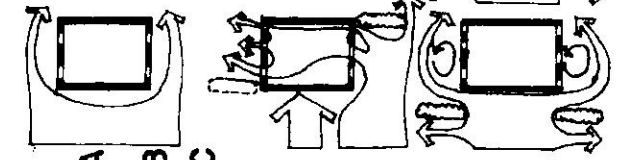
SETO A 30'
ARBOL A 20'

ARBOLES

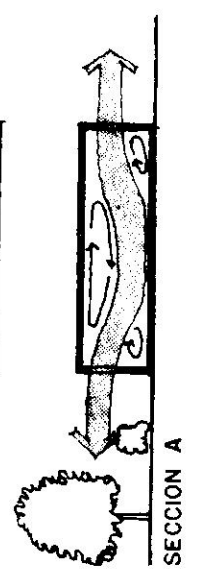
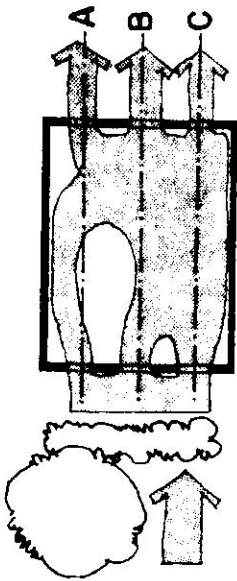


SETOS Y ARBOLES

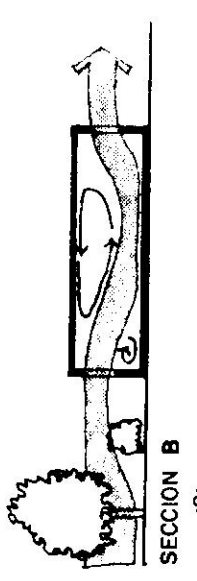
SETOS



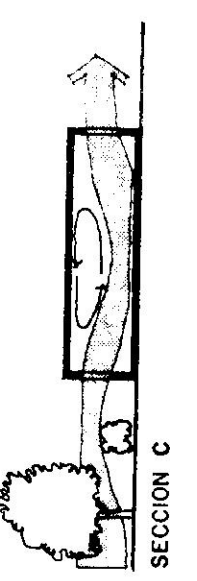
SETO A 5'
ARBOL A 10'



SECCION A



SECCION B



SECCION C

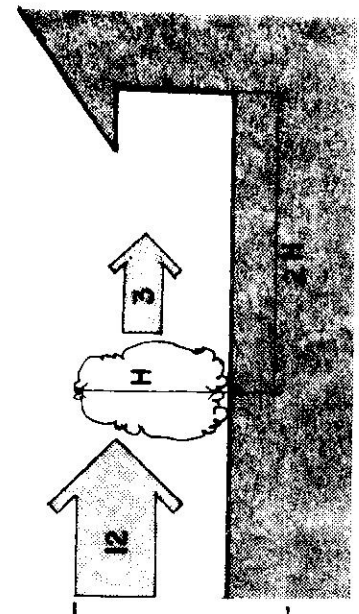


FIG. 9.5

C. Tipos y Selección

Para seleccionar el tipo de árbol a utilizar debe considerarse varios aspectos esenciales: (1) La ADAPTABILIDAD de la especie (2) EL TIPO DE CRECIMIENTO Y TAMAÑO FINAL y (3) EL TIPO DE RAIZ que éste posee. Todo esto garantiza el pleno funcionamiento efectivo del árbol para las condiciones que le fueron previstas.

La adaptabilidad de las especies forestales a las diferentes localidades de Puerto Rico está determinada por varios factores: (a) precipitación, (b) la exposición, (c) la elevación, (d) la temperatura y (e) y a los suelos predominantes.

LOS SUELOS SON POSIBLEMENTE EL FACTOR DETERMINANTE DE MAYOR IMPORTANCIA EN LA ADAPTABILIDAD Y DESARROLLO DE LOS ARBOLES y por lo tanto es un buen índice para seleccionar las especies a plantarse en determinados lugares.

Según se ilustra en la TABLA 9.2 y Mapa Anexo, las asociaciones de suelos delineadas por el "Servicio de Conservación de Suelos del Area del Caribe" (USDA), nos permite la selección de especies de árboles recomendadas para cada tipo de suelo en Puerto Rico. Las recomendaciones están basadas en: La producción de madera, rompientes o cercas vivas, sombra y potencial ornamental para cada especie en específico.

Además, siguiendo los criterios evaluativos de adaptabilidad y usos de las especies de árboles, así como sus características, ofrecidas por el "Institute of Tropical Forestry" en su libro "Trees for Urban Use in Puerto Rico and the Virgin Islands" por el Dr. Thomas H. Sxhubert, (Ver TABLAS 9.3 y 9.4), podemos seleccionar con mayor seguridad el tipo de árbol deseado para cada zona provista. El control que tengamos para la selec-

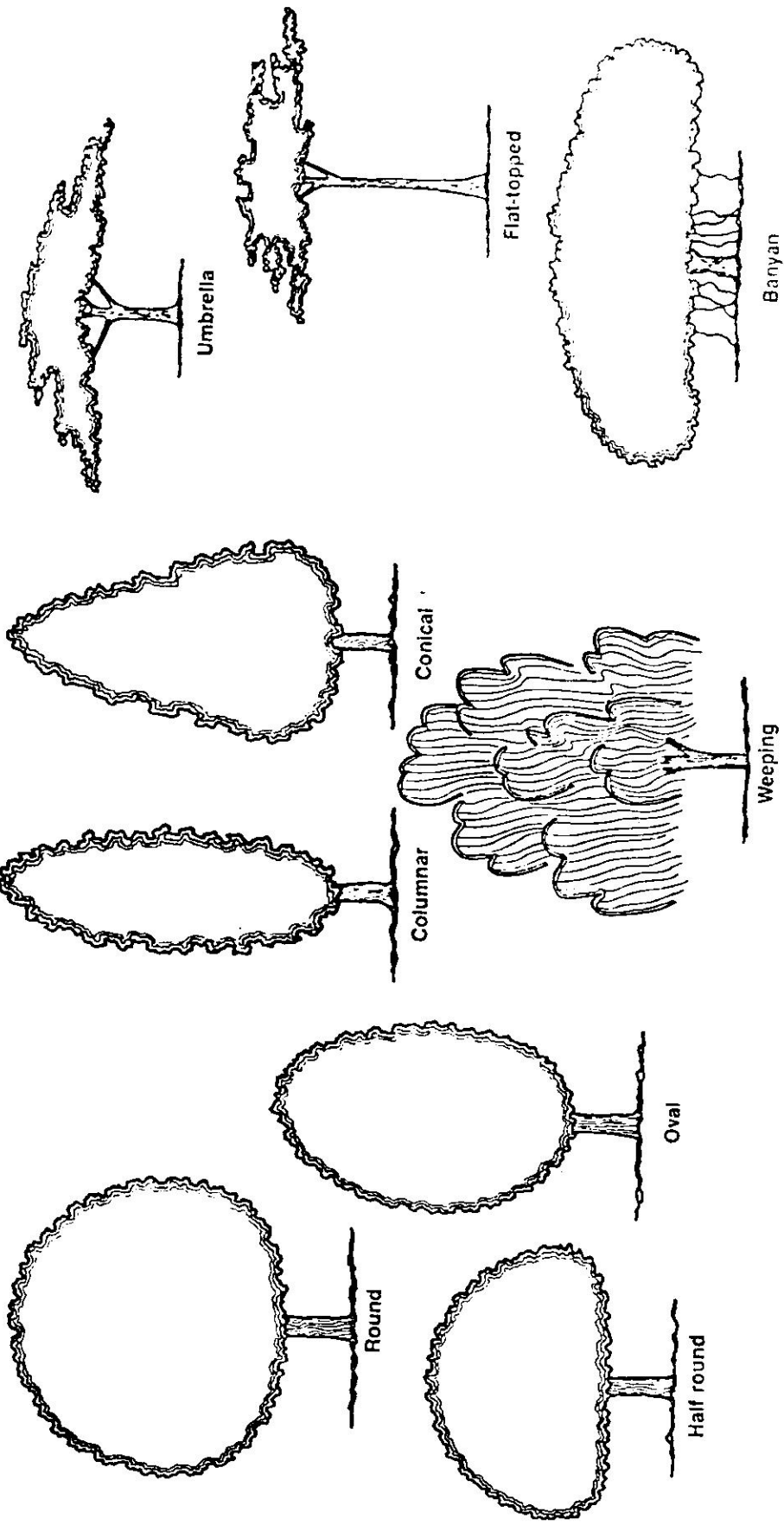
ción nos permitirá alcanzar mejores resultados tecnológicos como recurso pasivo de control solar.

II . ENFRIAMIENTO SUBTERRANEO

Cuando nos referimos a tener parcial o totalmente cubierta una edificación con tierra, inmediatamente elaboramos un sinnúmero de inconvenientes en respuesta a su implementación. Pero, aunque este sistema de ENFRIAMIENTO PASIVO, mejor conocido como ENFRIAMIENTO SUBTERRANEO, requiera algunos ajustes, conocimientos y técnicas particulares, es de esperarse que sus resultados bioclimáticos sean muy superiores a los comúnmente utilizados. Es importante aclarar el hecho de que aún no se ha llevado a cabo una investigación lo suficientemente extensa y confiable sobre los efectos benignos del enfriamiento subterráneo para países cálidos y húmedos como el nuestro. Sin embargo, esto no debe servir de obstáculo, ya que existe la posibilidad, y más aún, el RETO de que su inmediata implementación vendrá acompañada de nuevas tendencias que redundarán en su beneficio. Y esto es muy PROBABLE!

La utilización de BERMAS DE TIERRA, TECHOS CUBIERTOS DE TIERRA Y VEGETACION o CONSTRUCCION SUBTERRANEA permite aprovechar temperaturas estables y frescas en climas calurosos. Claro está, se debe tomar precaución en climas húmedos tropicales, como el nuestro, para evitar la condensación o humedad excesiva. Al hablar de construcción subterránea DEBEMOS TENER MUY PRESENTE LA ALTA HUMEDAD RELATIVA Y EL CALOR QUE IMPERA EN PUERTO RICO. Por eso es importante mantener una hermética capa impermeable y ventilar al máximo el interior del edificio. (Ver FIGURA 9.7)

Debido a que las temperaturas subterráneas se



ARBOLES PARA ORNAMENTACION¹

Nombre Común	Nombre Científico	Maga	Montezuma	apreciabilísima	FORMA
1. Helecho gigante, tree fern		151. Esmajaguilla, ocaheita,			
4. Corozo, prickly-palm	<i>Cyathia attona</i>	portia tree			<u>Palmas y Helechos:</u> 1, 4, 6, 9, 10.
Puerto Rico acrocomia		153. Ceiba, mild-cotton-tree			<u>Corona Colummar:</u> 11, 14, 30, 189, 194, 221, 227, 229, 236, 243, 247.
6. Palma de coco, coconut	<i>Acrocomia media</i>	157. Anacapita, panama-tree			<u>Corona Amplia:</u> 21, 23, 28, 54, 60, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 77, 82, 85, 89, 93, 105, 110, 112, 130, 151, 152, 153, 157, 163, 166, 167, 206, 217, 218, 232.
9. Palma real, royal palm,	<i>Coccothrinax media</i>	159. Dillenia, India dillenia			<u>Corona Amplia:</u> 21, 23, 28, 54, 60, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 77, 82, 85, 89, 93, 105, 110, 112, 130, 151, 152, 153, 157, 163, 166, 167, 206, 217, 218, 232.
Puerto Rico royalpalm	<i>Coccothrinax media</i>	161. Marfo			<u>Corona Amplia:</u> 21, 23, 28, 54, 60, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 77, 82, 85, 89, 93, 105, 110, 112, 130, 151, 152, 153, 157, 163, 166, 167, 206, 217, 218, 232.
10. Palma de sombrero,	<i>Rajastonia borinquena</i>	163. Cupey, wild-samnee,			
Puerto Rico palmetto	<i>Sabal causiarum</i>	164. Mamey, mamee-apple			
11. Casuarina, Australian beefwood, horsetail casuarina		166. Achioté, anatto			
14. Sauce, Humboldt willow	<i>Casuarina equisetifolia</i>	167. Rosa imperial, Brazilian-rose, cochlospermum			
17. Panapén, pana de pepitas, breadfruit	<i>Salix humboldtiana</i>	178. Reina de las flores, queen-of-flowers			
21. Palo de goma, India-rubber fig	<i>Artocarpus altilis</i>	181. UCV, afrage, oshorn bucida			
23. Laurel de la India, India-laurel	<i>Ficus elastica</i>	184. Almendra, Indian-almond			
28. Uva de playa, seagrape	<i>Ficus repusa</i>	188. Pomarrosa, rose-apple			
30. Triplaris, anttree	<i>Coccoloba uvifera</i>	189. Manzana malaya, Malay-apple			
40. Ilán-ilán, ylang-ylang	<i>Triplaris americana</i>	194. Malagueta, bay-rum-tree			
54. Resedá, horseradish-tree	<i>Cananga odorata</i>	206. Gaiquito, star-apple			
60. Acacia amarilla, tibet, lebbek	<i>Moringa oleifera</i>	209. Ausubo, balara			
65. Zarzilla, tatan, leadtree	<i>Albizia lebbek</i>	217. Nfetro, sapodilla			
67. Cojoba	<i>Leucaena glauca</i>	218. Frangipany, milktree			
68. Gumá americano, Gumuchil	<i>Pithecellobium obtotum</i>	221. Capá prieto, capa			
69. Sañán, raintree	<i>Pithecellobium dulce</i>	223. Capá colorado, red manjack			
70. Bayahonda, mesquite	<i>Pithecellobium saman</i>	227. Péndula, pasture fiddlewood,			
71. Mariposa, butterfly baubinia	<i>Phoropis juliflora</i>	229. Tece, teak			
72. Ganafistula, golden-shower	<i>Bauhinia monandra</i>	232. Rigüero, calabash-tree,			
73. Casia rosada, pink cassia	<i>Cassia fistula</i>	233. Jacatanda			
74. Casia de Sim, Siamese cassia	<i>Cassia javanica</i>	234. Tulipán africano,			
75. Flamboyán, flamboyant-tree	<i>Cassia siamea</i>	African tuliptree,			
76. Algarrobo, West-Indian-Locust, courbaril	<i>Delonix regia</i>	236. Roble blanco, "white-cedar"			
77. Palo de rayo, Jerusalem-thorn	<i>Hymenaea courbaril</i>	238. Roble amarillo,			
78. Flamboyán amarillo, yellow flamboyant	<i>Paribambona aculeata</i>	gingle-thomas			
80. Tamarindo, tamarind	<i>Pithecellobium dulce</i>	243. Jagua, genipa			
81. Moca, cabbage angelin	<i>Tamarindus indica</i>	246. Morinda, pinkkiller			
82. Bwcare emmo, mchette	<i>Andira inermis</i>	247. Tintillo, box-briar			
85. Mata-ratón, mother-of-cocon	<i>Erythrina berteriana</i>				
89. Pterocarpus, India paduk	<i>Glycyrrhiza spicium</i>				
91. Ráculo, agati	<i>Pterocarpus indicus</i>				
93. Guayaçón, common lignumvitae	<i>Guaiacum officinale</i>				
96. Limón agrio, lime	<i>Citrus aurantiifolia</i>				
97. Naranja agria, sour orange	<i>Citrus aurantium</i>				
98. Limón de cabro, lemon	<i>Citrus limon</i>				
99. Totonja, grapefruit	<i>Citrus paradisi</i>				
100. China, sweet orange	<i>Citrus sinensis</i>				
105. Almacigo, turpentine-tree, gumbo-limbo	<i>Butea sinaruba</i>				
110. Alelaila, chinberry	<i>MeLia azadirach</i>				
111. Caoba hondureña, Honduras mahogany	<i>Suaresia macrophylla</i>				
112. Caoba dominicana, Dominican mahogany, West Indies mahogany					
117. Violeta, violet-tree	<i>Suaresia mahagoni</i>				
130. Pajuil, cashew	<i>Swietenia mahagoni</i>				
131. Mango	<i>Persea caribaea</i>				
134. John, huaplum, yellow mombin	<i>Anacardium occidentale</i>				
150. Esmajaguilla, oca hibiscus	<i>Mangifera indica</i>				
	<i>Spondias mombin</i>				
	<i>Hibiscus tiliaceus</i>				

El número de la especie corresponde al usado en "Arboles Comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes", Agricultural Handbook No. 249. Superintendent of Public Documents, Washington, D.C. 20402.

OTRAS CARACTERISTICAS

Flores Fragantes: 40, 54, 60, 70, 73, 96-100 (citrus), 161, 164, 217, 218.
 Rompevientos: 11, 14, 28, 74, 112, 131, 152, 161, 164, 189, 234, 236.
 Con Semillas, Frutas u Hojas Venenosas, o Savia Irritante: 74, 81, 82, 85, 110, 130, 157, 218, 232.

ADAPTABILIDAD

Areas muy Húmedas: 6, 9, 14, 17, 21, 23, 30, 82, 89, 111, 131, 152, 161, 163, 164, 184, 188, 189, 209, 234.
 Areas muy Secas: 4, 10, 54, 60, 65, 70, 76, 77, 80, 93, 105, 110, 130, 153, 157, 181, 194, 206, 217, 218, 232, 238.
 Cerca de la Costa: 4, 6, 11, 21, 28, 68, 80, 93, 130, 150, 152, 163, 181, 184, 217, 218, 256, 247.

TAMANO ADULTO

Gigantes: 69, 76, 89, 111, 112, 153, 209.
 Grandes: 9, 11, 17, 21, 23, 30, 60, 66, 73, 74, 75, 78, 80, 105, 131, 134, 157, 159, 161, 164, 181, 184, 206, 221, 229, 234, 236, 243.
 Pequeños: 1, 4, 6, 10, 14, 28, 40, 54, 65, 67, 70, 71, 72, 77, 81, 82, 85, 91, 93, 96, 97, 98, 99, 100, 110, 117, 130, 150, 151, 152, 163, 166, 167, 178, 188, 189, 194, 210, 217, 218, 223, 227, 232, 233, 238, 246, 247.

tura más baja) que lo rodea proveyendo de esta manera un aire fresco. Para esto se necesitan largas distancias de tubería cuyo costo operacional es muy bajo. (Ver FIGURA 9.8)

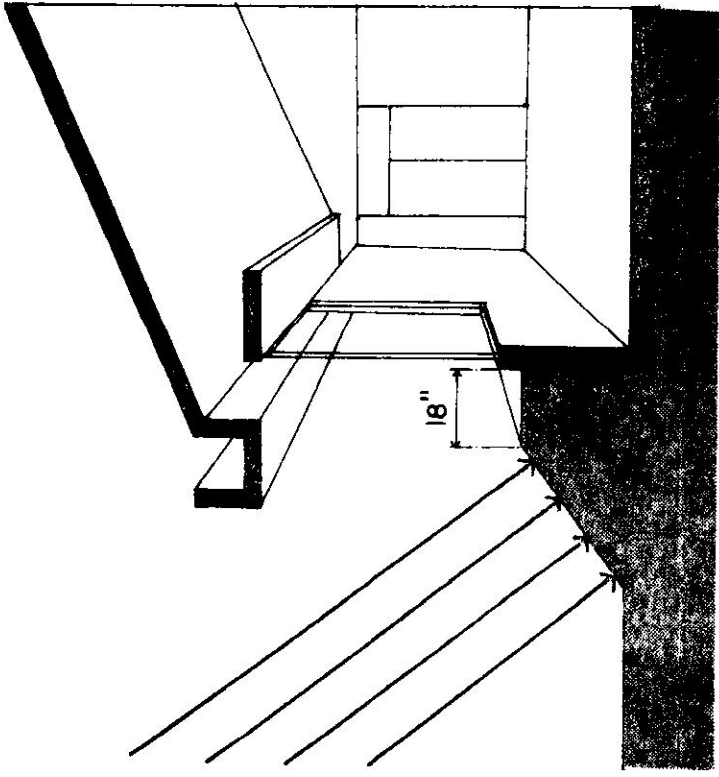


FIG. 9.7

mantienen establemente más bajas a varios pies de profundidad, mientras se mantenga un mayor contacto con el terreno, mayor será la capacidad de enfriamiento. Lo masivo de la tierra en sí, hace que ésta se demore mucho tiempo en calentarse o enfriarse tomando entonces la temperatura promedio anual. Pruebas preliminares indican que en Puerto Rico las temperaturas subterráneas se mantienen relativamente estables en 78°F a una profundidad de aproximadamente 18" pulgadas .

Una variación de la construcción subterránea son los TUBOS SUBTERRANEOS de enfriamiento, donde el aire que pasa a través de la tubería transmite la mayor parte de su calor a la tierra (a tempera-

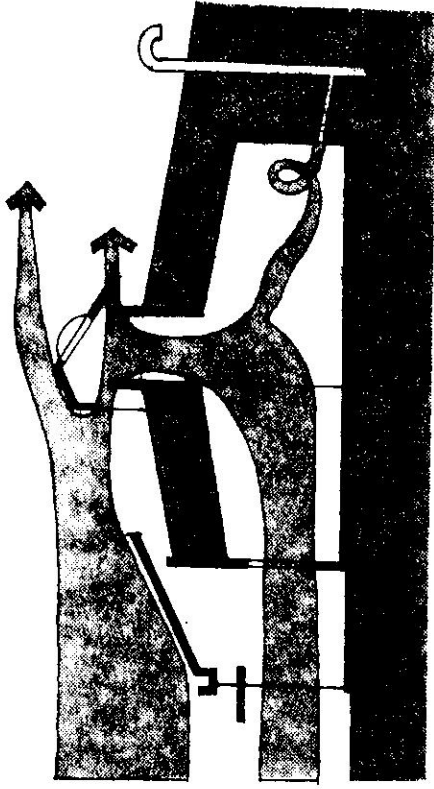


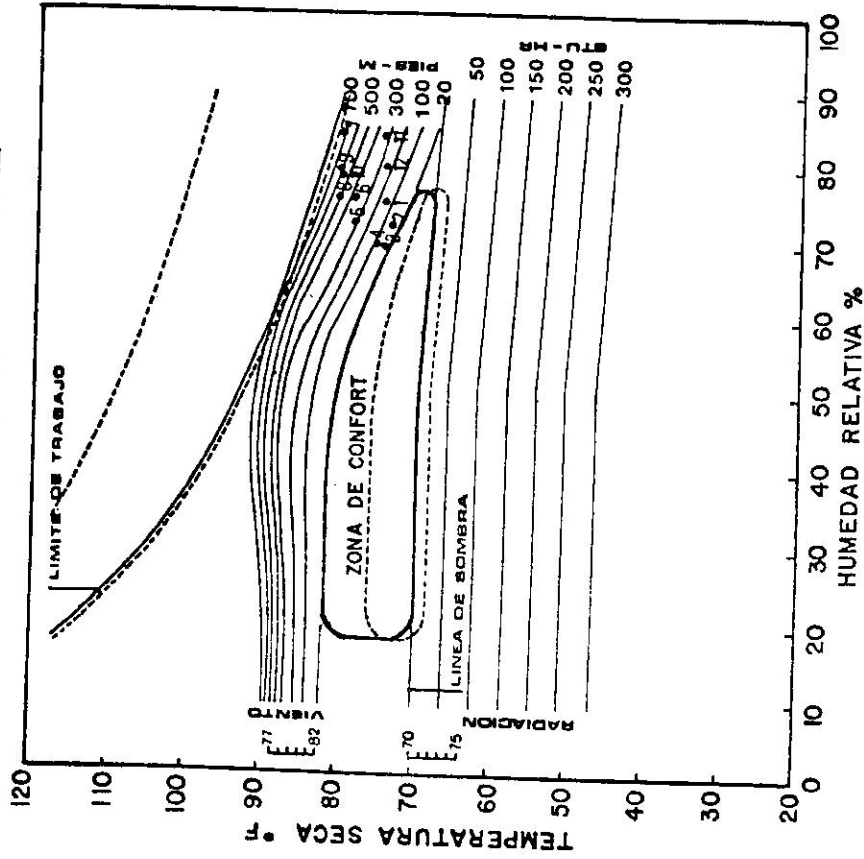
FIG. 9.8

APENDICE

I . EQUIVALENCIAS	114
II . CONVERSIONES	115
III. CARTAS BIOCLIMATICAS	116
IV. CARTA SOLAR	131
V . ACIMUTOS Y ALTITUDES	132
VI. TABLA CALCULADORA	133

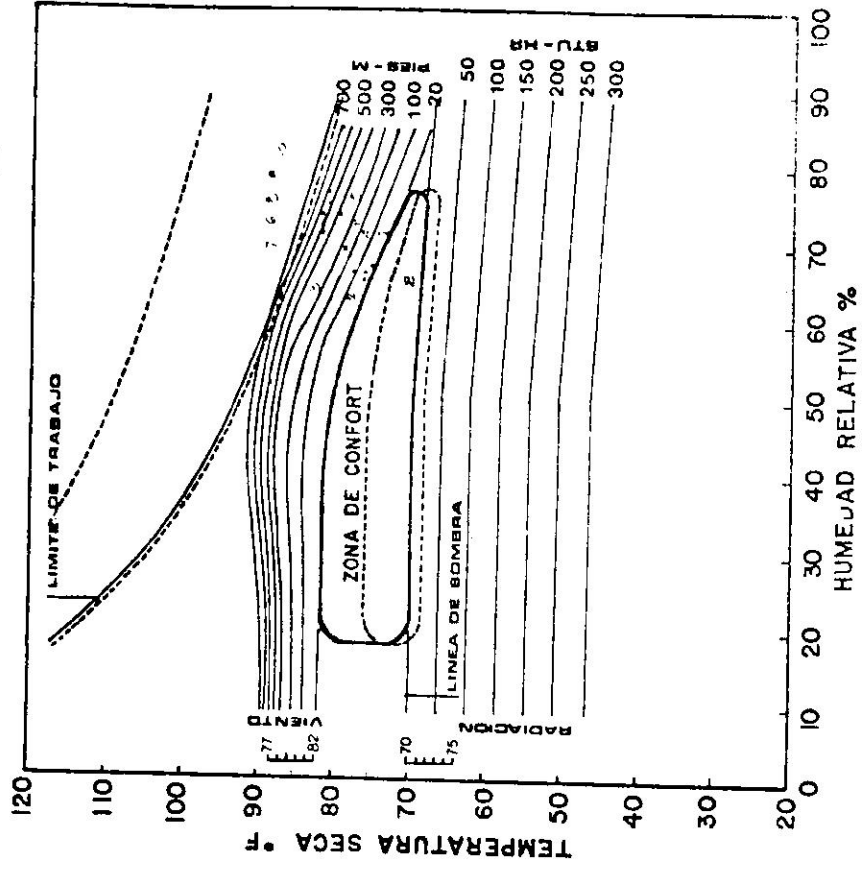
ARECIBO 01

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



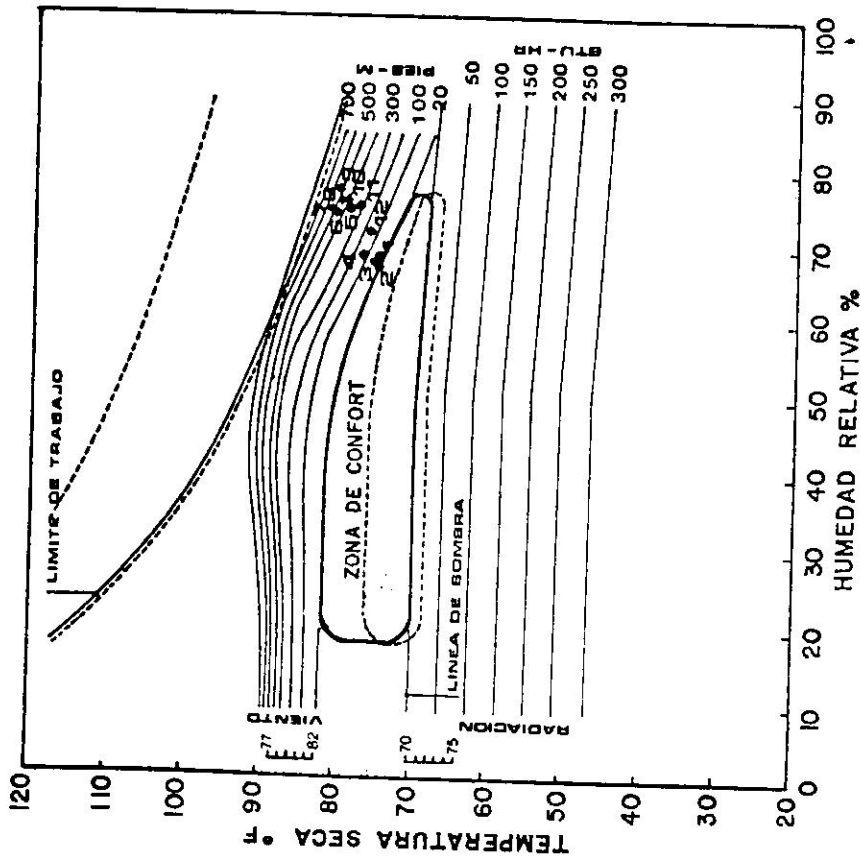
PONCE 02

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



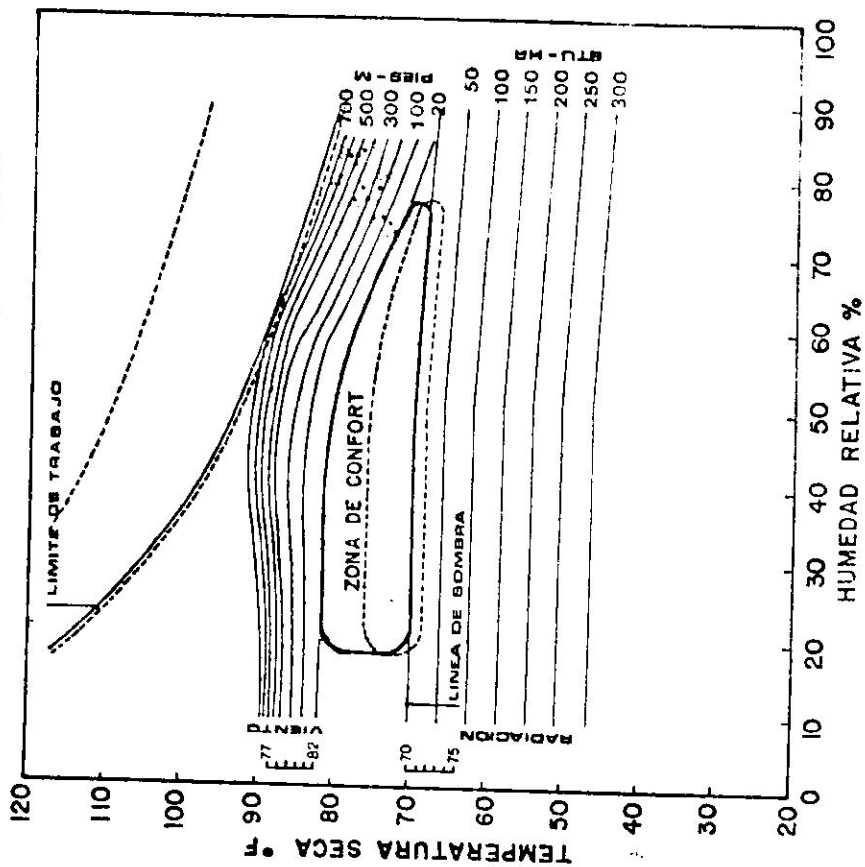
AGUIRRE 02

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



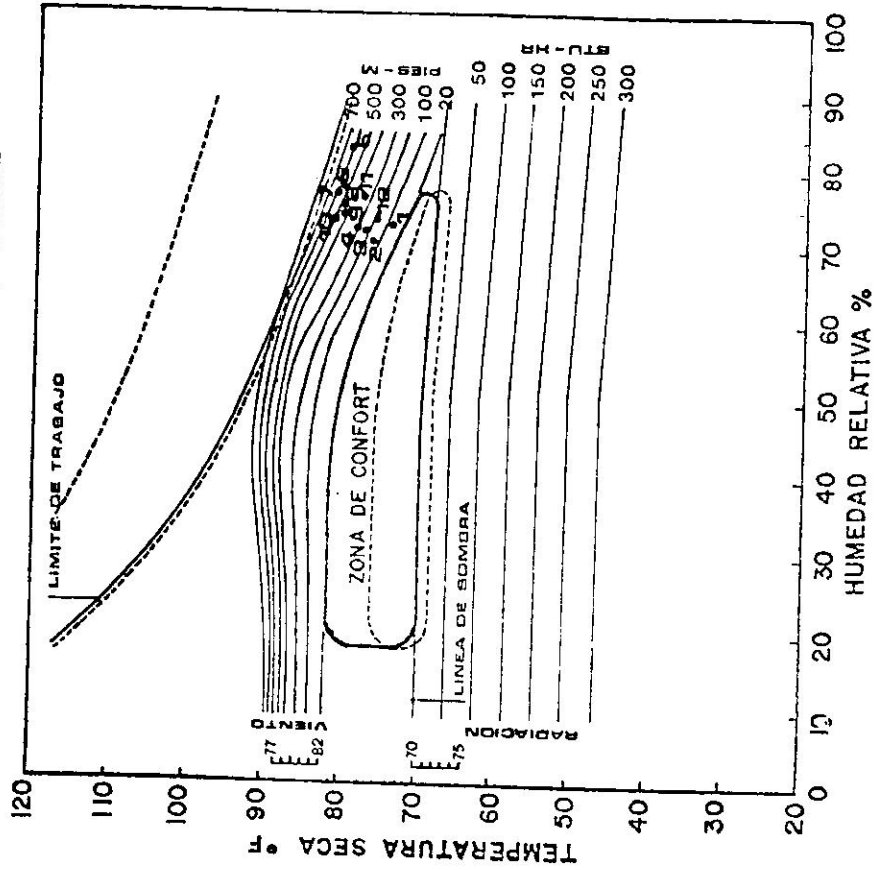
LAJAS-02

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



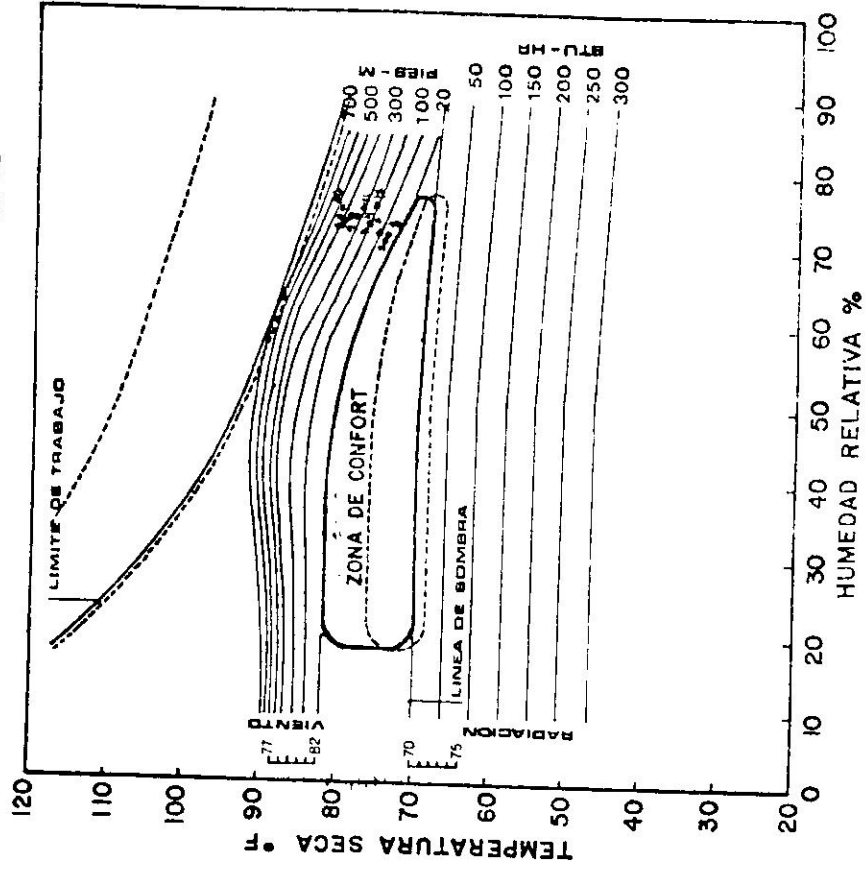
RINCON - 03

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



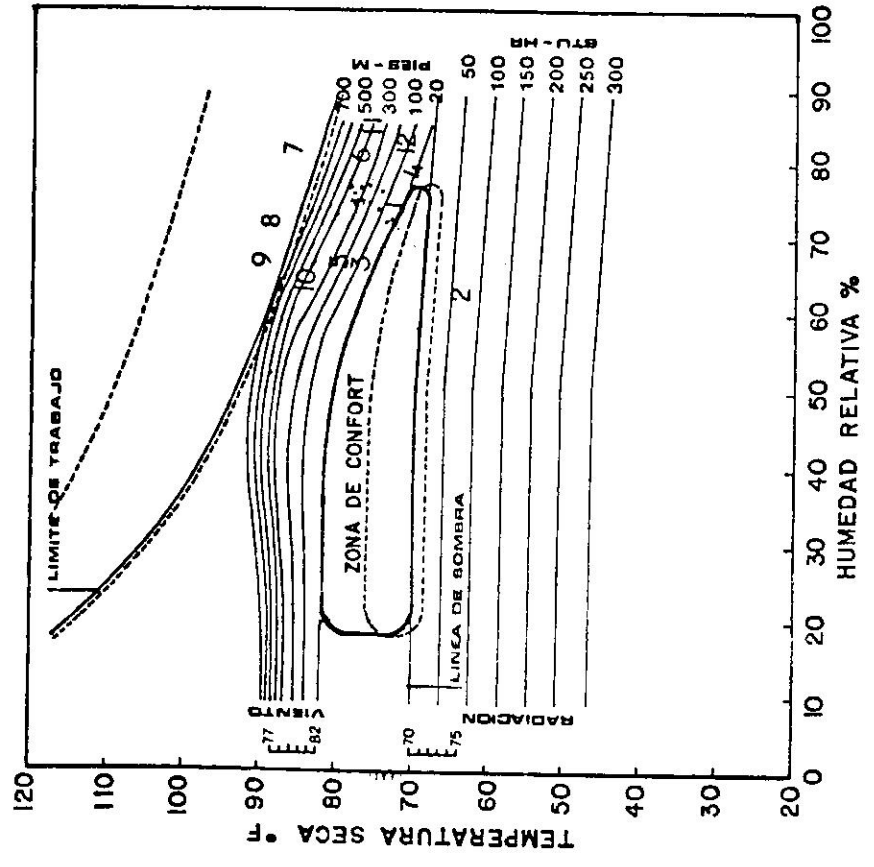
MANATI 03

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



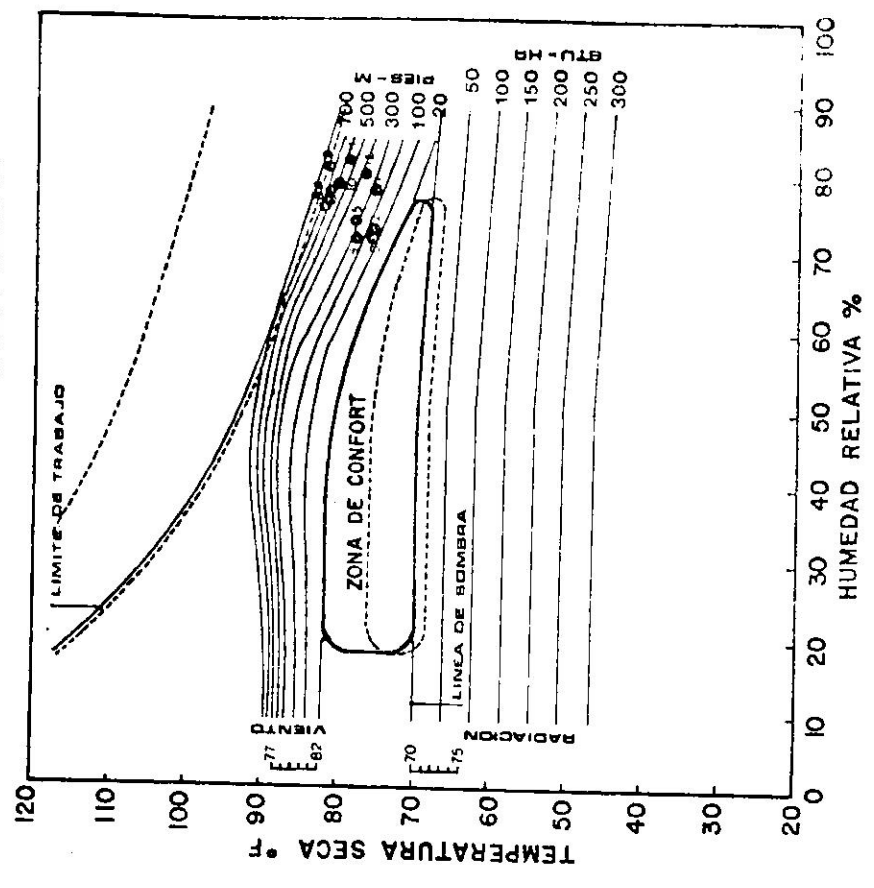
ISABELA - 03

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



FAJARDO 03

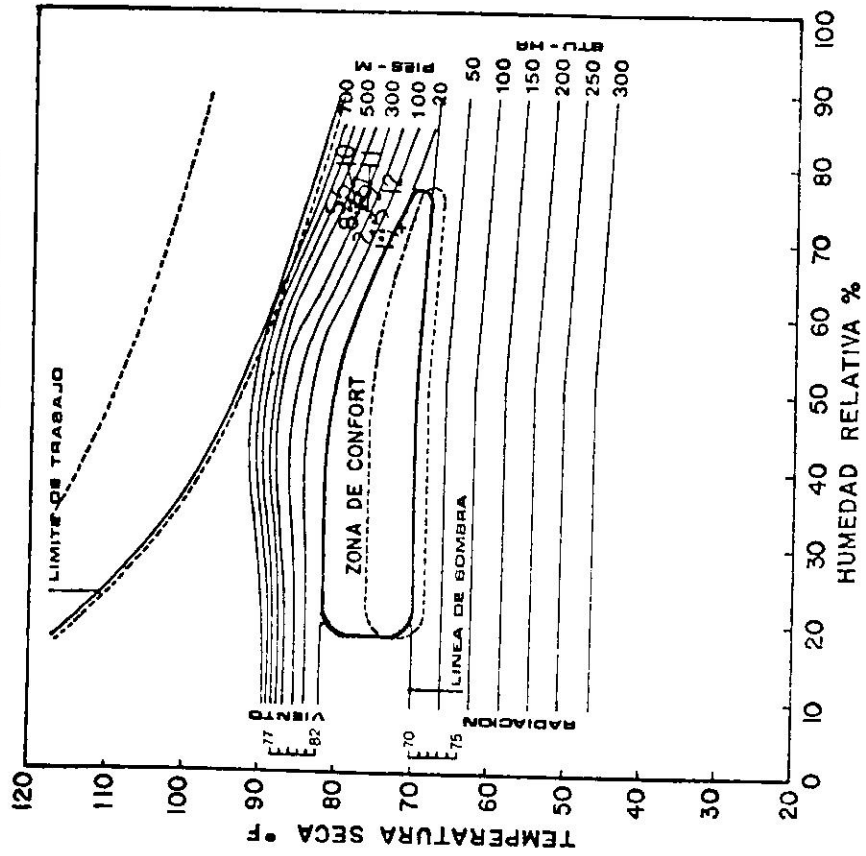
CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



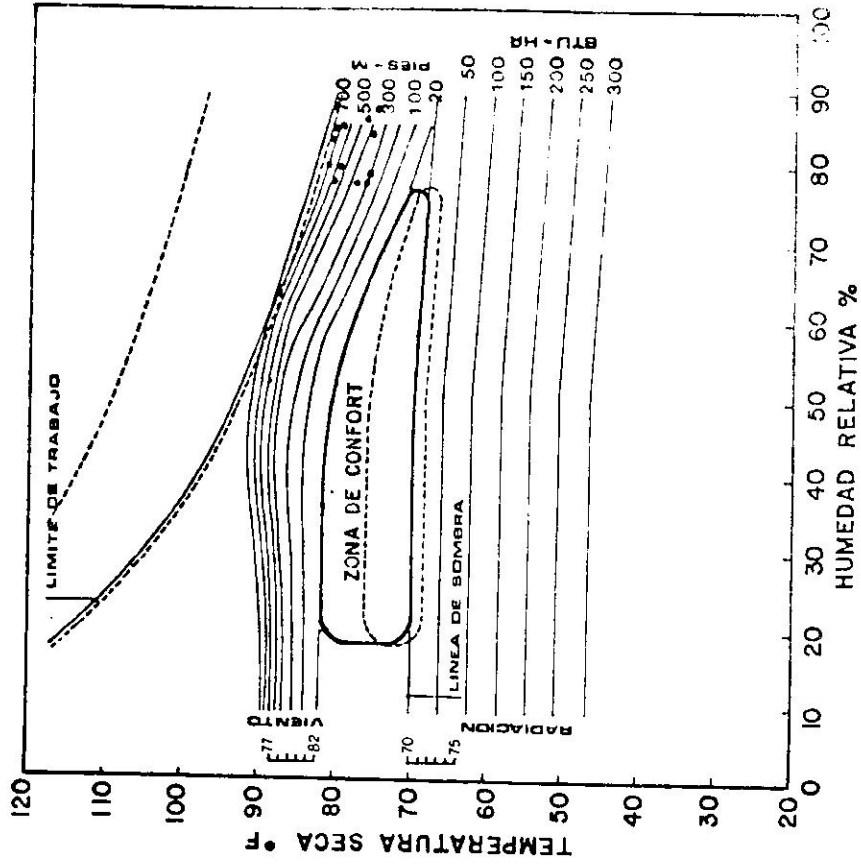
T. ALTO 03

HUMACAO 04

CARTA BIODECLIMATICA LOCAL

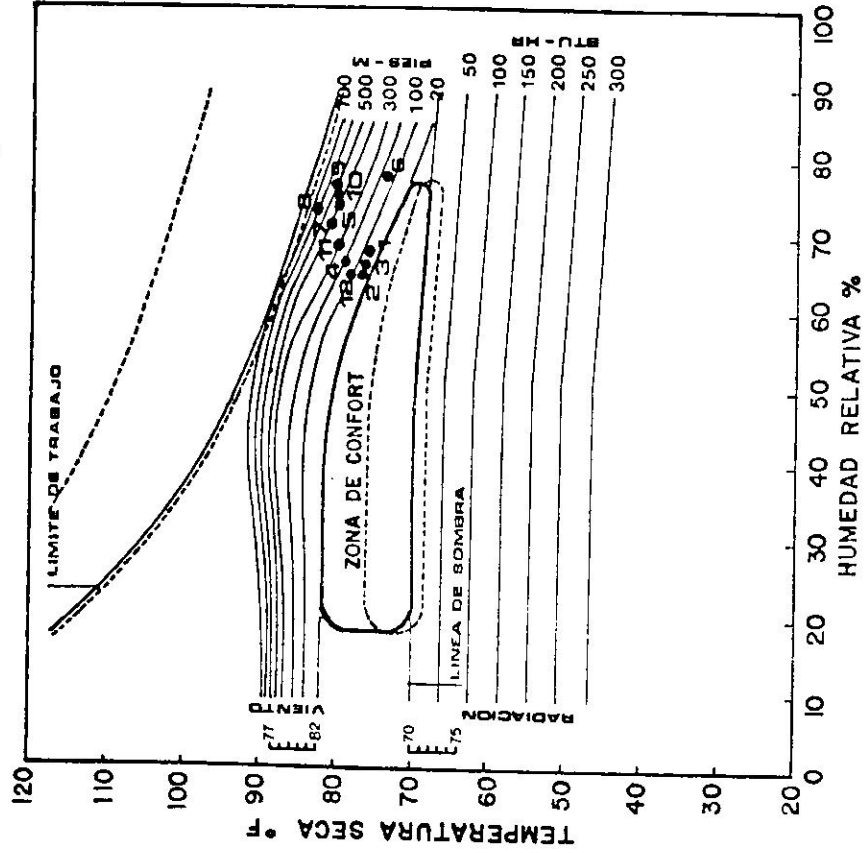


CARTA BIODECLIMATICA LOCAL



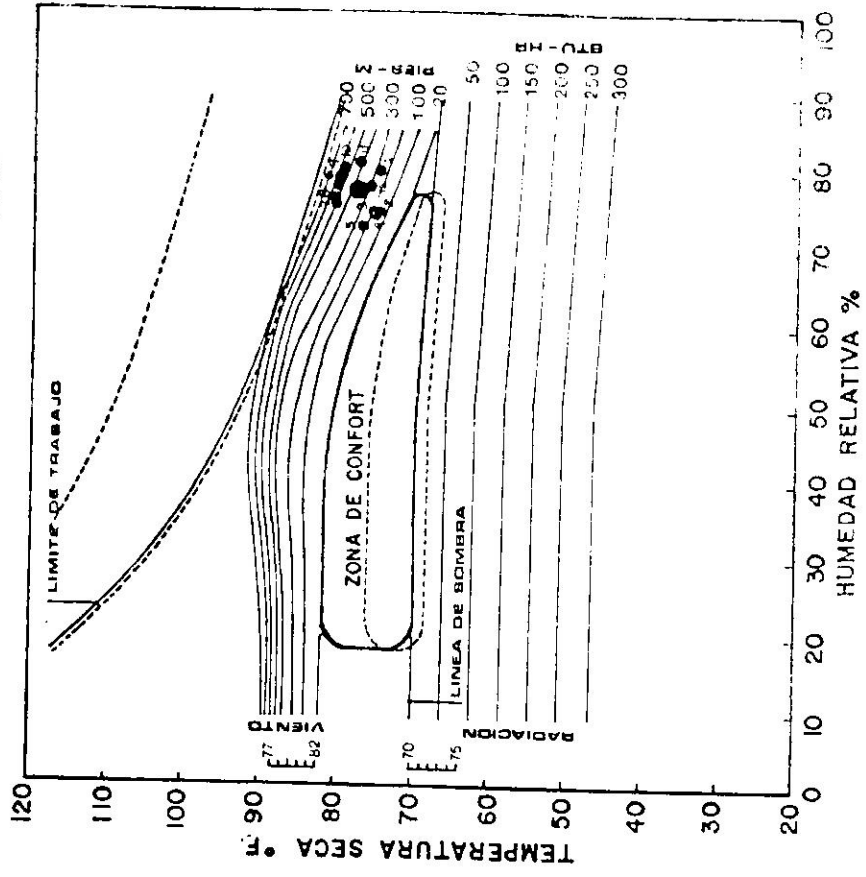
GUAYAMA 04

CARTA BIODECLIMATICA LOCAL



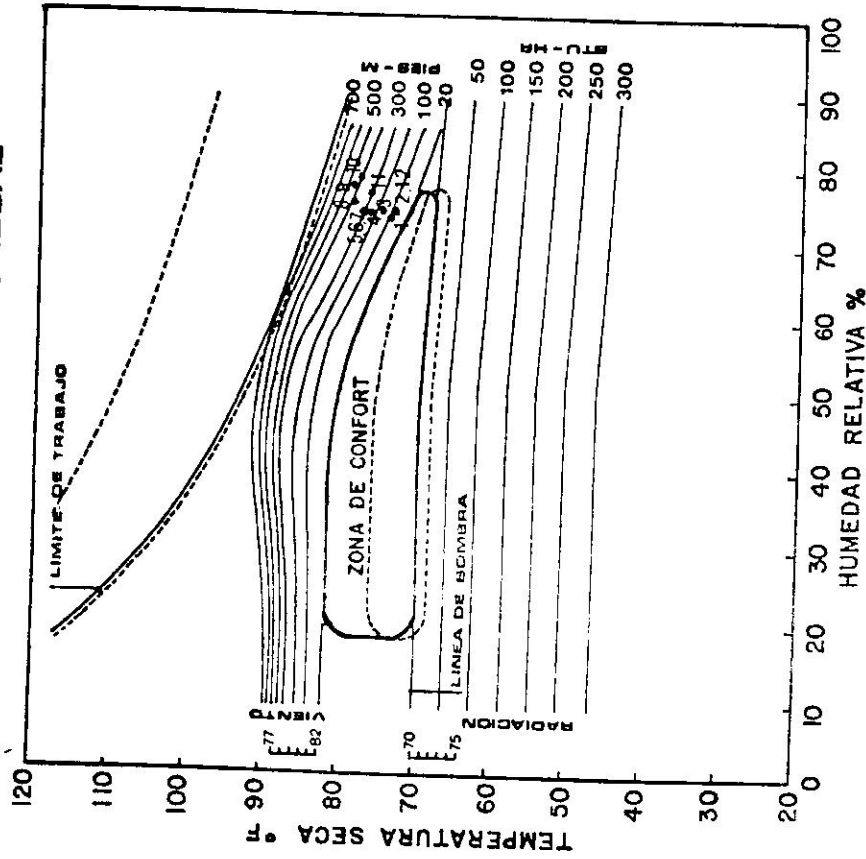
YABUCOA 04

CARTA BIODECLIMATICA LOCAL



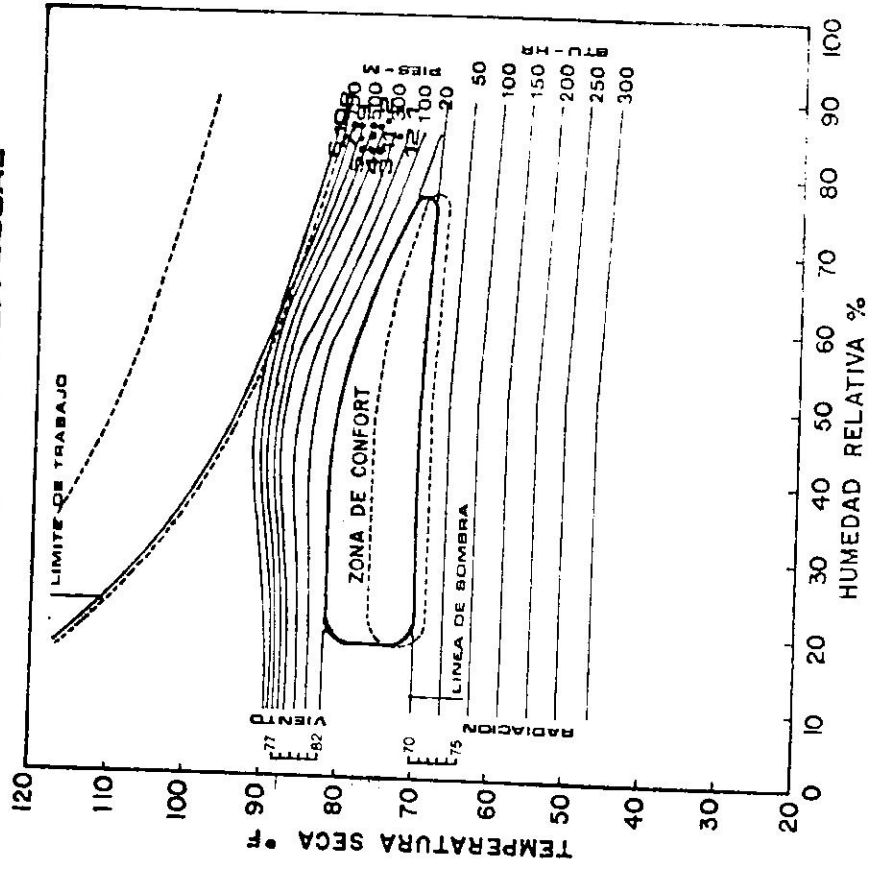
HORMIGUEROS 04

CARTA BIODECLIMATICA LOCAL



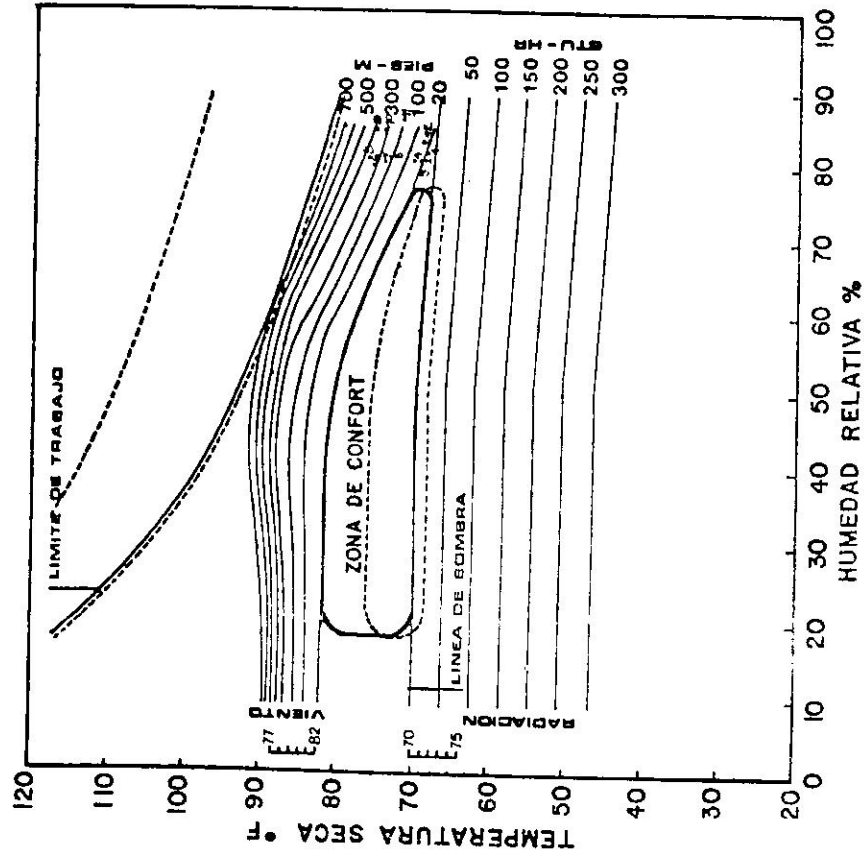
MAYAGUEZ 04

CARTA BIODECLIMATICA LOCAL



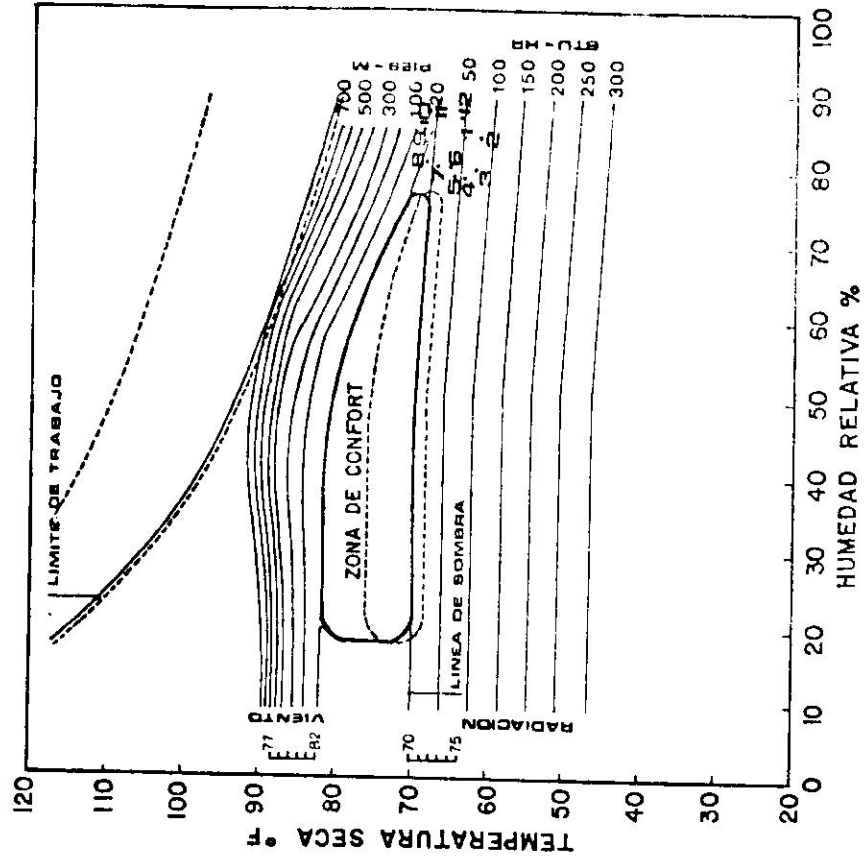
CAYEY-06

CARTA BIODECLIMATICA LOCAL



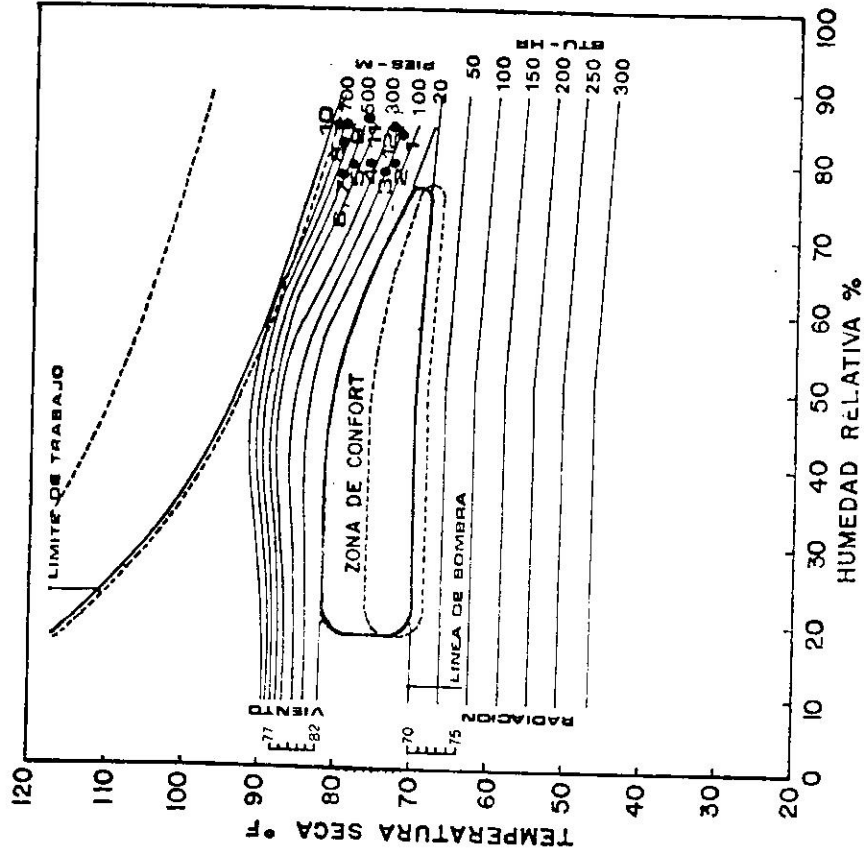
PICO DEL ESTE OB

CARTA BIODECLIMATICA LOCAL



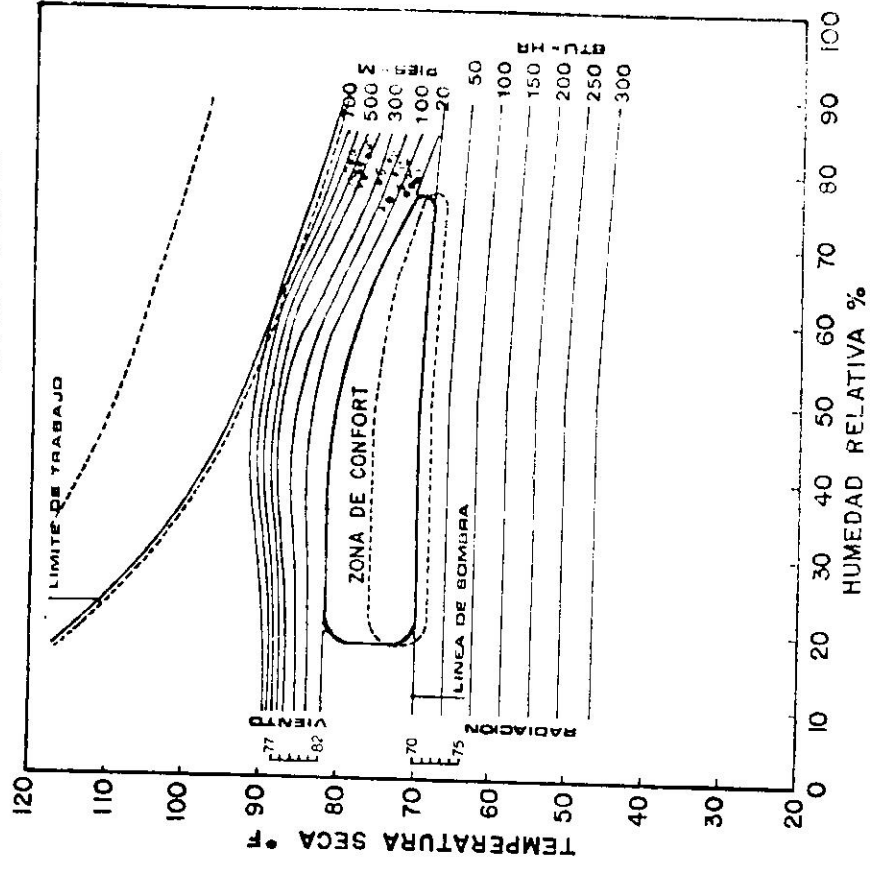
JUNCOS 05

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



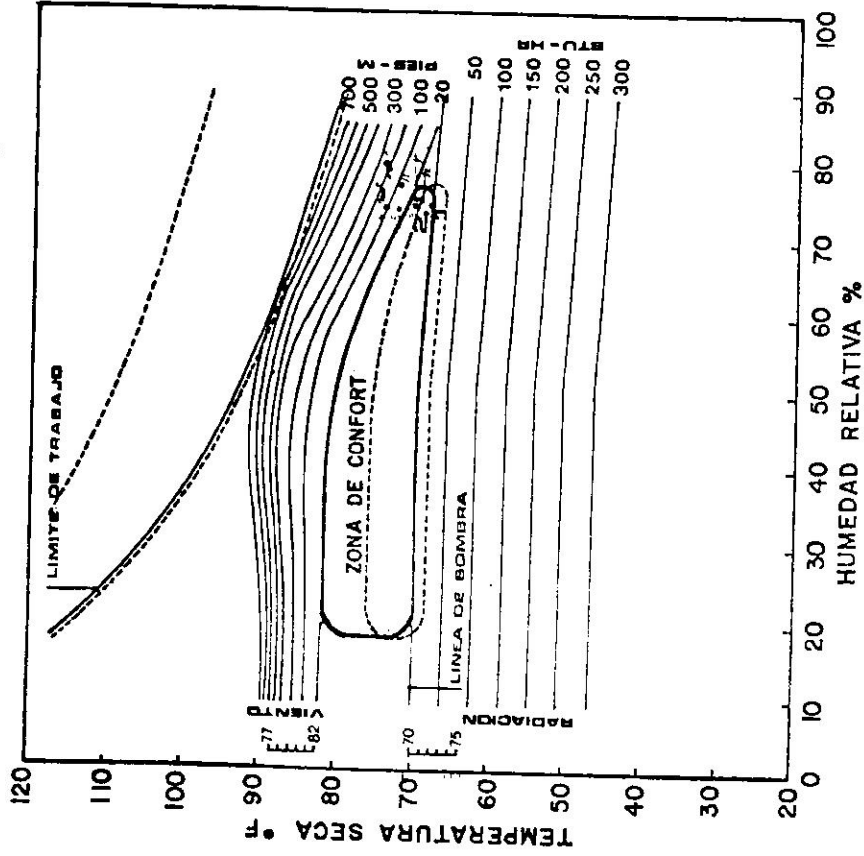
GURABO 06

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



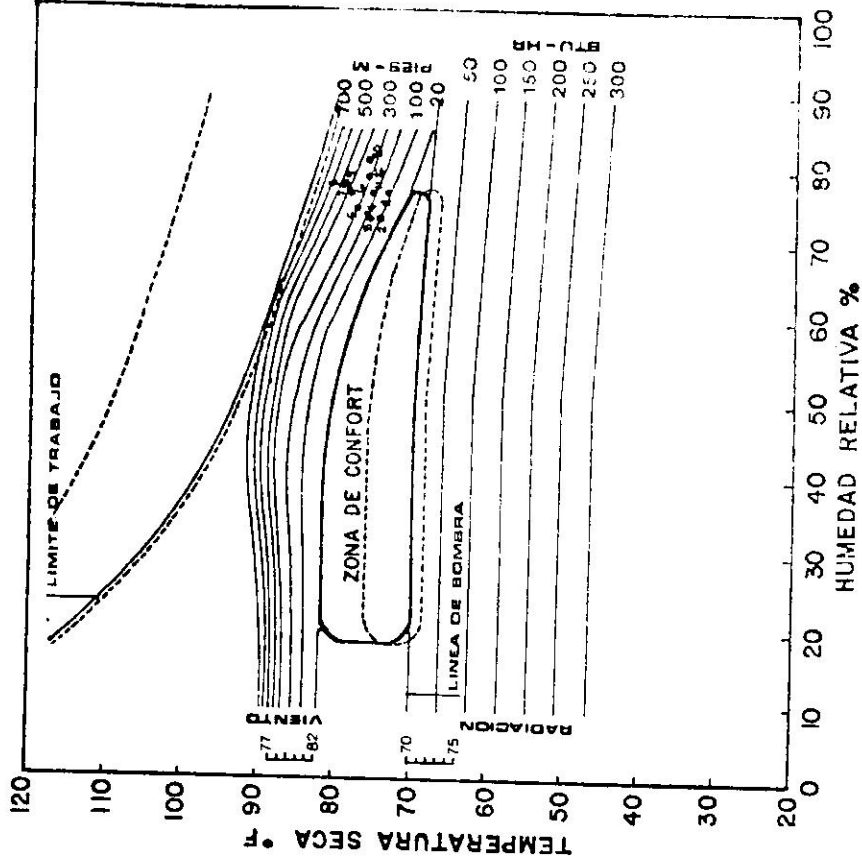
BARRANGUITAS 08

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



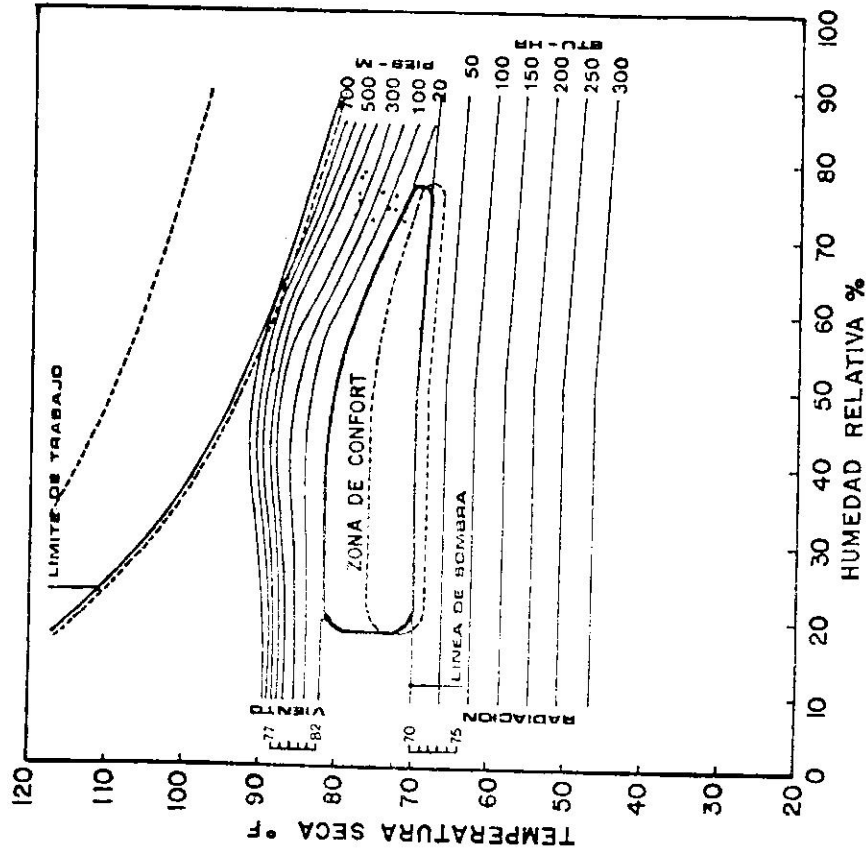
UTUADO 08

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



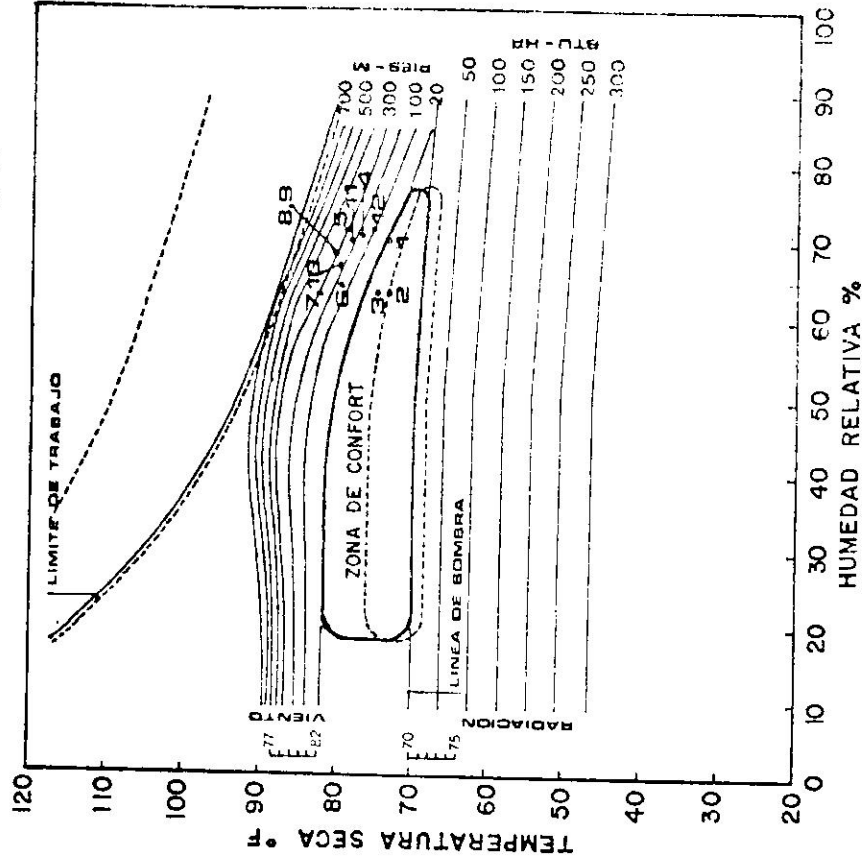
UTUADO 08

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



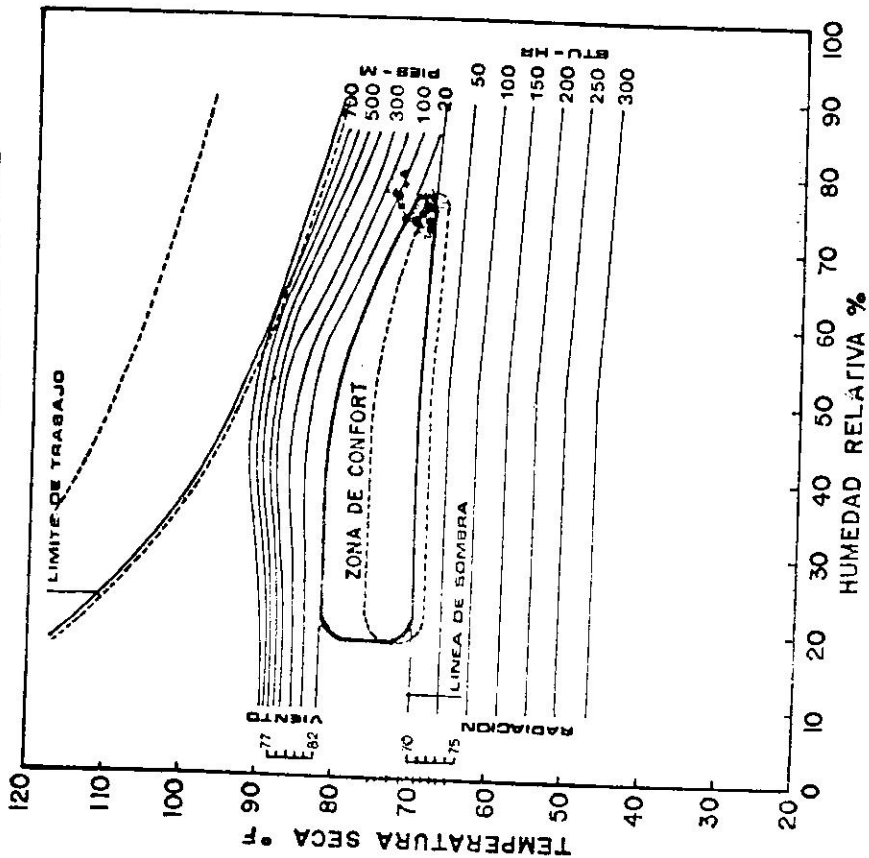
SAN SEBASTIAN 06

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



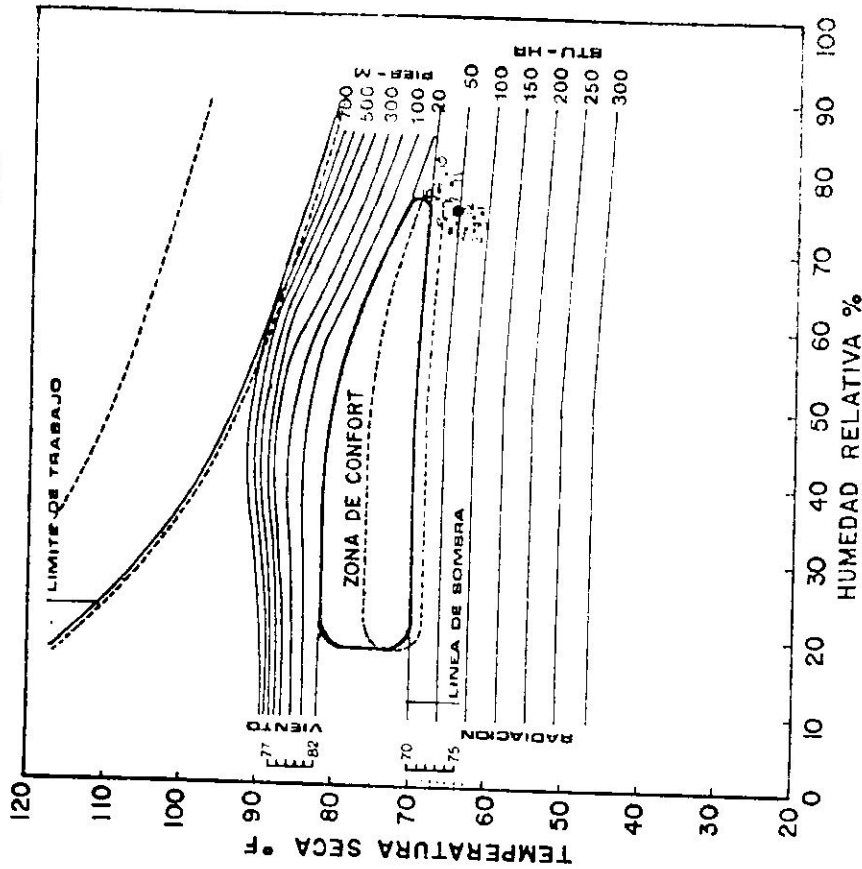
CERRO MARAVILLA 08

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



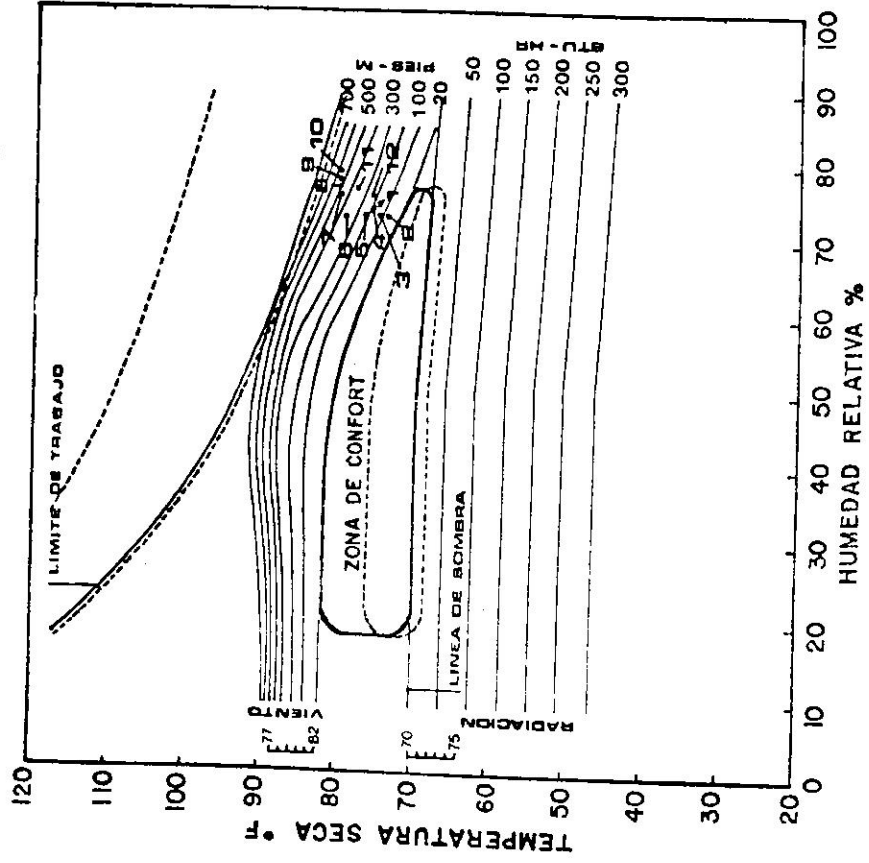
MARICAO 08

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



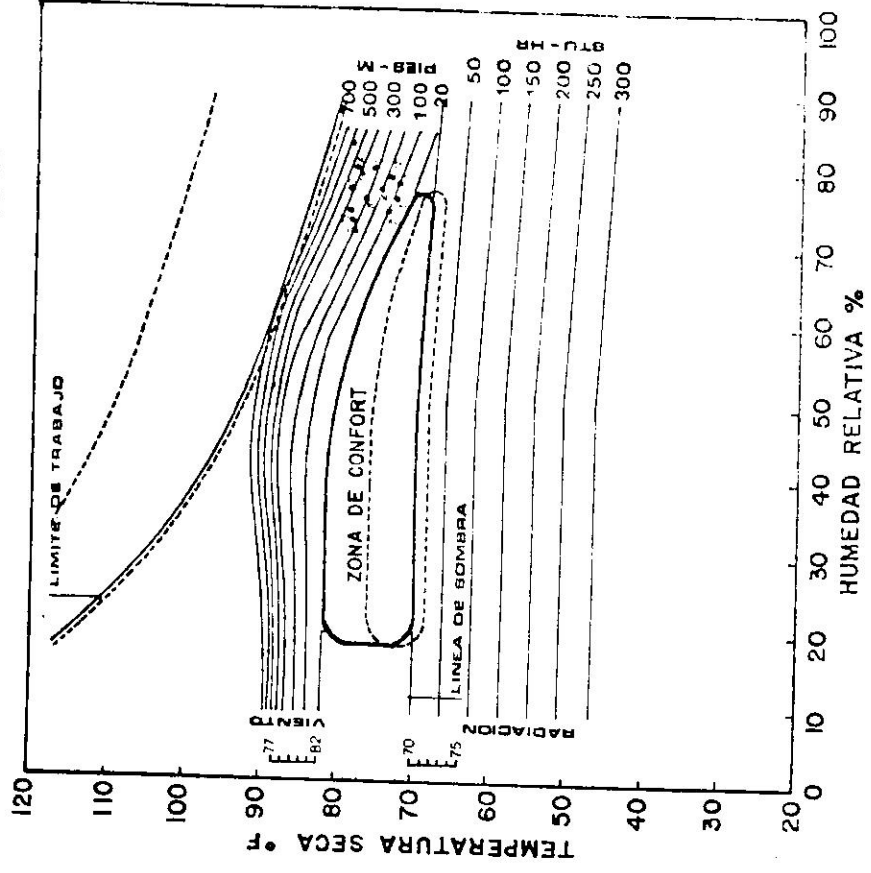
ARECIBO 06

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



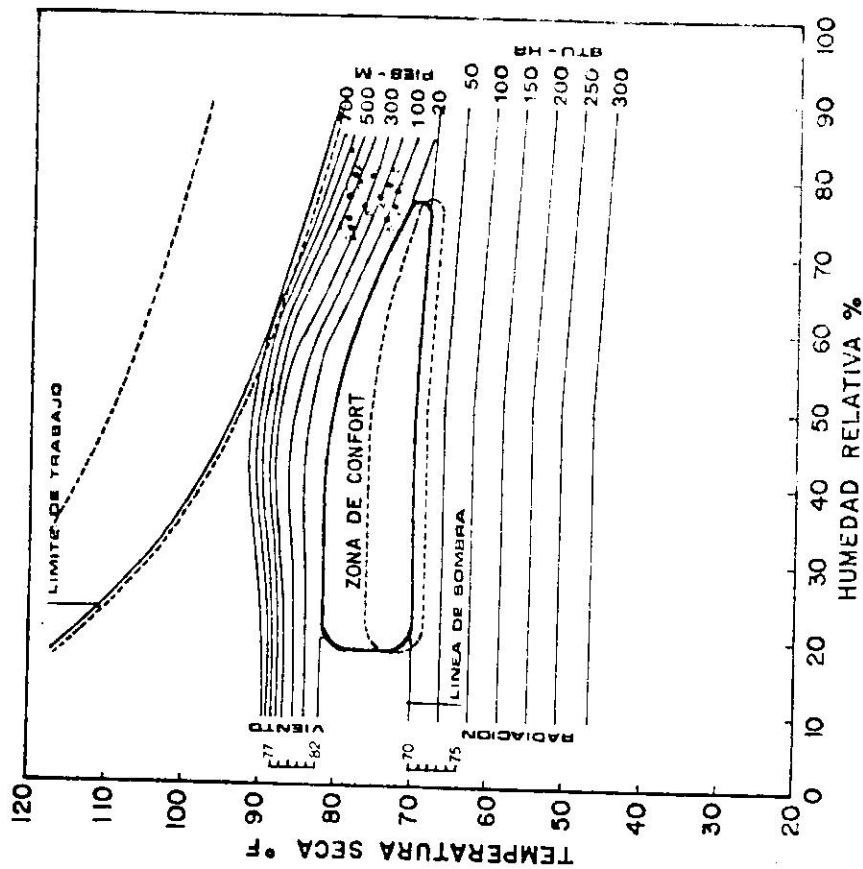
CORDAZAL -06

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



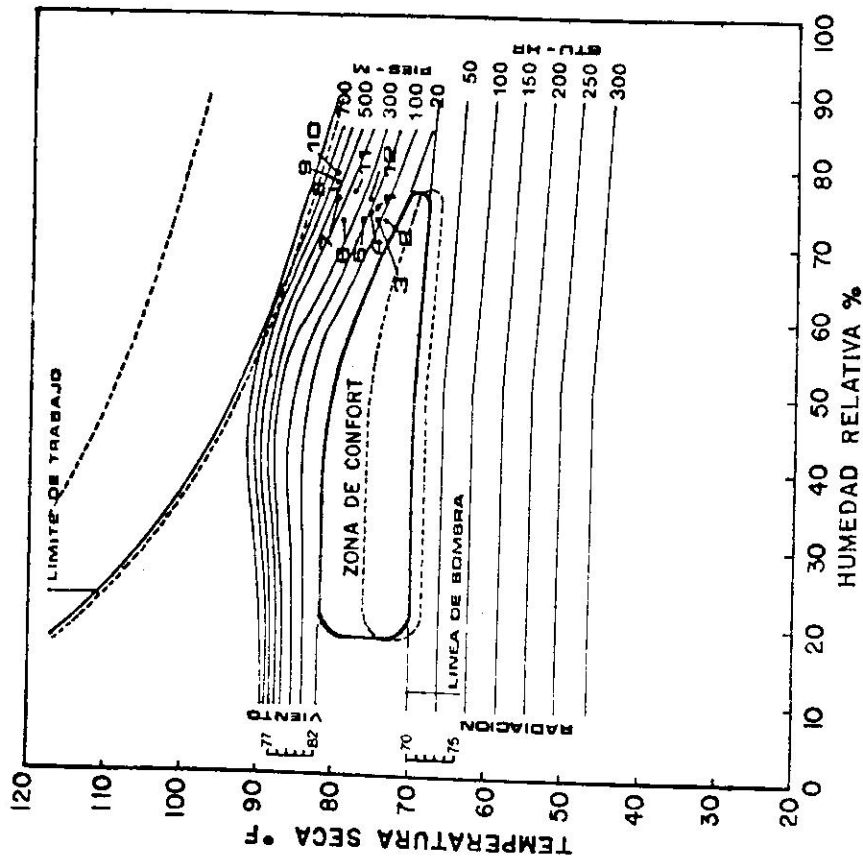
COROZAL -08

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



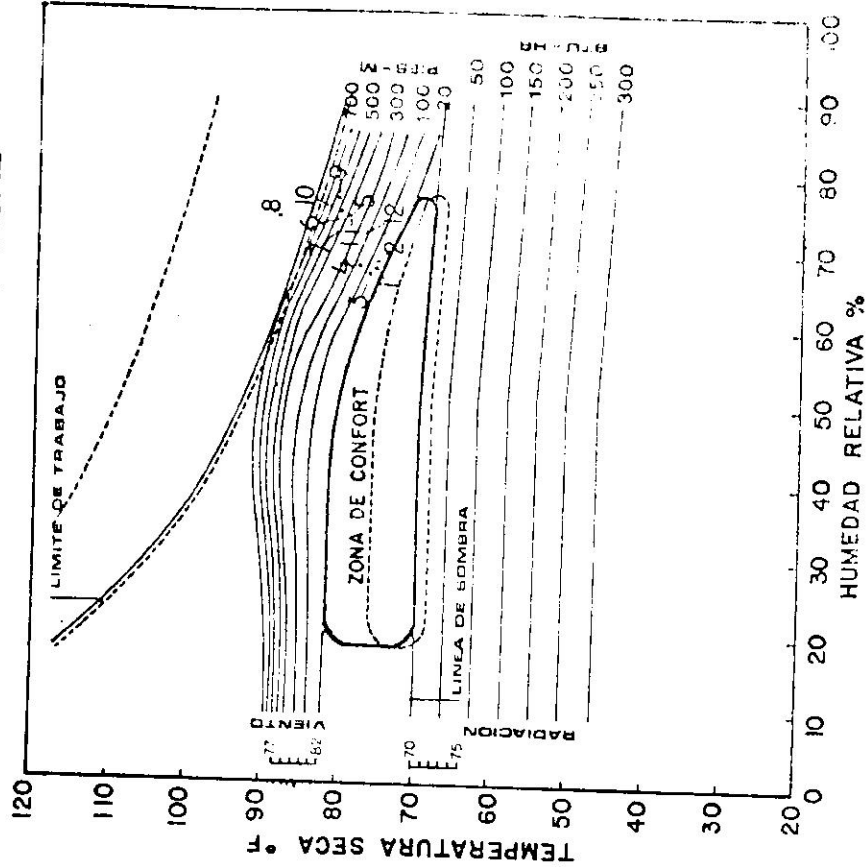
ARECIBO 06

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



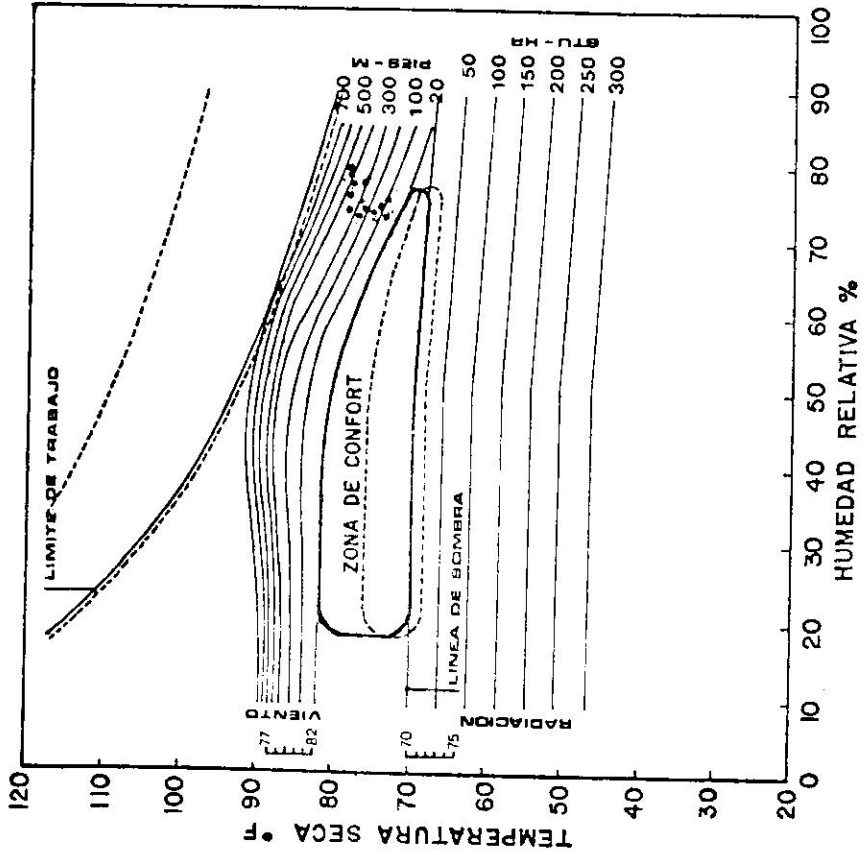
CULEBRA-07.

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL

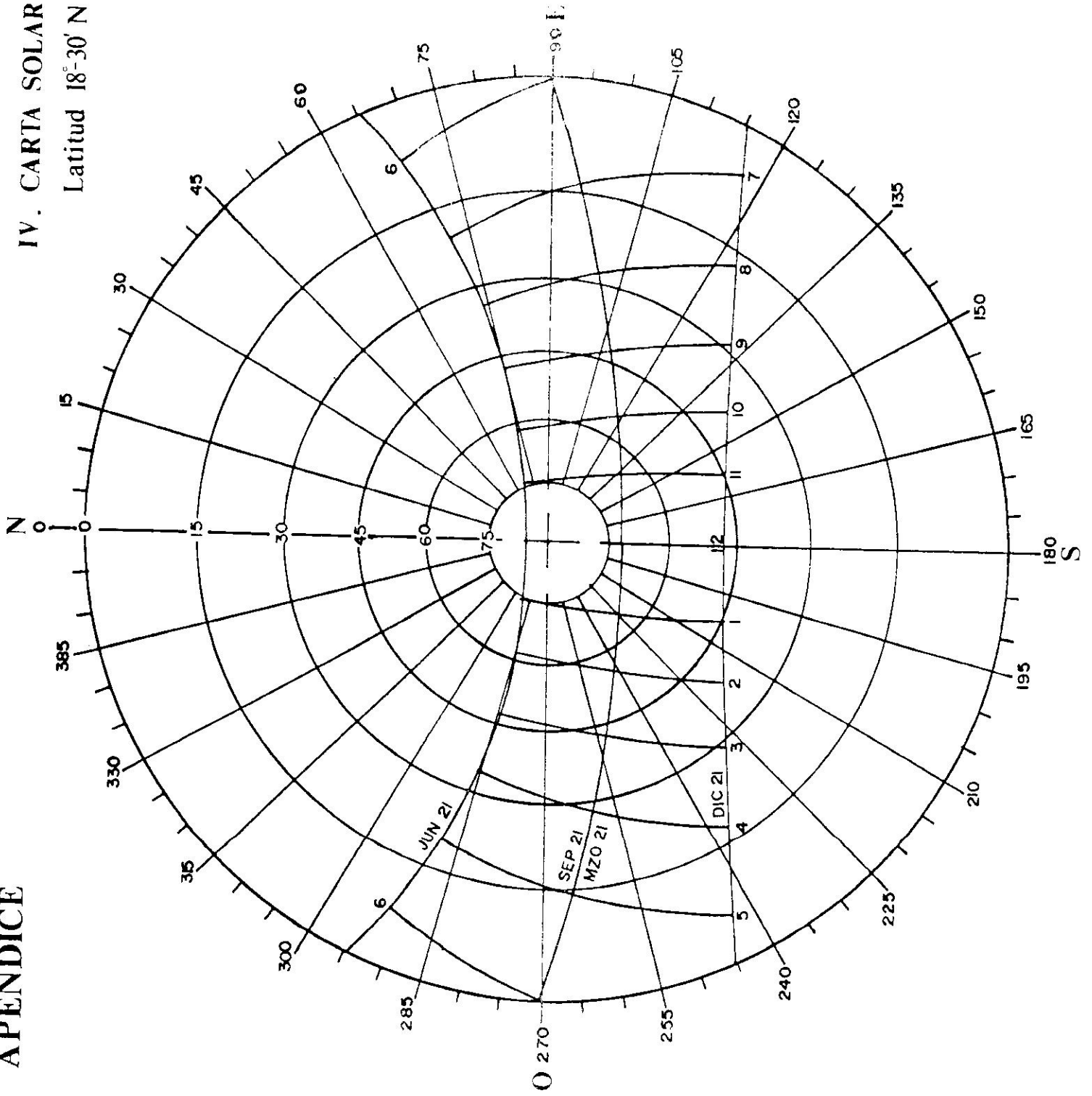


COLO80-08

CARTA BIOCLIMATICA LOCAL



IV. CARTA SOLAR
Latitud 18°-30' N



APENDICE

V. ACIMUTOS Y ALTITUDES

ALT	JAN		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		HOR
HRUP	ALT	AZM	ALT	AZM	ALT	AZM	ALT	AZM	ALT	AZM	ALT	AZM	HRUP
5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	-114.55	6.50
5.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	-77.53	2.98	-110.42	3.98	-113.41	6.25
6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.75	-73.78	6.32	-109.33	7.25	-112.36	6.00
6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	3.56	-88.81	7.25	-79.83	9.59	-109.30	10.55	-111.38	5.75
6.50	0.48	-68.79	3.63	-77.55	7.11	-87.61	10.75	-80.92	13.27	-107.33	13.58	-110.46	5.50
6.75	3.78	-67.55	7.09	-76.28	10.66	-86.79	14.27	-81.99	16.42	-106.41	17.22	-109.61	5.25
7.00	7.05	-65.23	10.54	-74.96	14.21	-85.14	17.79	-83.05	19.89	-105.54	20.58	-108.82	5.00
7.25	10.29	-64.82	13.96	-73.56	17.75	-83.85	21.33	-84.10	23.33	-104.72	23.95	-108.09	4.75
7.50	13.49	-63.30	17.36	-72.07	21.28	-82.51	24.87	-85.15	26.77	-103.94	27.34	-107.42	4.50
7.75	16.64	-61.66	20.73	-70.49	24.80	-81.11	28.41	-86.30	30.23	-103.21	30.73	-106.81	4.25
8.00	19.75	-59.90	24.06	-68.79	28.30	-79.65	31.97	-87.38	32.70	-102.51	34.14	-106.27	4.00
8.25	22.79	-58.00	27.35	-66.75	31.79	-78.03	35.57	-88.28	35.17	-101.85	37.53	-105.79	3.75
8.50	25.77	-55.93	30.60	-64.56	35.25	-76.32	39.23	-89.52	40.55	-101.24	40.97	-105.32	3.50
8.75	28.68	-53.69	33.80	-62.78	38.70	-74.45	42.63	-89.29	44.15	-100.66	44.42	-105.05	3.25
9.00	31.50	-51.24	36.92	-60.39	42.11	-72.40	46.19	-88.81	47.65	-100.14	47.86	-104.81	3.00
9.25	34.22	-48.57	35.97	-57.75	45.48	-70.11	49.74	-88.64	51.15	-99.65	51.20	-104.69	2.75
9.50	36.83	-45.65	42.93	-54.81	48.79	-67.53	53.28	-85.13	54.88	-99.24	54.73	-104.69	2.50
9.75	39.38	-42.46	45.78	-51.54	52.05	-64.60	55.82	-83.43	58.17	-98.40	58.17	-104.87	2.25
10.00	41.83	-38.97	48.49	-47.87	55.21	-61.21	60.35	-81.47	61.68	-98.54	61.61	-105.28	2.00
10.25	44.77	-35.10	51.05	-43.75	58.27	-57.24	63.85	-79.15	65.20	-98.51	65.01	-105.79	1.75
10.50	45.71	-31.82	53.40	-39.11	61.19	-52.55	67.33	-76.30	68.74	-98.57	68.44	-107.17	1.50
10.75	47.42	-28.53	55.52	-33.92	63.90	-46.97	70.73	-72.82	74.23	-98.50	71.82	-109.07	1.25
11.00	48.88	-24.72	57.35	-28.14	66.35	-40.18	74.18	-67.61	78.74	-99.71	75.16	-111.55	1.00
11.25	50.05	-16.60	58.66	-21.75	68.45	-32.08	77.30	-60.29	79.74	-101.47	78.79	-114.17	0.75
11.50	50.80	-11.22	57.97	-15.30	70.07	-23.53	80.21	-48.63	81.70	-105.52	81.42	-117.25	0.50
11.75	51.42	-5.66	60.67	-7.54	71.14	-11.67	82.47	-29.25	84.03	-111.70	83.34	-120.32	0.25
12.00	51.60	0.00	60.90	0.00	71.50	0.00	83.40	0.00	86.22	-109.00	85.07	-123.10	0.00

V . ACIMUTOS Y ALTITUDES

AM	JUL		AUG		SEP		OCT		NOV		DEC		FM
HOUR	ALT	AZM	ALT	AZM	ALT	AZM	ALT	AZM	ALT	AZM	ALT	AZM	HOUR
5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.50
5.75	3.04	-110.61	0.34	-77.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.75
6.00	6.39	-107.52	3.81	-76.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00
6.25	9.74	-103.50	7.31	-73.63	3.71	-69.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25
6.50	13.12	-107.53	10.81	-60.71	7.27	-68.09	3.50	-77.46	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50
6.75	16.52	-106.61	14.32	-61.00	10.92	-66.87	7.06	-75.19	0.00	0.00	0.00	0.00	6.75
7.00	19.94	-105.75	17.85	-62.35	14.37	-65.63	10.50	-74.86	7.05	-66.23	2.49	-64.26	7.00
7.25	23.37	-104.93	21.39	-63.89	17.91	-64.35	13.92	-73.46	10.29	-64.82	5.82	-62.94	7.25
7.50	26.81	-104.16	24.92	-64.94	21.45	-63.02	17.32	-71.98	13.49	-63.32	11.93	-61.54	7.50
7.75	30.26	-103.43	28.47	-65.92	24.97	-61.52	20.85	-70.39	16.64	-61.67	14.91	-59.40	7.75
8.00	33.73	-102.75	32.02	-67.05	28.48	-60.15	24.02	-68.69	19.75	-59.90	17.98	-56.60	8.00
8.25	37.20	-102.10	35.57	-68.14	31.98	-58.56	27.31	-66.85	22.77	-58.00	20.91	-54.72	8.25
8.50	40.68	-101.50	39.11	-69.27	35.45	-56.88	30.55	-64.85	25.77	-55.93	23.79	-52.69	8.50
8.75	44.17	-100.94	42.58	-69.55	38.90	-55.04	33.74	-62.68	28.69	-53.69	26.57	-50.40	8.75
9.00	47.67	-100.43	46.03	-68.29	42.32	-53.01	36.87	-60.29	31.50	-51.24	29.27	-48.04	9.00
9.25	51.17	-99.96	49.79	-66.94	45.76	-50.75	39.92	-57.64	29.22	-48.57	31.89	-45.41	9.25
9.50	54.67	-99.59	53.34	-65.45	49.02	-48.20	42.87	-54.71	26.83	-45.65	34.33	-42.55	9.50
9.75	58.18	-99.28	56.88	-63.78	52.30	-45.30	45.72	-51.42	24.30	-42.46	36.54	-39.45	9.75
10.00	61.69	-99.05	60.41	-61.86	55.49	-41.24	48.42	-47.72	21.62	-38.97	38.59	-36.00	10.00
10.25	65.20	-98.89	63.92	-75.59	58.57	-38.01	50.77	-43.64	18.87	-35.16	40.54	-33.20	10.25
10.50	68.71	-99.11	67.40	-75.79	61.51	-35.34	53.32	-39.01	16.11	-31.60	42.45	-30.41	10.50
10.75	72.22	-99.55	70.83	-73.19	64.35	-47.71	55.43	-33.82	13.41	-28.52	44.24	-27.38	10.75
11.00	75.73	-100.52	74.19	-68.25	67.14	-48.45	57.24	-28.05	10.74	-25.72	45.97	-24.91	11.00
11.25	79.11	-102.57	77.51	-61.05	69.83	-31.78	58.75	-21.87	8.05	-23.00	47.57	-22.03	11.25
11.50	82.65	-107.00	80.35	-49.33	70.55	-23.08	59.86	-14.81	5.30	-20.30	49.07	-18.72	11.50
11.75	85.94	-120.11	83.65	-37.95	71.63	-11.72	60.57	-7.51	2.52	-17.62	50.48	-15.10	11.75
12.00	88.00	-132.00	86.60	0.00	72.00	0.00	60.80	0.00	0.00	-15.00	51.80	-11.80	12.00

ENERO - HORIZONTAL

APENDICE

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	NNW
NE	-1	.34	1.39	5.63	-1	-1	-1	NW
ENE	-1	.17	.59	1.27	3.13	-1	-1	WNW
E	-1	.13	.41	.78	1.41	3.09	-1	W
ESE	-1	.12	.36	.63	1.01	1.64	3.19	WSW
SE	-1	.13	.37	.61	.89	1.24	1.70	W
SSE	-1	.17	.45	.67	.92	1.14	1.36	WSW
S	-1	.3	.71	.97	1.14	1.23	1.24	W
SSW	-1	5.58	2.71	2.18	1.86	1.59	1.36	ESE
SW	-1	-1	-1	-1	8.46	2.89	1.78	SE
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	83.94	3.29	ESE
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	0	-67	-60	-52	-39	-22	0	AZIM.
ALTI.	0	7	19	31	41	48	51	ALTI.

FEBRERO - HORIZONTAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	-1	1.43	19.86	-1	-1	-1	-1	NNW
NE	-1	.37	1.1	2.87	21.57	-1	-1	NW
ENE	-1	.23	.61	1.22	2.03	10.86	-1	WNW
E	-1	.19	.47	.86	1.52	3.3	-1	W
ESE	-1	.18	.44	.75	1.19	2.01	4.9	WSW
SE	-1	.21	.48	.77	1.1	1.67	3.19	W
SSE	-1	.3	.64	.95	1.25	1.56	1.94	WSW
S	-1	.71	1.23	1.54	1.88	1.77	1.7	W
SSW	-1	-1	-1	.07	3.6	2.46	1.74	WSW
SW	-1	-1	-1	-1	-1	5.38	2.74	W
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	4.67	ESE
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	0	10	105	101	118	117	0	AZIM.
ALTI.	0	10	24	36	49	57	60	ALTI.

VI. TABLA CALCULADORA

MARZO - HORIZONTAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	-1	.83	2.56	10.59	-1	-1	-1	NNW
NE	-1	.39	.94	1.96	5.15	-1	-1	NW
ENE	-1	.28	.74	1.18	2.3	7.51	-1	WNW
E	-1	.25	.54	.94	1.64	3.53	-1	W
ESE	-1	.26	.55	.9	1.44	2.57	7.8	WSW
SE	-1	.33	.65	1.01	1.49	2.29	4.22	SW
SSE	-1	.55	.99	1.4	1.84	2.39	3.23	SSW
S	-1	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	S
SSW	-1	-1	-1	-1	13.13	4.97	3.23	SSE
SW	-1	-1	-1	-1	-1	27.17	4.22	SE
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	7.8	ESE
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	0	-86	-90	-73	-62	-41	0	AZIM.
ALTI.	0	14	28	42	55	66	71	ALTI.

ABRIL - HORIZONTAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	.33	1.19	1.84	2.57	7.37	1902.57	-1	NNW
NE	.11	.52	.92	1.52	2.95	9.13	-1	NW
ENE	.07	.36	.68	1.14	2.04	4.75	-1	WSW
E	.06	.32	.62	1.04	1.77	3.79	-1	W
ESE	.06	.33	.65	1.11	1.81	3.51	32.59	WSW
SE	.07	.4	.84	1.42	2.16	3.8	12.22	SW
SSE	.11	.75	1.46	2.51	3.4	4.97	8.35	SSW
S	.43	2.05	13.13	30.05	11.04	9.11	0.64	S
SSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	9.35	SSE
SW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	12.22	SE
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	32.59	ESE
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	-79	-84	-88	-82	-92	-88	0	AZIM.
ALTI.	3	17	31	45	50	71	85	ALTI.

MAYO -- HORIZONTAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	.33	1.35	3.07	6.23	12.35	23.32	31.82	N
NNE	.16	.58	1.16	2.03	3.56	7.38	34.44	NNW
NE	.12	.41	.79	1.33	2.3	4.82	45	NW
ENE	.11	.36	.67	1.12	1.91	4.03	83.16	WNW
E	.11	.37	.68	1.11	1.87	3.99	-1	W
ESE	.14	.45	.81	1.3	2.16	4.65	-1	WSW
SE	.25	.73	1.24	1.91	3.13	6.81	-1	SW
SSE	2	2.98	3.84	5.12	7.74	17.78	-1	SSW
S	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	S
SSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	SSE
SW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	SE
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	ESE
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	-110	-106	-103	-101	-99	-100	-180	
ALTI.	6	19	33	47	61	75	88	

JUNIO -- HORIZONTAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	.33	1.16	2.42	4.32	7.02	10.04	11.54	N
NNE	.18	.56	1.08	1.82	3.02	5.37	12.49	NNW
NE	.13	.41	.77	1.27	2.13	4.09	16.32	NW
ENE	.12	.37	.68	1.11	1.86	3.77	30.17	WNW
E	.13	.39	.7	1.14	1.91	4.07	-1	W
ESE	.17	.49	.86	1.38	2.34	5.29	-1	WSW
SE	.33	.85	1.41	2.19	3.73	9.67	-1	SW
SSE	52.11	5.85	6.24	8.26	14.71	486.63	-1	SSW
S	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	S
SSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	SSE
SW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	SE
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	ESE
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	-113	-109	-107	-105	-100	-113	-160	
ALTI.	7	20	34	47	61	75	85	

JULIO - HORIZONTAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	.33	1.33	3.02	5.06	11.78	21.52	28.63	N
NNE	.16	.58	1.15	2.01	3.54	7.21	30.59	NNW
NE	.12	.41	.78	1.33	2.29	4.75	40.5	NW
ENE	.11	.36	.67	1.12	1.9	4.01	74.83	NNW
E	.11	.37	.68	1.11	1.87	3.99	-1	W
ESE	.15	.46	.81	1.3	2.17	4.49	-1	WSW
SE	.25	.74	1.25	1.93	3.16	5.94	-1	SW
SSE	2.15	3.08	3.94	5.25	7.98	18.93	-1	SSW
S	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	S
SSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	SSE
SW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	SE
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	ESW
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	-110	-106	-103	-101	-100	-101	-180	
ALTI.	6	19	33	47	61	75	88	

AGOSTO - HORIZONTAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	.24	1.21	1.86	2.94	7.09	264.99	-1	NNW
NE	.12	.52	.93	1.52	2.93	8.94	-1	NW
ENE	.08	.37	.69	1.14	2.04	4.5	-1	NNW
E	.06	.32	.62	1.04	1.77	3.8	-1	W
ESE	.06	.33	.66	1.11	1.81	3.53	23.90	WSW
SE	.07	.4	.84	1.43	2.2	3.84	12.6	SW
SSE	.11	.65	1.45	2.54	3.45	5.06	9.54	SSW
S	.33	2.58	12.14	35.06	12.43	9.51	8.91	S
SSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	9.64	ESW
SW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	12.6	SE
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	23.29	ESW
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	-75	-60	-66	-89	-75	-9	3	
ALTI.	3	17	31	46	62	74	83	

SEPTIEMBRE - HORIZONTAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	-1	.82	2.47	9.48	-1	-1	-1	NNW
NE	-1	.39	.94	1.93	4.99	-1	-1	NW
ENE	-1	.28	.64	1.18	2.28	7.35	-1	WNW
E	-1	.25	.55	.95	1.64	3.54	-1	W
ESE	-1	.26	.55	.91	1.46	2.6	8.04	WSW
SE	-1	.33	.66	1.03	1.52	2.33	4.35	SW
SSE	-1	.56	1.01	1.43	1.88	2.45	3.33	SSW
S	-1	3.36	3.17	3.11	3.09	3.08	3.07	S
SSW	-1	-1	-1	-1	15.01	5.2	3.33	SSE
SW	-1	-1	-1	-1	-1	32.98	4.35	SE
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	8.04	ESE
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	-79	-86	-81	-74	-62	-41	0	AZIM.
ALTI.	3	14	28	42	55	56	72	ALTI.

OCTUBRE - HORIZONTAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	-1	1.44	21.46	-1	-1	-1	-1	NNW
NE	-1	.37	1.1	2.84	23.39	-1	-1	NW
ENE	-1	.22	.61	1.22	2.04	15.0	-1	WNW
E	-1	.19	.47	.86	1.52	3.3	-1	W
ESE	-1	.18	.44	.75	1.19	2.01	4.87	WSW
SE	-1	.21	.48	.77	1.12	1.62	4.53	SW
SSE	-1	.3	.69	.74	1.24	1.55	1.62	SSW
S	-1	.7	1.22	1.51	1.67	1.76	1.78	S
SSW	-1	-1	-1	5.97	3.33	2.44	1.93	SSE
SW	-1	-1	-1	-1	-1	9.33	2.52	SE
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	3.67	ESE
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	-79	-85	-80	-61	-48	-29	0	AZIM.
ALTI.	3	10	24	34	48	57	70	ALTI.

NOVEMBRE - HORIZONTAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	NNW
NE	-1	.34	1.39	5.63	-1	-1	-1	NW
ENE	-1	.17	.59	1.27	3.13	-1	-1	NNW
E	-1	.13	.41	.78	1.41	3.09	-1	W
ESE	-1	.12	.36	.63	1.01	1.64	3.29	WSW
SE	-1	.13	.37	.61	.89	1.24	1.78	SW
SSE	-1	.17	.45	.69	.92	1.14	1.36	SSW
S	-1	.3	.71	.97	1.14	1.23	1.25	S
SSW	-1	5.58	2.71	2.18	1.85	1.59	1.36	SSE
SW	-1	-1	-1	-1	8.46	2.87	1.78	SE
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	83.94	3.29	ESE
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	-79	-67	-60	-52	-39	-22	0	
ALTI.	3	7	19	31	41	48	51	

DICIEMBRE - HORIZONTAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	NNW
NE	-1	.32	1.6	10.55	-1	-1	-1	NNE
ENE	-1	.15	.57	1.29	3.42	-1	-1	NNW
E	-1	.11	.38	.75	1.36	3	-1	W
ESE	-1	.09	.33	.59	.94	1.51	2.0	WSW
SE	-1	.1	.33	.56	.81	1.12	1.57	S
SSE	-1	.15	.39	.62	.82	1.07	1.2	SSW
S	-1	.21	.54	.83	.99	1.08	1.11	S
SSW	-1	1.24	1.72	1.68	1.54	1.37	1.2	SSE
SW	-1	-1	-1	-1	5.19	2.39	1.57	SE
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	21.86	2.9	ESE
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	-79	-60	-57	-49	-39	-20	0	
ALTI.	3	5	17	26	36	45	48	

ENERO - VERTICAL CAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	NNE
NE	-1	2.58	3.76	9.15	-1	-1	-1	NE
ENE	-1	1.05	1.31	1.83	3.39	-1	-1	ENE
E	-1	.45	.58	.81	1.24	3.52	-1	E
ESE	-1	.03	.14	.2	.55	1.03	3.42	ESE
SE	-1	.38	.26	.1	.11	.44	1	SE
SSE	-1	.95	.16	.50	.79	.62	.92	SSE
S	-1	2.27	1.72	1.24	.8	.39	0	S
SSW	-1	45.12	7.49	3.42	1.83	.97	.41	SSW
SW	-1	-1	-1	-1	5.48	2.32	.99	SW
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	73.28	2.41	WSW

	6	7	8	9	10	11	12	PM
AZIM.	-78.51	-66.23	-59.98	-51.24	-39.97	-21.72	0.03	AZIM.
ALTI.	3.81	7.05	19.75	31.53	41.52	48.89	51.88	ALTI.

1

FEBRERO - VERTICAL CAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	-1	7.65	44.49	-1	-1	-1	-1	NNE
NE	-1	1.74	2.27	3.54	19.95	-1	-1	NE
ENE	-1	.77	.96	1.29	2.11	10.14	-1	ENE
E	-1	.27	.39	.57	.71	1.87	-1	E
ESE	-1	.13	.02	.13	.26	.83	3.42	ESE
SE	-1	.57	.44	.27	.05	.31	1	SE
SSE	-1	1.3	1.04	.7	.47	.09	.62	SSE
S	-1	3.72	2.57	1.75	1.1	.53	0	S
SSW	-1	-1	-1	8.01	2.8	1.21	.91	SSW
SW	-1	-1	-1	-1	-1	32.9	.79	SW
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	2.41	WSW

	6	7	8	9	10	11	12	PM
AZIM.	-78.51	-74.75	-68.79	-60.33	-47.87	-32.14	0.03	AZIM.
ALTI.	3.81	10.54	24.65	36.72	46.49	57.35	59.90	ALTI.

MARZO - VERTICAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	-1	3.15	4.66	11.60	-1	-1	-1	NNW
NE	-1	1.19	1.45	1.93	3.95	-1	-1	NU
ENE	-1	.52	.65	.85	1.25	3.14	-1	WNW
E	-1	.09	.19	.32	.55	1.19	-1	W
ESE	-1	.31	.41	.60	.82	.52	2.42	WSW
SE	-1	.84	.69	.51	.29	.09	1	SW
SSE	-1	1.93	1.54	1.18	.8	.31	.42	SSW
S	-1	11.76	5.45	3.15	1.81	.84	0	S
SSW	-1	-1	-1	-1	4.06	1.93	.41	SSE
SW	-1	-1	-1	-1	-1	11.85	.99	SE
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	2.41	ESE
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	-78.51	-85.14	-79.62	-72.40	-51.21	-40.18	0.00	
ALTI.	3.81	14.21	28.30	42.11	55.21	65.35	71.50	

ABRIL - VERTICAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	5.06	3.6	2.79	2.68	4.02	541.87	-1	NNW
NE	1.5	1.28	1.1	1.08	1.34	2.41	-1	NU
ENE	.67	.57	.48	.46	.61	1	-1	WNW
E	.2	.13	.05	.04	.15	.42	-1	W
ESE	.19	.27	.35	.37	.21	0	2.42	WSW
SE	.66	.78	.9	.93	.71	.41	1	SW
SSE	1.49	1.77	2.12	2.19	1.60	1	.42	SSW
S	5	8.2	21.02	20.03	6.67	2.42	0	S
SSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	.41	SSE
SW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	.99	SE
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	2.41	ESE
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	-78.70	-83.05	-87.29	-89.01	-81.47	-67.61	0.00	
ALTI.	3.75	17.79	31.97	46.19	50.35	74.10	81.40	

MAYO - VERTICAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	2.86	3.6	4.51	5.6	6.58	5.85	0	N
NNE	1.12	1.28	1.43	1.57	1.69	1.55	.61	NNE
NE	.47	.57	.64	.7	.74	.71	.99	NE
ENE	.06	.13	.18	.22	.25	.23	2.41	ENE
E	.35	.27	.22	.17	.15	.17	-1	E
ESE	.89	.78	.7	.64	.6	.63	-1	ESE
SE	2.08	1.77	1.57	1.43	1.35	1.41	-1	SE
SSE	18.05	8.19	5.67	4.56	4.05	9.4	-1	SSE
S	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	S
SSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	SSW
SW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	SW
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	WSW
	6	7	8	9	10	11	12	PM
AZIM.	-109.33	-105.54	-102.51	-100.14	-98.64	-99.71	-100.80	
ALTI.	6.32	19.89	33.70	47.85	51.49	75.74	99.58	

JUNIO - VERTICAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	2.44	2.94	3.43	3.79	4.07	2.47	0	N
NNE	1.01	1.14	1.25	1.32	1.3	1.02	.41	NNE
NE	.42	.5	.55	.59	.59	.43	.99	NE
ENE	.01	.07	.11	.14	.13	.01	2.41	ENE
E	.41	.34	.29	.26	.27	.4	-1	E
ESE	.99	.87	.8	.75	.77	.98	-1	ESE
SE	2.39	2.03	1.82	1.71	1.75	2.36	-1	SE
SSE	409.4	15.55	9.15	7.4	7.68	128.97	-1	SSE
S	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	S
SSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	SSW
SW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	SW
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	WSW
	6	7	8	9	10	11	12	PM
AZIM.	-112.36	-109.82	-105.27	-104.81	-105.28	-112.09	-100.00	
ALTI.	7.25	20.58	34.14	47.85	51.51	75.15	85.05	

JULIO - VERTICAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	2.83	3.55	4.43	5.44	6.27	5.39	0	N
NNE	1.11	1.27	1.42	1.55	1.63	1.54	.41	NNE
NE	.48	.57	.64	.69	.73	.69	.29	NE
ENE	.05	.12	.18	.22	.24	.22	2.41	ENE
E	.35	.28	.22	.19	.15	.18	-1	E
ESE	.9	.78	.7	.64	.61	.54	-1	ESE
SE	2.09	1.78	1.58	1.45	1.37	1.45	-1	SE
SSE	19.22	8.45	5.81	4.67	4.18	4.71	-1	SSE
S	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	S
SSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	SSW
SW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	SW
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	WSW
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	-109.52	-105.75	-102.75	-100.43	-97.01	-100.52	-100.00	AZIM.
ALTI.	6.38	19.94	33.73	47.67	61.69	75.73	88.00	ALTI.

AGOSTO - VERTICAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	5.15	3.65	2.82	2.64	3.91	75.03	-1	NNE
NE	1.52	1.29	1.11	1.07	1.34	2.33	-1	NE
ENE	.68	.57	.48	.45	.6	.98	-1	ENE
E	.21	.13	.06	.03	.15	.4	-1	E
ESE	.19	.27	.35	.3	.25	.01	2.42	ESE
SE	.66	.77	.9	.94	.74	.42	1	SE
SSE	1.48	1.75	2.1	2.22	1.88	1.02	.42	SSE
S	4.91	7.97	19.39	33.57	5.79	2.5	0	S
SSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	.41	SSW
SW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	.99	SW
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	2.41	WSW
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	-78.51	-82.85	-87.05	-89.27	-91.86	-68.24	0.00	AZIM.
ALTI.	3.81	17.85	32.02	46.23	60.41	74.19	83.88	ALTI.

SEPTIEMBRE -- VERTICAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	-1	3.06	4.46	10.38	-1	-1	-1	NNE
NE	-1	1.17	1.03	1.89	7.25	-1	-1	NE
ENE	-1	.51	.64	.83	1.22	3	-1	ENE
E	-1	.09	.19	.31	.57	1.16	-1	E
ESE	-1	.32	.22	.06	.1	.5	2.42	ESE
SE	-1	.85	.7	.53	.3	.08	1	SE
SSE	-1	1.97	1.57	1.01	.8	.33	.42	SSE
S	-1	13.08	5.75	3.27	1.87	.85	0	S
SSW	-1	-1	-1	-1	10.27	2	.41	SSW
SW	-1	-1	-1	-1	-1	14.13	.09	SW
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	2.41	WSW
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	-78.51	-85.63	-80.15	-73.01	-61.56	-40.95	0.00	AZIM.
ALTI.	3.81	14.37	28.48	42.32	55.49	65.74	73.00	ALTI.

OCTUBRE -- VERTICAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	-1	7.74	48.10	-1	-1	-1	-1	NNE
NE	-1	1.75	2.28	3.65	20.73	-1	-1	NE
ENE	-1	.78	.96	1.29	2.12	10.29	-1	ENE
E	-1	.28	.4	.58	.91	1.88	-1	E
ESE	-1	.12	.02	.13	.35	.83	2.42	ESE
SE	-1	.57	.43	.27	.04	.31	1	SE
SSE	-1	1.29	1.04	.77	.47	.09	.03	SSE
S	-1	3.69	2.56	1.75	1.1	.53	0	S
SSW	-1	-1	-1	7.9	4.78	1.21	.41	SSW
SW	-1	-1	-1	-1	-1	3.28	.99	SW
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	-1	2.41	WSW
	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	-78.51	-74.85	-68.69	-60.29	-47.76	-39.05	0.00	AZIM.
ALTI.	3.81	10.50	24.02	34.87	48.42	57.26	68.80	ALTI.

NOVEMBRE - VERTICAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	NNW
NE	-1	2.58	3.76	9.15	-1	-1	-1	NW
ENE	-1	1.05	1.31	1.83	3.39	-1	-1	WNW
E	-1	.45	.58	.81	1.24	2.52	-1	W
ESE	-1	.03	.14	.3	.55	1.03	2.42	WSW
SE	-1	.38	.26	.1	.11	.94	1	SW
SSE	-1	.95	.75	.54	.29	.02	.47	SSW
S	-1	2.27	1.72	1.24	.8	.39	0	S
SSW	-1	45.12	7.49	3.42	1.83	.97	.41	SSE
SW	-1	-1	-1	-1	9.46	2.32	.99	SE
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	73.20	2.41	ESE

	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	-78.51	-66.23	-59.90	-51.24	-39.97	-21.72	0.09	AZIM.
ALTI.	3.81	7.05	19.75	31.50	41.52	48.88	51.60	ALTI.

DICEMBRE - VERTICAL

AM	6	7	8	9	10	11	12	
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	N
NNE	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	NNW
NE	-1	3.07	4.86	10.82	-1	-1	-1	NW
ENE	-1	1.18	1.40	2.1	4.14	-1	-1	WNW
E	-1	.52	.66	.9	1.30	2.78	-1	W
ESE	-1	.08	.2	.34	.62	1.1	2.42	WSW
SE	-1	.32	.2	.05	.16	.47	1	SW
SSE	-1	.85	.67	.47	.24	.05	.42	SSW
S	-1	1.95	1.51	1.11	.72	.36	0	S
SSW	-1	12.53	5.21	2.83	1.63	.91	.41	SSE
SW	-1	-1	-1	-1	-1	2.12	.99	SE
WSW	-1	-1	-1	-1	-1	21.41	2.41	ESE

	6	5	4	3	2	1	12	PM
AZIM.	-78.51	-62.94	-55.55	-48.04	-36.03	-19.83	0.08	AZIM.
ALTI.	3.81	5.68	17.98	29.27	39.84	45.57	48.05	ALTI.

BIBLIOGRAFIA

- THE AIA ARCHITECTURAL GRAPHIC STANDARDS. Ramsey, Charles G. y Harold R. Sleeper. Sixth Edit.; New York, New York: John Wiley & Sons, Inc., June 1970. 695 pages.
- ALTERNATIVE NATURAL ENERGY SOURCES IN BUILDING DESIGN. Davis, Albert J. y Robert P. Schurbert. Blacksburg, Virginia: Passive Energy Systems, October 1981. 286 pages.
- ARCHITECTURE FOR THE TROPICS; A BIBLIOGRAPHICAL SYNTHESIS. Rivera de Figueroa, Carmen A., Río Piedras, Puerto Rico: Editorial Universitaria (Universidad de Puerto Rico), 1980. 203 páginas.
- ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA. Izard, Jean-Louis y Alain Guyot; Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, S.A., 1980. 192 páginas.
- ANNUAL REPORT-CENTER FOR ENERGY AND ENVIRONMENT RESEARCH. Informe anual del 1981 publicado por el CEEA, junio de 1981. 34 páginas.
- ASHRAE HANDBOOK 1977 FUNDAMENTALS. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. New York, New York: ASHRAE, Inc. 1978, 37 capítulos.
- ASOCIACIONES DE SUELOS DE PUERTO RICO Y SU POTENCIAL PARA LA SIEMBRA DE ARBOLES. Zambrana, José A. Boletín Forestal, Area del Caribe. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Area Sureste. Agosto 1978. (Boletín).
- BUILDING WITH PASSIVE SOLAR, AN APPLICATION GUIDE FOR THE SOUTHERN HOMEOWNER & BUILDER. U.S. Department of Energy. Atlanta, Georgia: Southern Solar Energy Center, March 1981. 161 pages.
- CLIMATOLOGICAL DATA, ANNUAL SUMMARY. U.S. Department of Commerce. Asheville, North Carolina: National Oceanic and Atmospheric Administration, 1970-1980.
- CODIGO PARA LA CONSERVACION DE ENERGIA EN EDIFICIOS EN PUERTO RICO. Estado Libre Asociado de Puerto Rico, Administración de Reglamentos y Permisos. Suplemento al reglamento de edificación (Reglamento de Planificación Núm. 7). Santurce, Puerto Rico; 30 de septiembre de 1979. 78 páginas.
- COMO LOS ARBOLES AYUDAN A PURIFICAR EL AIRE. Zambrana, José A. Departamento de Agricultura de los E.E.U.U. Servicio Forestal, Area Sureste. Reporte General SA-6R-5., mayo del 1979. 11 páginas.
- LA CRISIS DE ENERGIA Y SUS ALTERNATIVAS: SOLUCIONES A CORTO PLAZO Y SOLUCIONES A LARGO PLAZO. Bonnet, Juan A. Jr. (Dr.). Conferencia dictada en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. CEEA. 29 de noviembre de 1977. 52 páginas.
- DESIGN WITH CLIMATE, BIOCLIMATIC APPROACH TO ARCHITECTURAL REGIONALISM. Olgyay, Víctor y Aladar Olgyay. Princeton, New Jersey: Princeton University Press. 1967. 190 pages.
- EARTH SHELTERED COMMUNITY DESIGN, ENERGY EFFICIENT RESIDENTIAL DEVELOPMENT. Sterling, Raymond Dr., John Carmody y Gail Elnicky. (University of Minnesota, Underground Space Center). New York, New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1981. 270 pages.
- THE ECOLOGICAL LIFE ZONES OF PUERTO RICO AND THE U.S. VIRGIN ISLANDS. Ewel, J. J. and J. L.

- Whitmore. Institute of Tropical Forestry, Forest Service Research Paper ITF-18. Río Piedras, Puerto Rico. December 1973. 72 pages.
- ENERGY CONSERVATION STANDARDS FOR BUILDING DESIGN, CONSTRUCTION AND OPERATION. Dubin, Fred S. y Chalmers G. Long Jr. New York, New York: McGraw-Hill Book Company, 1978. 413 pages.
- ENERGY CONSERVATION THROUGH BUILDING DESIGN. Watson, Donald (edited) New York, New York: McGraw-Hill Book Company, 1979. 305 pages.
- ENERGY CONSERVATION THROUGH LIFE-CYCLE COSTING. Marshall, Harold E. & Rosalie T. Ruegg. "JAE" Energy and Architecture. Vol. XXX, Number 3. February 1977. pages 42-53.
- ENERGY, ECOLOGY AND THE ENVIRONMENT. Wilson, Richard y William J. Jones. New York, New York: Academic Press, Inc. 1974, 353 páginas.
- ENERGY, ENVIRONMENT AND BUILDING. Steadman, Philip. A report to the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Cambridge, Mass: Cambridge University Press. 1975. 287 páginas.
- ENERGY PRIMER: SOLAR, WATER, WIND, AND BIOFUELS. Merril, Richard y Thomas Gage, New York, New York: Delta Publishing Co., 1978. 256 pages.
- FRESCO GRATIS. Abruña, Fernando. Dr. (Arquitecto). San Juan, Puerto Rico: Futures Conceptions LTD. 1980. 126 páginas.
- GEOVISION DE PUERTO RICO. De Caliñes, María Teresa B. (editora). Barcelona, España: Editorial Universitaria, UPR. 1977. 413 páginas.
- GUIAS PARA EL CONSUMIDOR SOBRE CALENTADORES SOLARES DE AGUA PARA EL SECTOR RESIDENCIAL EN PUERTO RICO. Plaza, Heriberto, Knud Pedersen, y Kenneth G. Doderstrom. Río Piedras, Puerto Rico: Centro para Estudios Energéticos y Ambientales, 1979. 76 páginas.
- GUIDE: ENERGY CONSERVATION FOR EXISTING BUILDINGS IN PUERTO RICO. Commonwealth of Puerto Rico, Office of Energy (Office of the Governor) San-turce, Puerto Rico. 1978. 155 pages.
- EL HOMBRE, EL CLIMA Y LA ARQUITECTURA. González, Darío. Revista Módulos Núm. 4. Hato Rey, Puerto Rico: La Casa del Arquitecto, Inc. 197- Páginas 10-37.
- MAN, CLIMATE & ARCHITECTURE. Givoni, B., New York, New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1981. 483 pages.
- NATURAL SOLAR ARCHITECTURE A PASSIVE PRIMER. Wright, David. New York, New York: Van Nostrand Reinhold Company, (Litton Educational Publishing, Inc.). 1978. 256 pages.
- NUEVA GEOGRAFIA DE PUERTO RICO: FISICA, ECONOMICA Y SOCIAL. Picó, Rafael y colaboración de Zayda Buitrago de Santiago y Héctor H. Berríos. Universidad de Puerto Rico: Editorial Universitaria, 1975. (2da. edición). 460 páginas.
- OPTIMUN BUILDING SHAPES FOR ENERGY CONSERVATION. Berkoz, Esher Balkan. "JAE"-Energy and Architecture. Vol. XXX, No. 3, February 1977. Association of Collegiate Schools of Architecture. Washington, D.C., U.S. pages 25-31.
- OTHER HOMES AND GARBAGE. Leckie, Jim, Gil Masters, Harry Whitehouse, and Lily Young. San Francisco, California: Sierra Club Books. 1975. 302 pages.

- PASSIVE DESIGN IDEAS FOR THE ENERGY CONSCIOUS ARCHITECT. A National Solar Heating and Cooling Information Center Publication. Rockville, Maryland: U.S. Government Printing Office, 1978. 54 pages.
- PASSIVE DESIGN: IT'S A NATURAL. Snyder, Rachel (SERI). Solar Energy Research Institute. Golden, Colorado: SERI., April 1980. 21 pages.
- PASSIVE RETROFIT HANDBOOK, SOLAR APPLICATIONS FOR RESIDENCES. Thompson, Hancock, White & Associates, Inc. (U.S. Department of Energy). Atlanta, Georgia: Southern Solar Energy Center, 1980. 165 pages.
- PASSIVE SOLAR DESIGN HANDBOOK: PASSIVE SOLAR DESIGN CONCEPTS. U.S. Department of Energy. Office of Solar Applications for Buildings, Washington, D.C.: Total Environment Action, Inc., Vol. II., March 1980. 344 pages.
- PASSIVE SOLAR DESIGN HANDBOOK: PASSIVE SOLAR DESIGN ANALYSIS. U.S. Department of Energy; Office of Solar Applications for Buildings, Washington, D.C.: Total Environment Action, Inc. Vol. II., March 1980. 428 pages.
- THE PASSIVE SOLAR ENERGY BOOK. Mazria, Edward. Emmaus, Pa: Rodale Press, 1979, 435 pages.
- PHYSICAL GEOGRAPHY. Patton, Clyde P., Charles S. Alexander, and Fritz L. Kramer. North Scituate, Massachusetts: Duxbury Press (Division of Wadsworth Publishing Company, 1974. 408 pages.
- PLANTS, PEOPLE AND ENVIRONMENTAL QUALITY. Robinnette, Gary O. Washington, D.C.: U.S. Department of the Interior National Park Service, and American Society of Landscape Architects Foundation. (ASLAF). 1972. 140 pages.
- RESEARCH IN ENERGY CONSERVATION. Trechsel, Heins R. "JAE" =Energy and Architecture. Vol. XXX, No. 3., February 1977. Ass. of Collegiate Schools of Architecture. Washington, D.C., U.S. pages 31-35.
- THE SHADOW TEMPLATE: A NEW METHOD OF DESIGN OF SUNSHADING DEVICES. Saleh, a Monem. Solar Energy Vol 28, No. 3. pp. 239-256 (1982).
- SITE PLANNING FOR SOLAR ACCESS; A GUIDEBOOK FOR RESIDENTIAL DEVELOPERS AND SITE PLANNERS. Erley, Duncan and Martin Jaffe. Chicago, Illinois: U.S. Department of Housing and Urban Development and U.S. Department of Energy., 1980 (May). 149 pages.
- SOIL SURVEY OF SAN JUAN AREA OF PUERTO RICO. United States Department of Agriculture Soil Conservation Service (USDA), in cooperation with: University of Puerto Rico Agricultural Experiment Station. 1972-"1978". 141 pages.
- SOL Y ARQUITECTURA. Bardou, Patrick y Varoujan Arzoumanian. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, S.A., 1980. 171 páginas.
- SOLAR CONTROL AND SHADING DEVICES. Olgay, Aladar and Víctor Olgay. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1976. 201 pages.
- SOLAR DWELLING DESIGN CONCEPTS. Drake Publishers, Inc., New York, New York: Drake Publishers, Inc. 1977. 144 pages.
- SOLAR ENERGY HANDBOOK: DUNDAMENTALS IN BUILDING DESIGN. Anderson, Bruce. (Total Environmental Action, Inc.). New York, New York: McGraw-Hill Book Company, 1977. 374 pages.

SOLAR ENERGY HANDBOOK. Dreider, Jan F., and Frank Kreith. New York, New York: McGraw-Hill Book Company, 1981.

SOLAR HEATING AND COOLING RESEARCH AND DEVELOPMENT PROJECT SUMMARIES. U.S. Department of Energy. Oak Ridge, Tennessee: U.S. Department of Energy., May 1978. 9 Capítulos.

TREES FOR URBAN USE IN PUERTO RICO AND THE VIRGIN ISLANDS. Schubert, Thomas H. Río Piedras, Puerto Rico: Institute of Tropical Forestry, U.S. Department of Agriculture, 1979. 91 pages.

TROPENBAU/BUILDING IN THE TROPICS. Lippsmeier, Georg. Munich, Alemania: Druk und Bindung., 1969. 283 pages.

TROPICAL ARCHITECTURE. Kukreja, C.P., New Delhi, India: McGraw-Hill Book Company, 1978. 133 pages.



