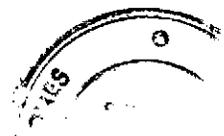


29830

CANCELADO

APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR
PARA ACONDICIONAMIENTO TERMICO AM--
BENTAL EN LA PROVINCIA DE SANTIAGO
DEL ESTERO.

O
H. 22217
I 24a
II



SEGUNDA PARTE

Director : Arqto. EDUARDO R. YARKE
Equipo : Lic. Física Aldo R. Fabris
Arqta. Martha Fajol
Arqta. Liliana Rodríguez
Gráfica : Arqto. Federico Drangosch

Este trabajo fué financiado por el Consejo Federal de Inversiones con la participación de la Sub-Area de Energía No Convencional (Area Abastecimiento de - Energía) a cuyos funcionarios y especialistas hacemos llevar nuestro profundo agradecimiento.

MODULO I

1.- Marco Conceptual - La relación cultura-arquitectura-energía.

1.1.- Arquitectura - Cultura e Ideología

Las realizaciones actuales de los arquitectos están profundamente condicionadas por determinados principios básicos cuyo origen hay que bucear en las corrientes de pensamiento que gestaron el nacimiento y desarrollo de la denominada "Arquitectura Contemporánea".

La arquitectura es un hecho cultural que refleja en todo momento las condiciones y circunstancias bajo las cuales ha sido concebida y construida; de allí que los edificios sean, en forma individual o de conjunto, emisores estáticos que transmiten el particular mensaje de las ideas con que fueron proyectados. Transmiten a su vez un sinnúmero de datos que, en relación con el ambiente cultural en el que están insertos, nos hablan de los valores que una determinada sociedad acepta y promueve, y al mismo tiempo, congelan ese tiempo de su nacimiento perteneciendo al pasado desde el momento en que comienzan a ser construidos. En sociedades de cambio lento y paulatino, las sucesivas experiencias que se van sedimentando, establecen la continuidad sobre la que se perfeccionan respuestas frente a un sitio, a un clima y a una determinada sociedad.

Pero en sociedades de veloz evolución, como el caso de la Occidental son rápidamente reemplazadas determinadas ideas por otras. Las experiencias quedan en muchas oportunidades a medio verificar y el objetivo a alcanzar suele ser difuso cuando no contradictorio con la realidad.

La cultura Occidental, vista desde la arquitectura, presenta un fenómeno curioso, cual es el de negar en un breve período de tiempo, todas las ideas y principios que podían estar rigiendo el quehacer arquitectónico hasta ese momento, para abrazar un nuevo enfoque, una nueva técnica, una nueva estética y una supuesta diferente forma de vida.

El paso del Gótico al Renacimiento tuvo esas características. En pocos años y al influjo del Humanismo, se negó a la arquitectura que a lo largo de más de 300 años había representado cabalmente al Medioevo burgués, para levantar los monumentos del reciente y consolidado individualismo. Se operaba por reacción para reafirmar una nueva ideología. Oponerse a la etapa anterior era tan importante como desarrollar las nuevas improntas. (ver ref. 1).

La etapa del Renacimiento duró relativamente poco, pero constituyó el fundamento sobre el que se originó la fuerza y la delicadeza del Barroco, que al difundirse por toda Europa se regionalizó y creó

múltiples expresiones que constituyen uno de los más espléndidos aportes de la cultura occidental a la humanidad.

Esta muy somera descripción del paso del Gótico al Renacimiento es necesaria para comprender otra etapa de cambio acelerado y oposición feroz, cual fue abandonar el Neoclasicismo del siglo XIX, bajo cuyo influjo se construyeron los símbolos republicanos, para desarrollar la llamada "arquitectura contemporánea".

Varias circunstancias justifican el ideario teórico que manejaron los pioneros de la arquitectura de este siglo y podemos sintetizar algunas de sus premisas en las siguientes intenciones :

- Se pretendía realizar una arquitectura racional en lo funcional, en lo constructivo y en lo formal eliminando el decorativismo, la falsedad constructiva y la deficiente funcionalidad del Neoclásico sujeto a las rígidas premisas formales de las Academias.

- Se incorporaban conceptos dinámicos en la relación espacio-tiempo como oposición al principio estático del período anterior cuyo partido se apoyaba en el establecimiento a priori de ejes de simetría. De esta manera, la arquitectura concibe al edificio como un espacio recorrible y a escala humana, cuyo usuario es supuesto como un observador en movimiento. A su vez el exterior se integra mediante transparencia al interior, creando una inter-relación activa interior-exterior.

- La adecuación funcional, cambiante con el tiempo, estaba englobada en la definición de "planta libre" que permitía ser dividida de acuerdo con las circunstancias, sin quedar sujeta a particiones fijas. Esta idea prosperó poco en viviendas, pero es permanentemente aplicada en otros temas. (oficinas, hospitales, etc.).

Otra de las premisas fundamentales consistió en la incorporación de las técnicas y posibilidades que la industrialización y el desarrollo tecnológico pueden brindar a la arquitectura. Era intención encontrar una respuesta cultural a la etapa industrial y una respuesta social al fenómeno de la acelerada urbanización. La vivienda llega a ser definida como "la machine d' habiter" u "objeto de consumo" que debe ser construida en serie con la misma calidad de ejecución que puede atribuirse a la industria automotriz. (ver ref. 2).

Sobre estos conceptos básicos se desarrolló la arquitectura contemporánea y acerca de algunos de ellos nos detendremos para un análisis

particularizado mas adelante.

Los sucesivos creadores, escuelas, críticos, etc., han ido enriqueciendo los enunciados antedichos dando origen a varias teorías que, vistas desde nuestra actual perspectiva, constituyen una intrincada maraña de posibilidades que se proyectó a todo el ámbito influido por la cultura Occidental.

Muchas de estas corrientes fueron proponiéndose en forma paralela y simultánea a la escala universal de valores que plantea la "arquitectura internacional", y de ellas se destacan por su influencia, algunas teorías tales como el "naturalismo" de Gaudí, el "organicismo" de Frank L. Wright, el "expresionismo" de Mendelson o el más reciente "post-funcionalismo" o "post-modernismo". Sin embargo, por haberse adaptado mejor que ninguna otra escuela a la ideología que planteó la Sociedad Industrial, fué el llamado "Estilo Internacional" el que le dió el sello característico de nuestra época a la arquitectura - en general y al "centro" de nuestras ciudades más importantes en particular.

1.2.- El "estilo internacional" y el desarrollo tecnológico

Es necesario destacar que fue el desarrollo tecnológico el que apuntaló y dió impulso a las premisas teóricas que establecía el "estilo internacional". Aún cuando la arquitectura y el diseño urbano iban a la zaga de las posibilidades técnicas, la relación entre arquitectura y técnica se hizo tan estrecha que la arquitectura logró por ese medio ser reconocida entre los símbolos visibles del progreso de nuestro siglo junto a otras manifestaciones como el automóvil, el avión, la televisión, etc. Aunque no alcanzó nunca el nivel de industrialización que tienen estos productos, el hábitat construído fué asumiendo características de cada vez mayor artificiosidad y a medida que el consumo energético iba aumentando exponencialmente como tributo al progreso, la arquitectura acompañaba este proceso en la búsqueda de edificios más altos, más livianos, más transparentes y necesariamente acondicionados en forma artificial tanto en su iluminación como en su clima interior.-

La observación de los centros de las grandes ciudades, que siguen demostrando en una escala mayor que en otros siglos las expectativas de la época, confirma este acerto. Su dependencia de la provisión continua y en grandes cantidades de las energías convencionales es vital. Cualquier interrupción momentánea paraliza inmediatamente su actividad y disloca el funcionamiento social. En estas zonas la artificiosidad del hábitat construído es total y va en aumento. Hasta se ha pensado en cubrir grandes áreas con cúpulas transparentes

de enormes proporciones y acondicionar todo el volumen encerrado, incluyendo calles, plazas, etc. (Ver Fig. 12-I).

1.3.- ¿A que llamamos ideología de la Sociedad Industrial?

la

Decimos que/arquitectura contemporánea, tal cual la conocemos, es el resultado directo de la sociedad industrial que la genera y que en último término, lo que la arquitectura hace es acompañar paso a paso las sucesivas etapas en la evolución de la sociedad industrial.- Cuando la sociedad industrial, por causas concretas como es la crisis energética, entra en crisis en todas sus escalas de valores, la arquitectura también entra en crisis, y esto es, básicamente el momento actual. Lo que conocemos como arquitectura contemporánea es la respuesta adecuada a un determinado tipo de sociedad y para el futuro, la arquitectura va a tener que entender y asimilar las opciones que el cambio social plantee para el futuro.

Decimos de que todo esto es así, porque podemos demostrar que la arquitectura necesitó adaptarse a una época, y sobre todo adaptarse a la ideología que la época le planteaba. Hoy en día la arquitectura es un producto reconocible de nuestra época, tanto como, el jet, la TV, los viajes espaciales. Hay una arquitectura del siglo XX perfectamente diferenciada de la arquitectura anterior. Y en esa arquitectura del Siglo XX están implícitas, para ser reconocidas por nuestra sociedad como productos de nuestro tiempo, aquella escala de valores que son definitorios de la sociedad industrial.

Para más o menos definir cuál es esa escala de valores utilizamos la clasificación que hace Alvin Toffler en su libro "La Tercera Ola" - (ver ref. 3) que con mucha claridad dice que la ideología de la sociedad industrial está apoyada en conceptos de internacionalidad, de concentración, centralización, sincronización, especialización, uniformización, gigantismo o sea de todo aquello que significa reproducir a escala masiva y repetitivamente un producto para que llegue a más personas (consumidores).

Cuando hablamos de una ideología de la sociedad industrial, no nos estamos refiriendo a una parcialidad política. Nos estamos refiriendo a un sistema cultural que puede pertenecer a distintos campos políticos, y hoy en día conviven en la Tierra, países que están dentro de esa ideología, pertenezcan a la filosofía política que pertenezcan y países que están fuera, en una etapa pre-industrial o no-industrial. También es propio de la sociedad industrial el hecho de que aún dentro de un mismo país, haya regiones que tengan asimilados aquellos valores (por ej. el Gran Buenos Aires en nuestro país) y regiones - que, por no haber ingresado a la etapa industrial, no los compren-

dán o no los acepten o los reciban como elementos extraños a su forma de vida. (Tal puede ser el caso de Santiago del Estero).

El significado de cada uno de los términos con los que se puede definir a la escala de valores de la Sociedad Industrial es bastante obvio, pero conviene aclarar algunos conceptos en relación con la arquitectura.

La internacionalidad es lo que hace que un mismo tipo de edificio, una concepción casi idéntica de la arquitectura, pueda hallarse en ciudades de ubicación y climas tan diferentes, como es el caso de Nueva York, Buenos Aires, San Pablo o Tokio (ver figs. 7-I y 8-I).

La concentración es el resultado de poder acumular (capitales, bienes, decisiones, poder, etc.). Abarca a todos los niveles de la sociedad y tiene un correlato espacial. Donde existe la mayor acumulación, también existe la mayor concentración industrial y urbana. Ese apiñamiento de personas y bienes en espacios reducidos, da origen a la necesidad de tener edificios cada vez más esbeltos y livianos. (Ver fig. 11-I).

La uniformización es propio de la fabricación en serie, significa fabricar millones de productos para millones de consumidores, cuanto más parecidos sean los productos y cuanto menos variantes tengan se supone que mejores posibilidades de precio podrán ofrecerse y por lo tanto mayor inserción en el mercado. Con esta idea base se han hecho millones de viviendas llamadas económicas en todo el mundo.

La especialización es la necesidad de que cada uno conozca a fondo un pedacito de un universo inabarcable, de que existan profesionales especializados para resolver los diferentes aspectos del diseño y construcción de un edificio o de que los mismos edificios cumplan funciones especiales y diferenciadas.

La sincronización es la necesidad de que todo ese flujo de materiales, materias primas, capitales, vehículos, personas, etc. tengan leyes - que regulen su movimiento. En arquitectura y urbanismo tienen su correlato en un campo muy amplio que abarca desde la necesaria sincronización para hacer determinado tipo de obras a la profusión de señales, semáforos, etc. con el que se regula el tránsito urbano.

El gigantismo es en último término una ostentación, la posibilidad que tiene nuestra época de hacer obras cuya magnitud, tamaño y envergadura sean inéditas. (Ver fig. 11-I y 12-I).

De todo esto ha surgido una arquitectura que ofrece su mayor debili-

dad conceptual en aquello que también es motivo de crisis para toda la sociedad : Una arquitectura consumista pensada al margen de las condiciones climáticas, telúricas, culturales, etc. tanto del lugar de implantación como de las necesidades del usuario.

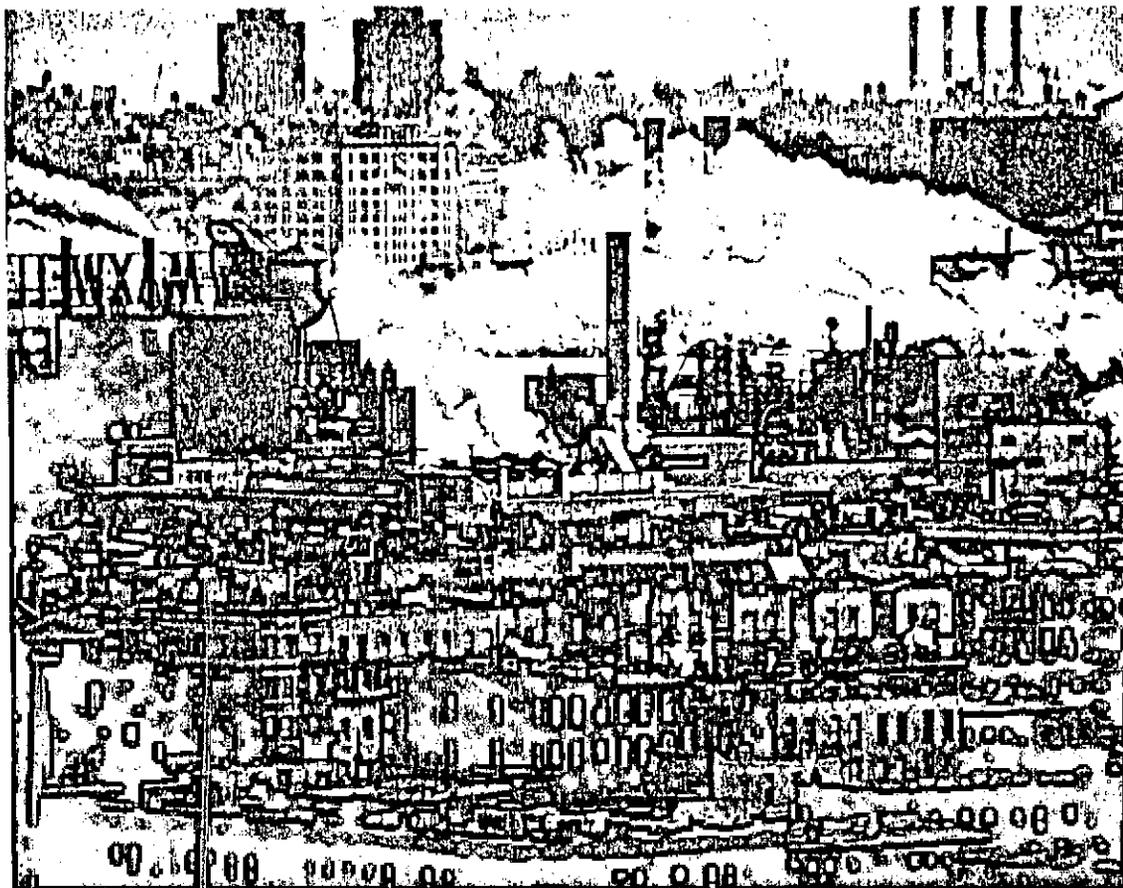


Fig.1 - I - VISTA AEREA DE UN BARRIO INDUSTRIAL NEOYORQUINO.

El nacimiento de la sociedad industrial fué un proceso de crisis, crisis signada por el hacinamiento en ciudades, crisis sociales, grandes conflictos. Evidentemente la industria se superpuso a una sociedad que no estaba preparada para recibirla, pero la sociedad que nacía era entusiasta, pujante, participaba de la filosofía del progreso permanente.

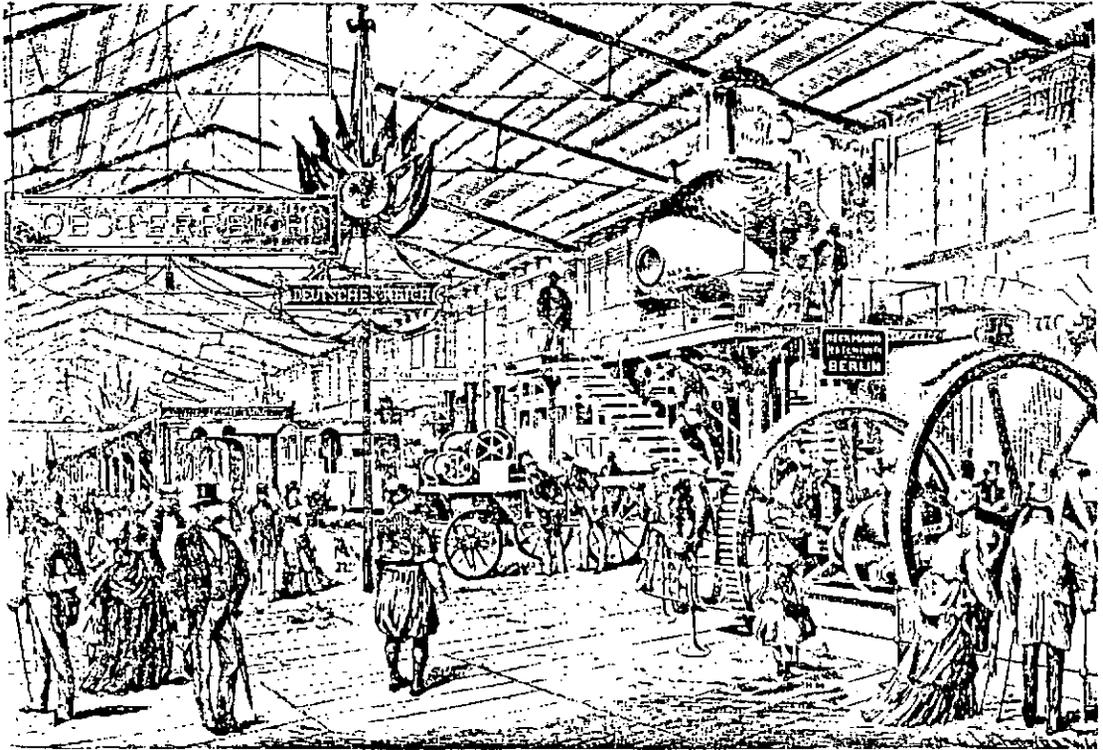


Fig.2 - I - EXPOSICION DE VIENA DE 1873.

El llamado positivismo creía que todo tiempo futuro iba a ser mejor, de allí que se organizaban grandes exposiciones (características del Siglo XIX), donde se volcaba todo aquello que el hombre iba creando o ideando.

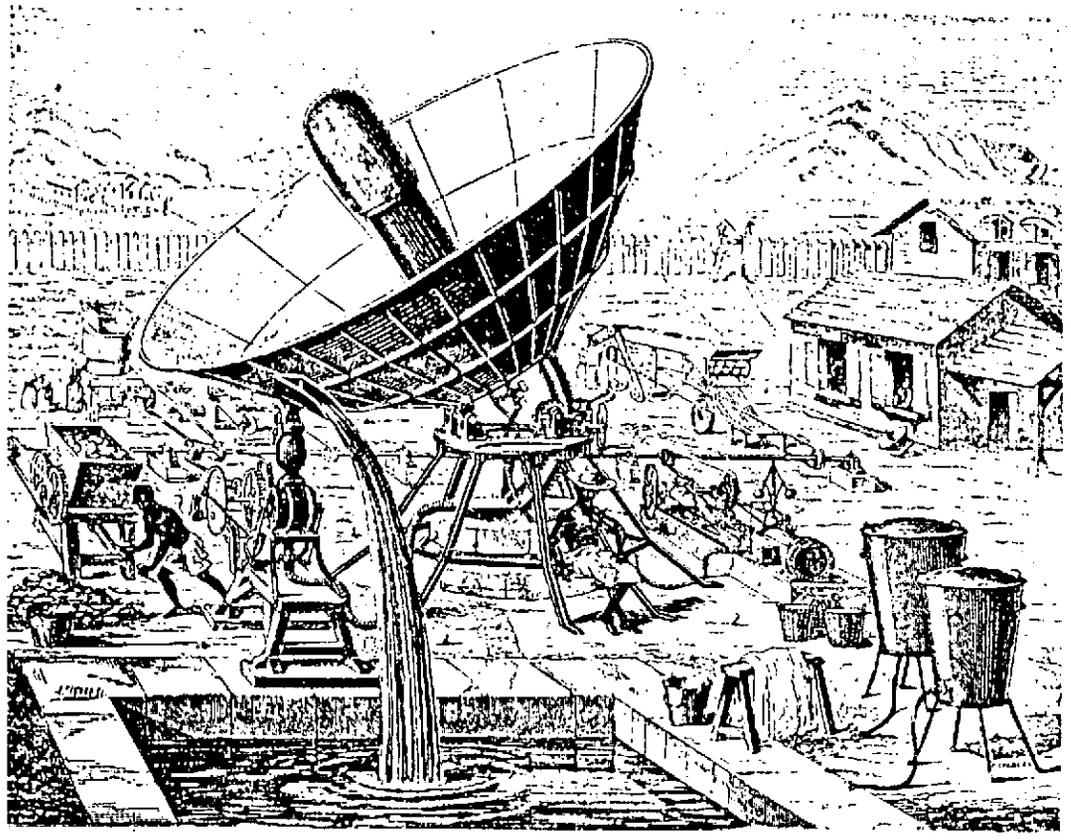


Fig. 3 - I - CONCENTRADOR SOLAR.

En la exposición de 1878 en París, empezaron a aparecer los primeros artefactos solares de la era industrial.

Este es un concentrador, cilindro parabólico que concentra sobre un foco los rayos solares para producir vapor de agua. Es la etapa del desarrollo de las máquinas que funcionaban con vapor y era lógico pensar que lo que hacía falta es obtener vapor. El vapor se obtenía usando leña, carbón y también se estaba pensando en obtenerlo por energía solar. Con estas máquinas se movían bombecedores de agua o se alimentaban determinados aparatos (una imprenta, por ej.) a principios de siglo la etapa del vapor empieza a ser superada con la etapa de los combustibles concentrados. Es allí donde todas las experiencias en energía solar se abandonan e inmediatamente empieza la era del petróleo, del uso del gas, y el abandono paulatino de la leña y el carbón. El carbón se mantuvo donde era fácil su explotación, aunque siempre se lo ha tildado de contaminante.

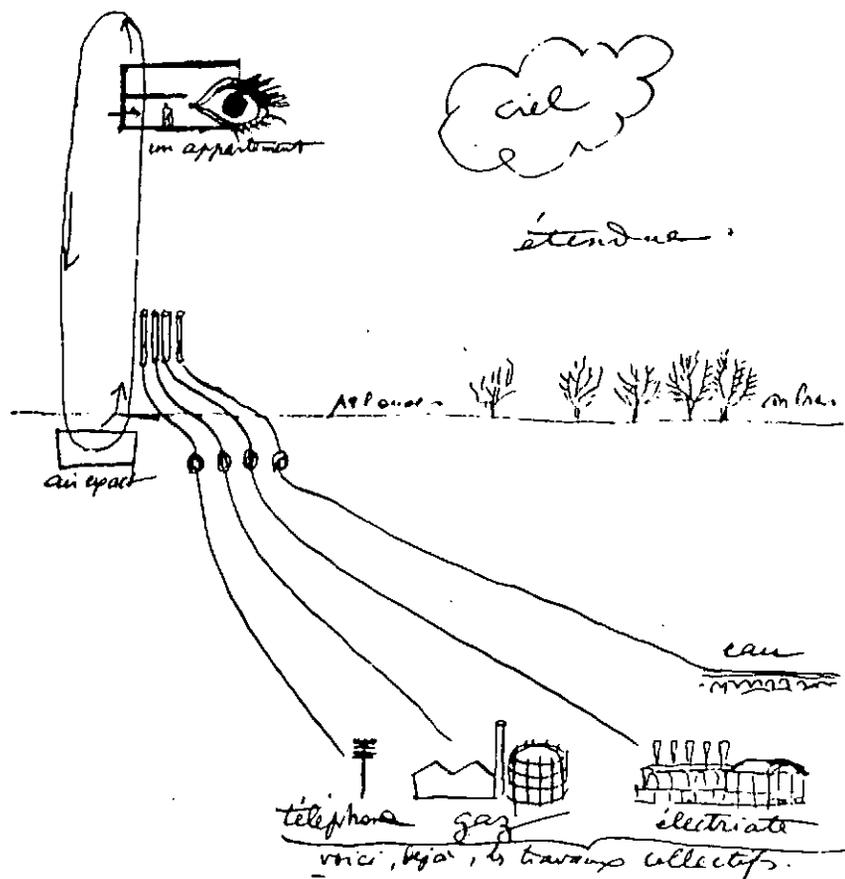


Fig. 4 - I - DIBUJO DE LE CORBUSIER DE ALREDEDOR DE 1925. Anterior a la Ville Saboye define principios de arquitectura que hoy en día siguen vigentes.

Le Corbusier comprende y sintetiza que toda la arquitectura que se haga tiene que estar vinculada a la sociedad industrial de la cual se alimenta.

Ese edificio, la cajita rodeada de aire por todos lados contiene al gran ojo. Se trata de disfrutar todo el paisaje al cual Le Corbusier tiene el mérito de no tocar. No propone arruinarlo, como era la tendencia de la sociedad industrial, pero tampoco trata de mejorarlo o de integrarlo. Plantea su caja en el espacio como elemento, desprendido del sitio, lo único que necesita son las redes de servicios para que esto funcione con su clima artificial. Hoy en día seguimos todavía pensando en la Arquitectura como cápsula espacial.

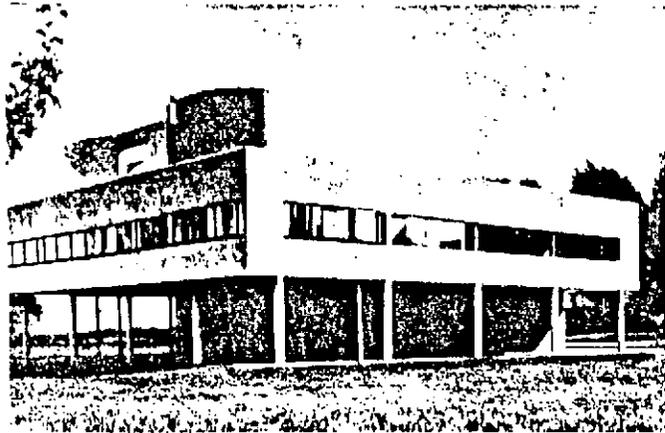


Fig. 5 - I - LA VILLE SABOYE DE LE CORBUSIER.

Primera etapa en la concreción de las ideas anteriores. Despojada la arquitectura de todo aquello que pueda considerarse decorativo, comienza a desarrollarse el concepto de "la máquina de habitar". Despegada del suelo la vivienda ofrece una fachada casi idéntica a las diferentes orientaciones.

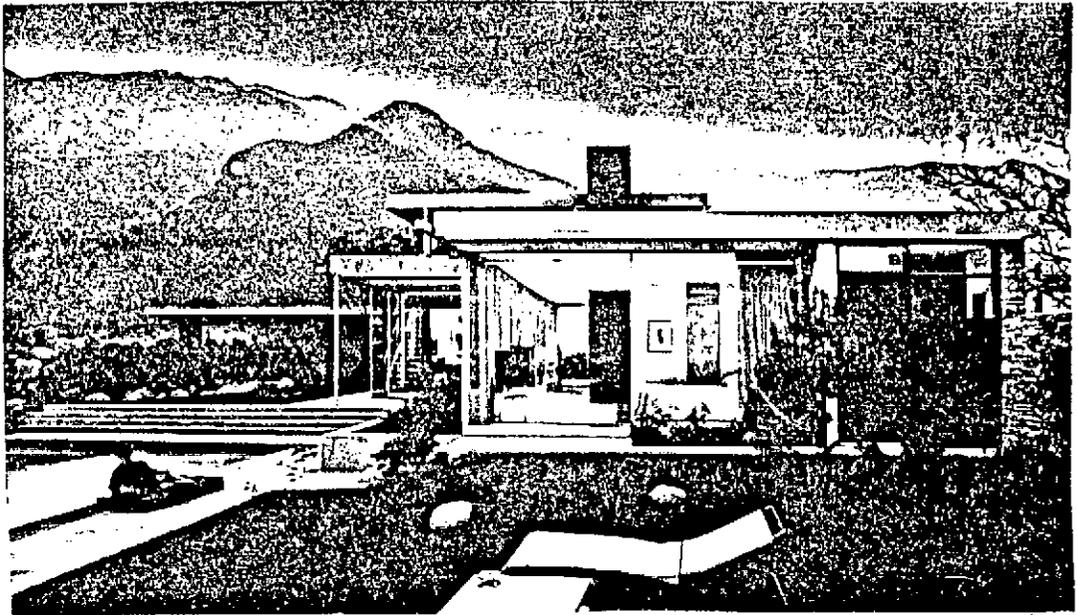


Fig. 6 - I - CASA EN EL DESIERTO DE COLORADO DE R. NEUTRA
Esta es una de las casas de Neutra, muy abiertas y transparentes.- Generalmente están construidas en el desierto, la idea es la vivienda transparente, la integración absoluta del interior-externo. Se podía construir tanto en un paisaje tropical como en el desierto o en latitudes muy altas. Lo que importaba en la concepción de la arquitectura, es el desprendimiento de las situaciones climáticas. Viviendas parecidas a éstas las podían hacer Mies Van de Rohe, en Alemania por un lado o Niemeyer en Río de Janeiro, por el otro.

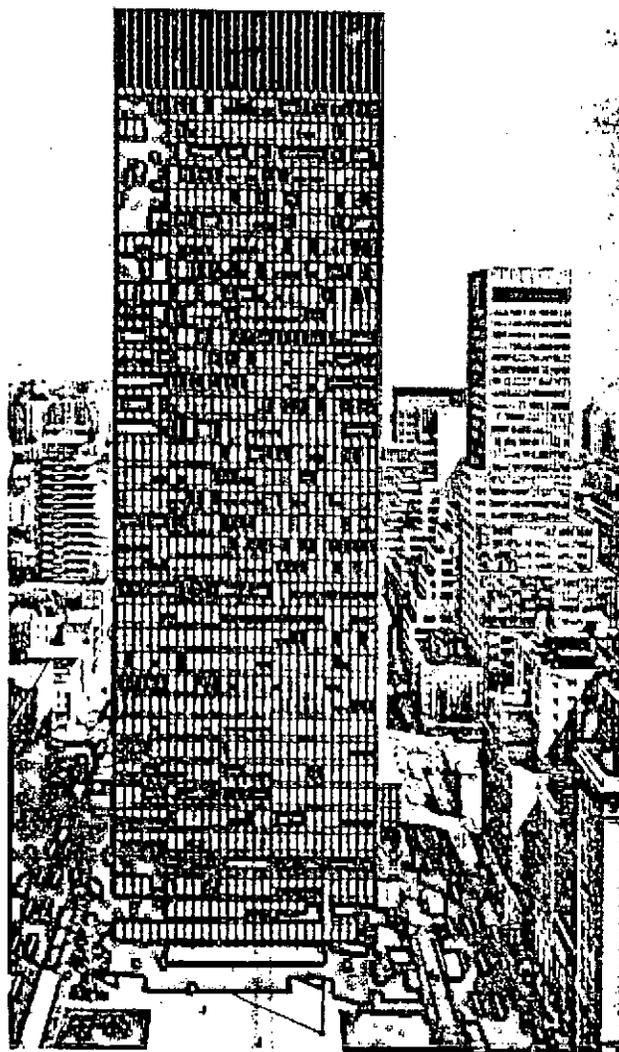


Fig. 7 - I - EL EDIFICIO SEAGRAM DE MIES VAN DE ROHE EN NUEVA YORK.

Inaugura el clisé de las torres de cristal. En estos edificios es fundamental la sincronización. Todas las carpinterías, e incluso muchas veces la estructura fabricada en taller, debe ensamblarse, conectarse. Las caras vidriadas tienen cualquier orientación. El acondicionamiento climático es centralizado.



Fig. 8 - I - CENTRO DE SAN PABLO-BRASIL.

Este modelo de arquitectura se difundió por todo el mundo y tendía a la concentración. Evidentemente estamos frente a una búsqueda de edificios livianos, altos, transparentes. Una gran concentración se da en determinados sitios de la ciudad (la City). Empieza a surgir (1940) con mayor claridad el concepto de especialización de funciones. Surge la zonificación de las ciudades. Por eso tenemos zonas centrales (City), zonas industriales, zonas dormitorio. Se disgregan los espacios de vida con el consiguiente derroche de tiempo y energías.

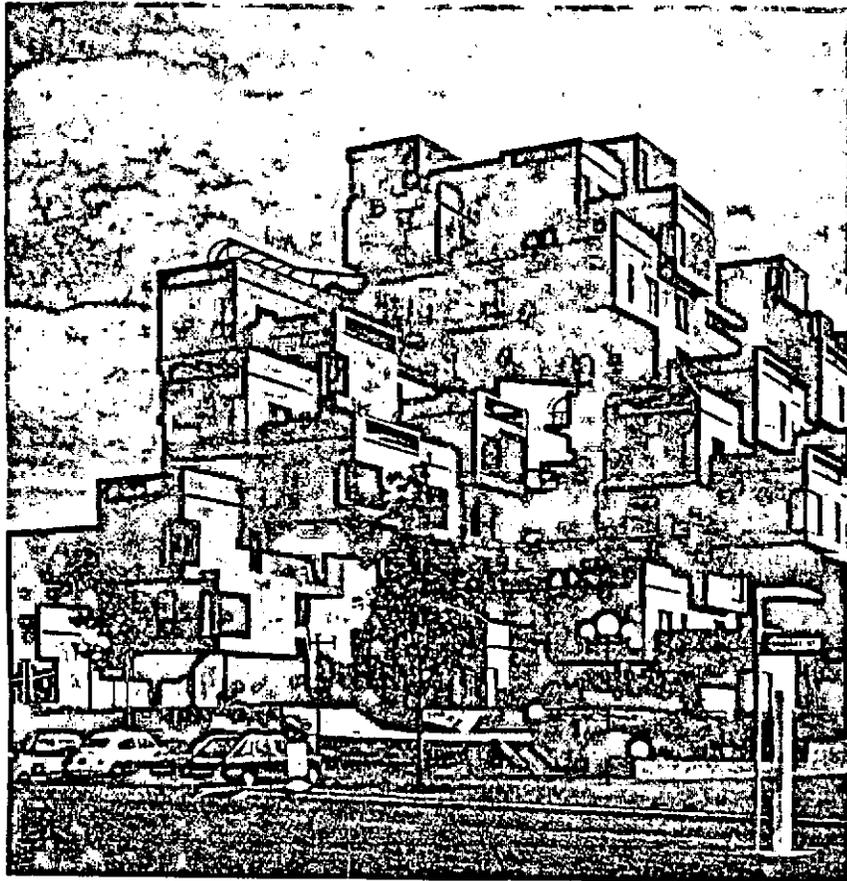


Fig. 9 - I - VIVIENDA COLECTIVA DE MOSHE SAFDI EN MONTREAL.

En 1969, es en la Exposición de Montreal donde Moshe Safdi rompe con el prisma de la vivienda colectiva, generando un intento hacia la individualización que evidentemente tiene que apoyarse en la industrialización a ultranza y la mayor coordinación posible. Arquitectura que funciona en base a plumas y a encastrados perfectos. Si la analizamos desde el punto de vista térmico vemos que es una arquitectura que todavía es muy consumista, expuesta al viento, a distintas orientaciones, con muros delgados. Son proyectos que se hacen para después tener que necesariamente mantener un clima artificial.

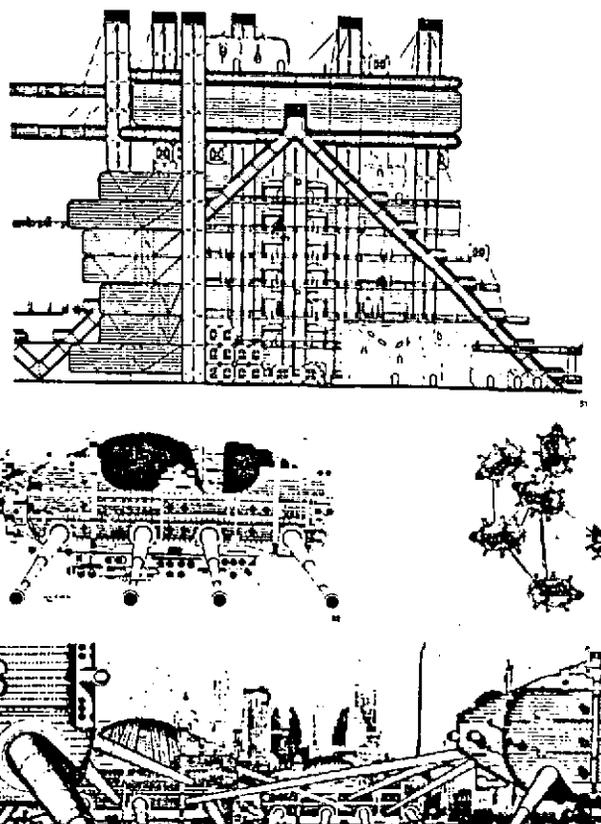


Fig. 10 - I - UNIVERSIDAD NODAL Y CIUDADES EN MOVIMIENTO.
PROPUESTAS DEL ARCHIGRAM.

Esa tendencia hacia una arquitectura que fuera más representativa de la sociedad industrial llega a una especie de paroxismo en el Archigram donde se plantean ciudades que caminan, grandes centros de información, la integración con la cibernética. Aquí el habitat está absolutamente industrializado, el Archigram significa un punto de culminación justo en el momento previo de la crisis energética.

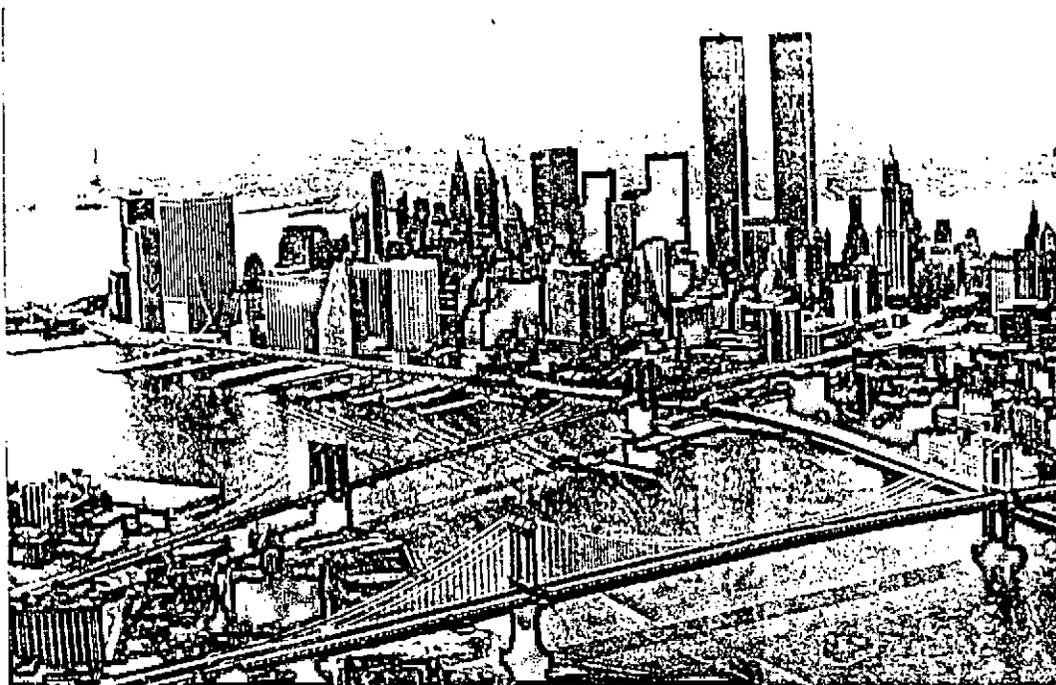


Fig. 11 - I - VISTA AEREA DE MANHATTAN.

Nueva York ofrece una muestra vital de todas las características de la sociedad industrial. Por su altura y mayor o menor transparencia podemos estimar la antigüedad de los edificios.

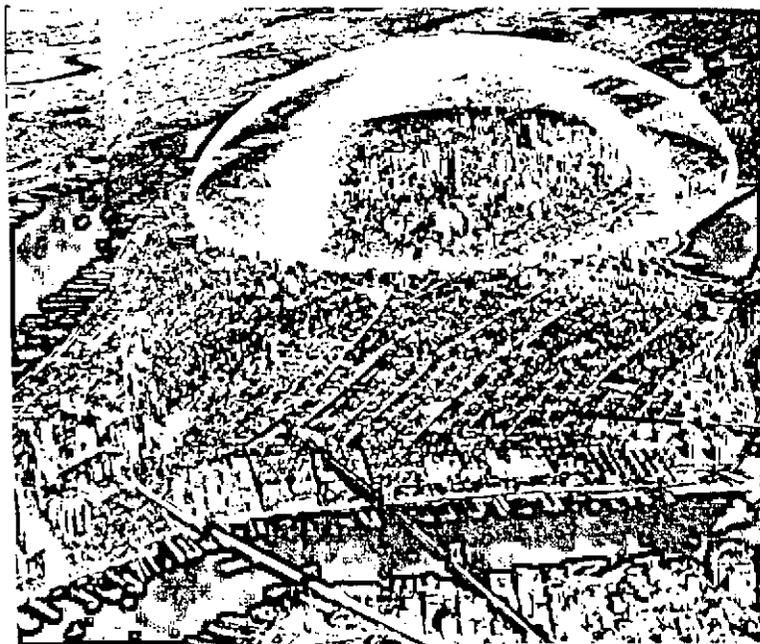


Fig. 12 - I - CUPULA GEODESICA DE B.FULLER.

La propuesta de Fuller para cubrir un sector de Nueva York con una inmensa cúpula geodésica de 3 Km. de diámetro.

1.4.- ¿Para qué Arquitectura Solar?

La crisis energética, con su secuela de inflación, recesión, aumento en la tensión internacional e inseguridad en general ha golpeado muy fuertemente esta escala de valores de la Sociedad Industrial.- Si la sociedad actual entra en un proceso de cambio, seguramente la arquitectura acompañará (aunque sea a cierta distancia) este proceso. ¿Hacia dónde?

Uno de los interrogantes que plantea la situación actual es aquel que pregunta si el futuro realmente será mejor. En este sentido lo que podemos hacer es ir identificando algunas señales de cambio. Si establecimos una especie de patrón o escala de valores para la etapa actual, donde hablamos de internacionalidad, de especialización, de sincronización, de concentración, veamos si hay algún tipo de tendencias que de alguna manera se oponen a eso. Tomando Estados Unidos (ver ref. 3 y 4) (que por ser el país más desarrollado es el que más asimila la escala de valores de la Sociedad Industrial) y analizando algunas tendencias, podemos destacar que, según estadísticas relativamente recientes, las veinte ciudades más pobladas de Estados Unidos han ido perdiendo población en los últimos años.- En su reemplazo, van creciendo aquellas ciudades que tienen entre 50.000 y 100.000 habitantes. Podemos analizar también y en otros campos ciertas tendencias a una producción menos masiva, a las cosas hechas a determinadas medidas, a la variedad y a la diferenciación. Podemos advertir una cierta reacción hacia la especialización y parecería ser que se prefiere aquel tipo de conocimiento, que puede servir un poco para todo o por lo menos para un cierto campo de actividades y que la idea de la línea de montaje y el operario que coloca siempre el mismo tornillo deja de tener validez en la industria actual, o cada vez tiene menos validez. Podemos advertir una cierta disminución en el uso del automóvil, una tendencia a que la vivienda y el trabajo estén mas cerca (y así perder menos tiempo en viajes) o una tendencia a ser consumidor en algún sentido, y productor en otro y también a abastecerse por si mismo en lo posible (lo que Toffler llama el prosumidor).

Son notables ciertas reacciones como la cantidad de gente que de los distintos Estados de la Unión quieren ir a vivir a Alaska y se instalan a millas de distancia uno del otro, en absoluto aislamiento. También son actitudes de reacción el resurgimiento de "nuevas místicas" que van rompiendo con los esquemas religiosos tradicionales.

¿Y la arquitectura? ... ¿Cómo será una arquitectura que evite la uniformización, aún en temas de vivienda económica? ¿Como será una arquitectura que exprese la regionalidad en lugar de la interna-

cionalidad? ... o que no dependa de los equipos acondicionadores de aire para obtener niveles de confort aceptables?

Todos estos son algunos de los interrogantes que podemos plantearnos desde el enfoque de la arquitectura solar.

Con el gráfico adjunto (Fig. 13-I) y una lista ampliada de interrogantes invitamos a discutir este problema en relación con la arquitectura en general y con la realidad de Santiago del Estero, en particular.

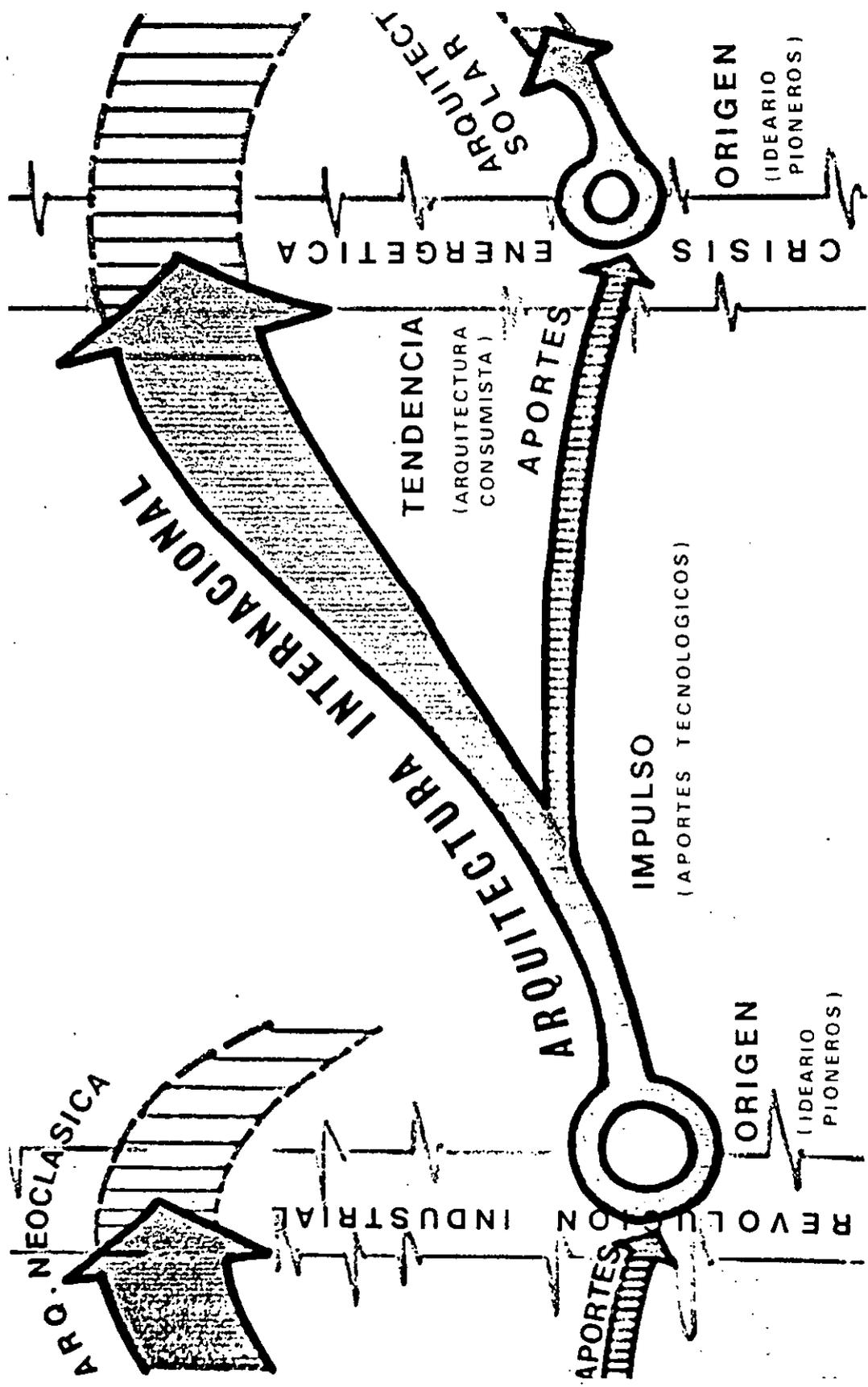


Fig. 13 - I - ESQUEMA SINTESIS DE LA EVOLUCION DE LA ARQUITECTURA. La irrupción de la industria en la Sociedad del siglo XIX genera una crisis que termina dando por tierra con toda la escala de valores que manejaba la arquitectura del Neoclasicismo. En la época actual una nueva crisis, la energética, dará seguramente por tierra con la llamada arquitectura moderna.

1.5.- Interrogantes para discutir algunos aspectos del problema.

Desde la escala de valores de la Sociedad Industrial.

¿Ha comenzado a desmoronarse el mito del progreso constante y permanente?

¿Se mantendrá la tendencia a una concentración cada vez mayor de personas, bienes y consumos energéticos como sinónimo de urbanización?

¿El automóvil seguirá teniendo en el futuro el rol tan difinitorio que tiene en la actualidad dentro del ámbito urbano?

¿Cuál es el límite, si lo hay, de la industrialización, los servicios, la producción agropecuaria, en relación con los espacios que estas actividades pueden ocupar?

¿Puede una sociedad de industrialización incipiente, como es la de Santiago del Estero, hacer una arquitectura internacional?

Desde la teoría de la arquitectura ?

¿Hasta dónde es racional la arquitectura que hoy construimos?

¿Hasta dónde se puede desarrollar una arquitectura regional?

¿Es posible una arquitectura santiaguense?

¿Cuál es la contribución que puede hacer la arquitectura solar?

¿Que enseñanza nos pueden ofrecer aquellas arquitecturas que pertenecen al pasado o que en la actualidad se construyen en culturas sólidamente establecidas y que están fuera de la Sociedad Industrial?

2.- Arquitectura espontánea y su respuesta climática.

"La arquitectura vernácula no sigue los ciclos de la moda. Es casi inmutable, inmejorable, dado que sirve su propósito a la perfección". B. Rudofsky.

Nuestro objetivo respecto a este tema es rescatar aquellos elementos del pasado o del presente vernáculo, que nos sirvan para dar un marco teórico, particular si se quiere, a nuestra manera de encarar el diseño. Hoy en día tenemos que resolver una nueva condicionante (aunque en realidad antigua como la arquitectura) una nueva cuestión a tener en cuenta que es el clima y la interacción de la obra de arquitectura en ese clima y con un lugar determinado.

Analizando arquitecturas espontáneas en el mundo podemos recoger y profundizar aquellas enseñanzas que nos brindan e ir integrándolas en nuestro haber como "recursos a usar por el diseñador" en el camino a una arquitectura solar.

2.1.- Habitat Troglodita

Comprende el conjunto de viviendas situadas en el interior del suelo ya sea utilizando cavidades naturales o produciendo excavaciones voluntarias.

Por supuesto, se requiere suelo blando (para las de escavaciones) y exento de humedad en un clima seco y árido.

Existen habitats por ejemplo en la pendiente de un acantilado blando escavados en sentido horizontal o realizados en profundidad alrededor de un pozo central (patio). Se han evidenciado como una excelente respuesta a climas extremados (Continental y áridos). Recordemos que clima continental significa noches frías y días cálidos, veranos muy rigurosos e inviernos con noches muy frías, a veces con grandes heladas.

En efecto, el habitat enterrado se caracteriza por la desaparición de la noción de fachada expuesta al exterior y por un aumento considerable de la capacidad térmica de la envoltura gracias a la presencia de la masa de tierra que la rodea.

El desfase y la amortiguación de la onda térmica depende de la magnitud en la masa total de los materiales empleados.

Todo el conjunto funciona como un almacenamiento interestacional cuya temperatura varía alrededor de una media anual. (La temperatura interior del suelo varía pocos grados con relación a la media anual). Por lo tanto las propiedades térmicas de una vivienda como ésta, variará en relación con la naturaleza misma del suelo (que podrá ser

más o menos denso) y de su exposición al sol (ya sea por su ubicación en la ladera de la colina o por el sombreado casi permanente en el caso de la casa - pozo).

Además, esta retirada bajo tierra, hace que influyan mucho menos los vientos violentos, al mismo tiempo que aumenta la protección por los excesos de frío, heladas y la radiación solar. Encontramos viviendas trogloditas en la cuenca del Mediterráneo (España, Francia, Hungría, Austria) en zonas de clima continental frío (China meridional) y en zonas semiáridas (sur de los Estados Unidos, Egipto, Túnez).

La situación que se muestra en la Fig. 14 - I - pertenece al habitat actual de aproximadamente 10.000.000 de personas que viven en China meridional.



Fig. 14-I

Estas viviendas, como así también fábricas, escuelas y oficinas de Gobierno han sido construídas bajo el loess. (El loess es un sedi-

mento transportado y depositado por el viento y que a raíz de su elevada porosidad (45%) puede ser fácilmente moldeado).

Los cuadrados oscuros que se observan en la Fig. 14-I son los patios de dimensiones aproximadas a una cancha de tenis y de 7.50 a 9 m. de profundidad. Los "L" son escaleras que conducen a los patios enterrados de las viviendas. Las habitaciones subterráneas miden aproximadamente 9 x 4.50 y 4.50 m. de altura. Se ventilan e iluminan por aberturas que se abren al patio.

El cielorraso es abovedado y el suelo exterior es plano, con lo cual se posibilita el doble uso de la tierra : servir como ambiente de las viviendas enterradas y como soporte de los sembradíos a nivel natural.

Las casas resultan naturalmente, cálidas en invierno y frescas en verano.

En Matmata, otro ejemplo, al Sur de Túnez (clima seco y árido). Se aprovecha la pequeña abertura del patio para lograr el máximo de sombra (paralelamente se aprovecha la radiación del muro más cálido al más frío para enfriar las paredes del patio) (Fig. 15- I).

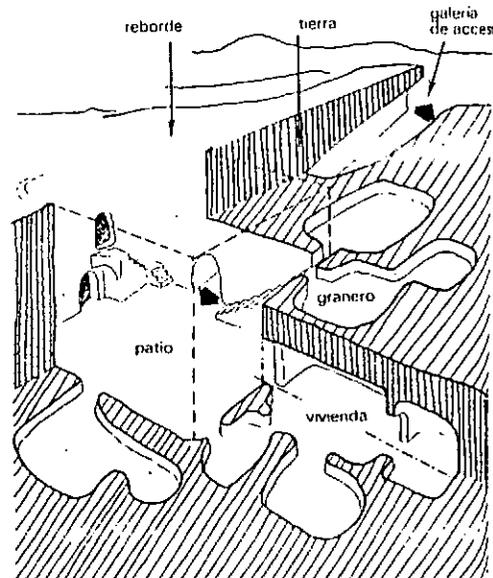


Fig. 15-I

Las viviendas están construídas alrededor de un pozo central de 10 m. de profundidad, las habitaciones se organizan alrededor del patio en 2 niveles, con establos incluidos.

El acceso es por un tunel inclinado.

En algunos casos existen cisternas escavadas bajo el patio que recogen el agua de lluvia.

La estratificación del aire fresco en el fondo del patio disminuye la temperatura del aire ambiente y los violentos vientos cargados de polvo pasan por arriba del patio sin afectar su microclima.

Sintetizando, podemos decir que de las enseñanzas que nos deja el habitat troglodita, podemos destacar :

- 19) La creación de un microclima (alrededor del patio, que funcionalmente es el elemento aglutinador).

- 20) El uso de grandes masas para amortiguar los efectos del clima. (recordando además que a mas de 1,50 ó 2 m. de profundidad la temperatura del suelo es similar a la media anual del lugar).

2.2.- Arquitectura de los Indios Pueblo :

El sudoeste de Estados Unidos ha sido el lugar de desarrollo de una importante civilización india desde el siglo VI; los Pueblos. Esta ha conocido y ha desarrollado la ganadería y la agricultura. Es una región de clima extremado que comprende Nuevo México, Arizona y el sur del Colorado y del Utah. Fig. 16- I.

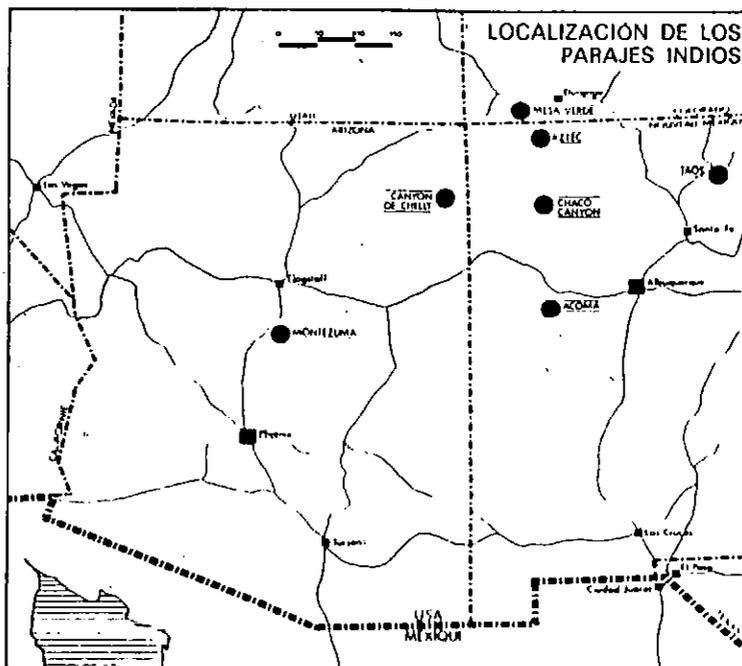


Fig. 16-I

Los Pueblos muy pronto supieron crear una vida comunitaria y organizada, cimentada sobre unas cosechas seguras y cuyas huellas arquitectónicas todavía visibles hoy constituyen otros tantos testimonios de la misma.

Ocuparon una región de planicies de altitud media (de 1500 a 2000 m) rodeadas de cimas (3000 m) y cubierta parcialmente de bosques de coníferas. Para una latitud relativamente baja (36°N) el clima de estas planicies es semiárido. La pluviosidad es de unos 400 mm/año; la radiación solar media anual es de 6 kWh/m² en enero y 8 kWh/m² en junio; el sol real es de un 68%, o sea unas 3400 horas; la temperatura media de enero es de -6°C y de $+21^{\circ}\text{C}$ en julio; la variación cotidiana entre las temperaturas mínimas y máximas es de unos 20° a 25°C ; la humedad relativa en julio al mediodía es de un 35%.

En el momento de su sedentarización, los indios Pueblos escogieron unos parajes en los que podían sobrevivir en este clima seco y sometido a fuertes radiaciones. Después de una vida seminómada cuyo testimonio lo constituyen las pithouses semienterradas, las primeras implantaciones (siglo VIII después de Cristo) se realizaron en parajes donde había agua, tierra cultivable y un abrigo natural. (Fig. 17-1).

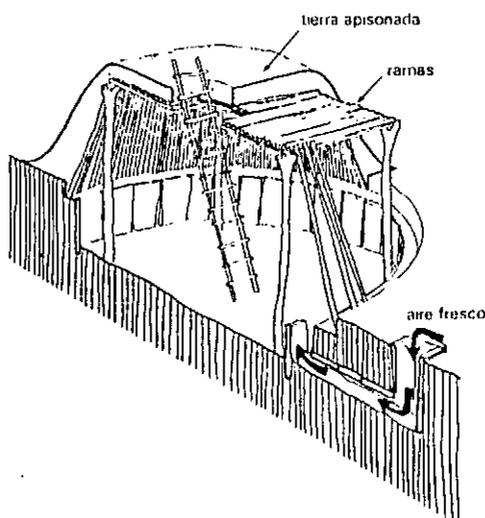


Fig. 17-1

Es el caso de los pueblos de Chaco Canyon que, a pesar de su carácter actual realmente desértico, fue previamente un cañón que presentaba una cubierta forestal, una fauna desarrollada, arroyos y tierra cultivable.

Pueblo Bonito es sin duda alguna el más espectacular de ellos, por su tamaño y por su organización. Creado hacia el siglo VIII, estaba constituido por cerca de 800 habitaciones sobre cinco pisos, organizados en anfiteatro y abrigando cerca de 1200 personas en el momento de su apogeo alrededor del siglo XII. Esta ciudad, por su homogeneidad, da cuenta de la armonía que debía reinar entre sus ocupantes. La religión, profundamente próxima a la naturaleza, dirigió al pueblo hacia el astro vital : el Sol. La organización en semicírculo y en grada parece testimoniar una preocupación por los ciclos solares. (Fig. 18 - I).

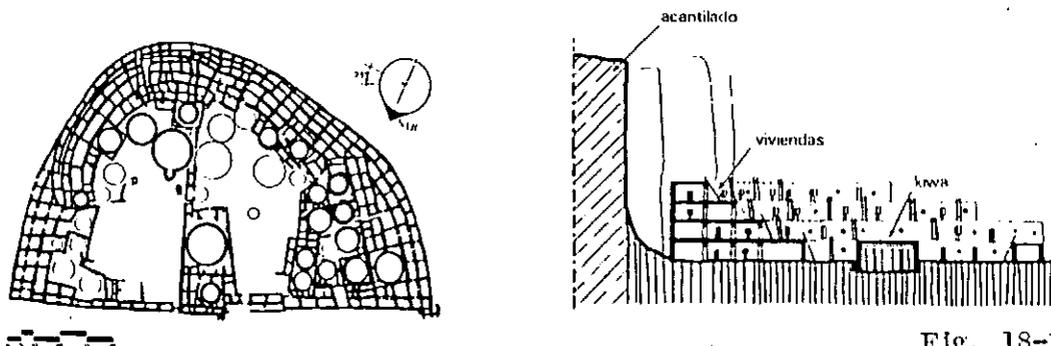


Fig. 18-I

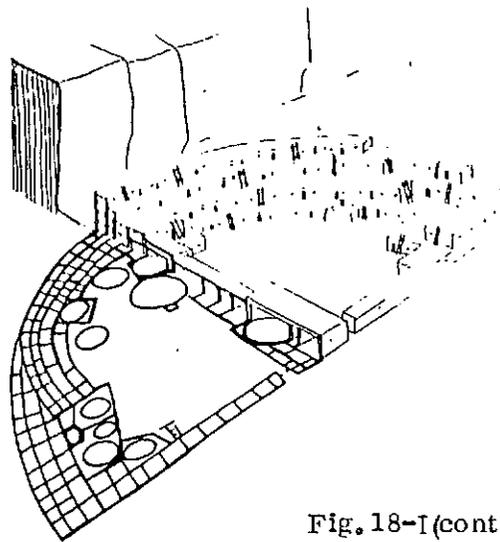
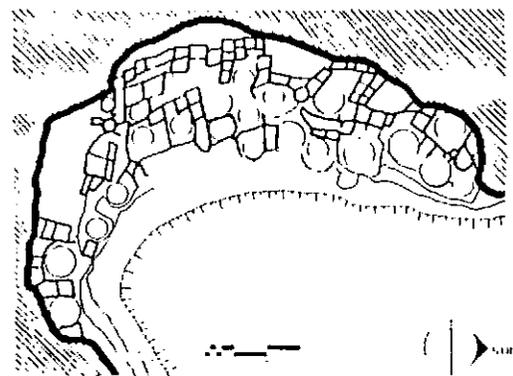
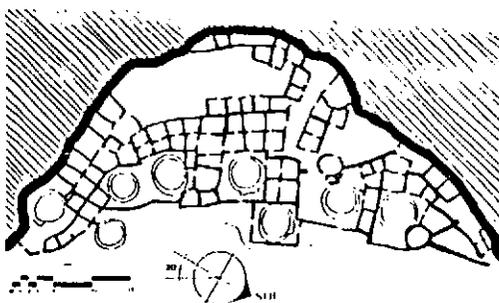


Fig. 18-I(cont.)

En efecto, la arquitectura responde punto por punto a los caracteres hostiles del clima: la orientación Sur-Sudeste de las gradas es óptima en una región sin brumas matinales para aprovechar en invierno los primeros rayos; el adosamiento a un inmenso acantilado de toba permite una protección contra los vientos del Norte y el beneficio de un gigantesco almacenamiento térmico que restituye durante varios días, la organización en anfiteatro garantiza un sol de invierno para todas las fachadas; la construcción masiva de piedra (muros) y de barro (tejado) asegura una capacidad térmica cuyo desfase es igual de favorable durante las noches de invierno que durante las de verano.

Paralelamente en el siglo XII después de Cristo se desarrolló otro centro de vida más al Norte, en los cañones de Mesa Verde, que recogió más tarde a las poblaciones que abandonaban Chaco Canyon. - (Fig. 19 - I).

Fig. 19-I



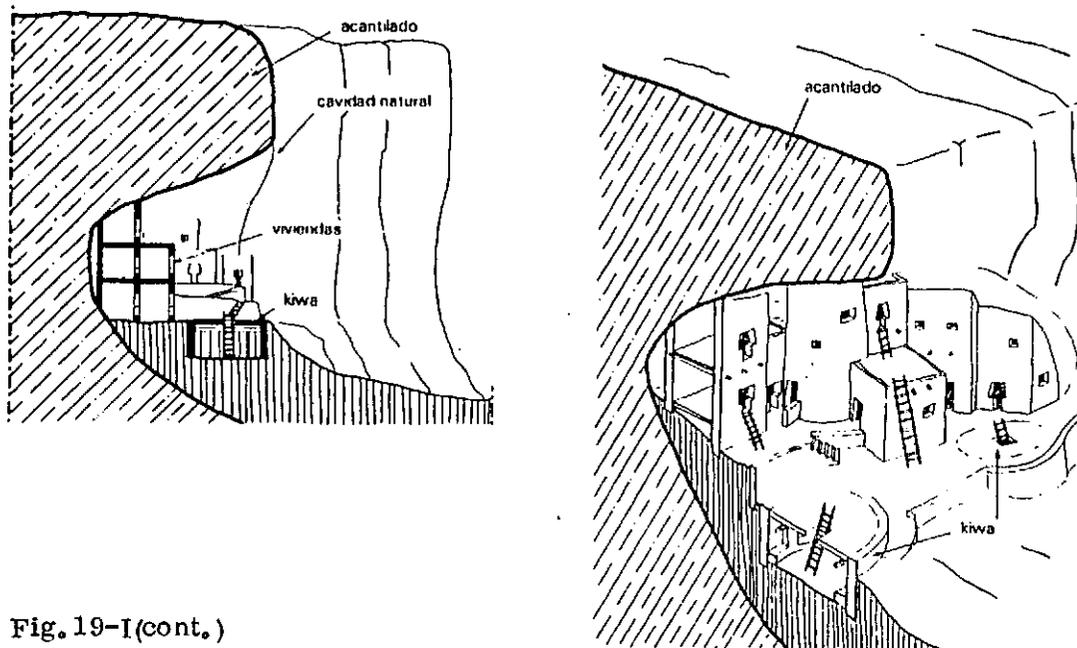


Fig. 19-I(cont.)

Los pueblos para instalarse, aprovecharon las cavidades que habfan en los acantilados, gozando así de un abrigo natural; tejado, muro y masa térmica reunidos.

De esta forma Cliff Palace comprende cerca de 200 habitaciones que cobijaron a 400 personas; está constituido por pequeñas casas de piedra, edificadas bajo un arco del acantilado. En cuanto a Spuce Tree House se trata de un conjunto de 114 habitaciones encajadas dentro de una cavidad muy profunda de un acantilado cercano (27 m de profundidad y 66 m de largo).

Estos dos pueblos ilustran de maravilla los principios bioclimáticos "actuales"; favorecer la penetración de la radiación solar en invierno por la disposición de las construcciones, impedirla en el verano; utilizar al máximo la capacidad térmica de la masa construida y la suplementaria del acantilado; protegerse del viento y de las precipitaciones.

Igual que en Pueblo Bonito, los kiwas (salas rituales) están colocados delante de las viviendas y se sitúan en el suelo como la prolongación simbólica de la vivienda primitiva. (shallow pithouse). (Fig. 20 - I).

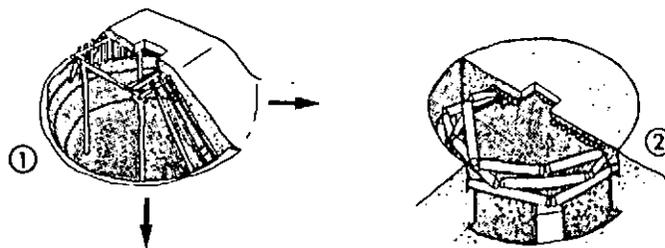
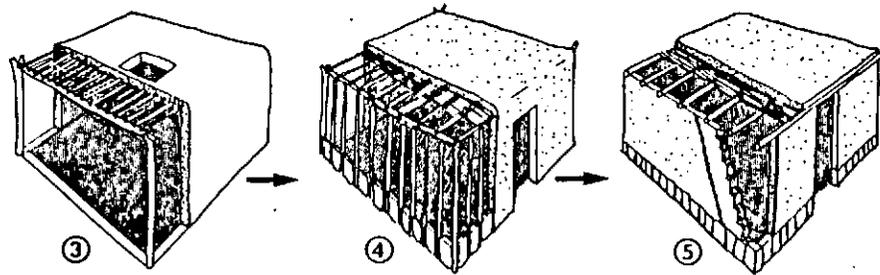


Fig. 20-I



Evolución del hábitat Pueblo.

1) «Shallow Pithouse»: vivienda primitiva semienterrada (siglo II después de J.C.). 2) «Kiwa»: sala ritual circular enterrada presente en todos los pueblos (del siglo V al XVI). 3) vivienda a nivel de suelo en bolas de tierra con armazón; acceso por el techo (siglo VI). 4) vivienda de tapia con paja con hilera de piedra, armazón de madera (llamada «Jaccal»); acceso por puerta lateral (siglo VIII). 5) vivienda de ladrillo de adobe que comprende a veces pisos (siglo XIV).

Fig. 20-I(cont.)

Estas salas de reunión y de iniciación perpetúan la antigua tradición de casa enterrada de los primeros indios sedentarizados; son todas circulares, totalmente subterráneas, accesibles por medio de una abertura central y una escalera de mano, provistas de un hogar y de un dispositivo de renovación del aire fresco. El paraje de Cliff Palaco estaba formado por 12 kiwas y Spuce Tree House por 8 kiwas.

Más tarde, hacia el siglo XVII, varias razones empujaron a algunas tribus a emigrar al Este: la desertificación de los parajes de Canyon, el avance de los españoles y el acoso por grupos nómadas como los Apaches o los Navajos.

Taos forma parte de estos nuevos pueblos que se desarrollaron en los alrededores del año 1600 en un paraje ya habitado sin duda desde el siglo XIV. (Fig. 21-I).

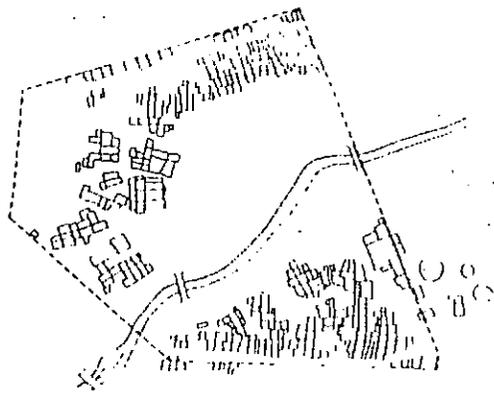


Fig. 21-I



Taos está situado en una zona bastante rica, con abundancia de agua y madera, gracias a lo cual se ha podido desarrollar el cultivo, la ganadería y la caza. En esto se distingue de los "pueblos" de la "Mesa" (altiplanicies áridas más al oeste).

El aspecto del pueblo difiere de los anteriores pueblos y sorprende por su organización piramidal en cinco o seis conjuntos de células juxtapuestas. (Fig. 22-1).

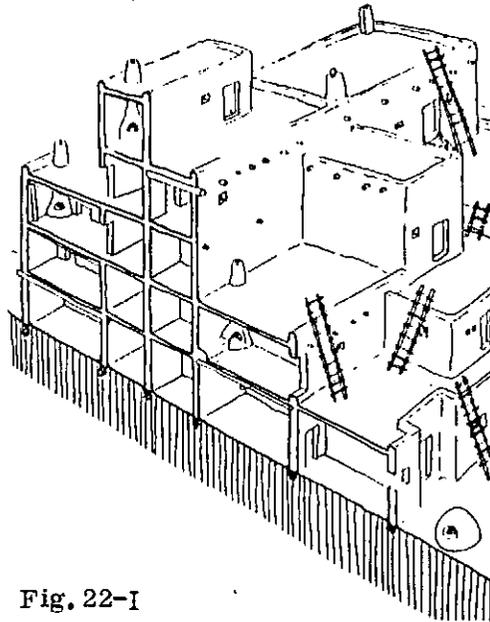


Fig. 22-1

Estos "edificios" compuestos están constituidos por habitaciones independientes cuya construcción debió de ser progresiva, conforme a la evolución de las "familias". Los muros están realizados con ladrillos de barro (adobe) secados al sol y colocados gracias a un mortero de la misma naturaleza. Los tejados están hechos de un armazón a base de ramas colocados sobre troncos brutos, recubriéndose el conjunto con una espesa capa de tierra, acabado con un enlucido más arenoso, que sirve para proteger de las escasas precipitaciones.-

Este tipo de vivienda responde también a las características climáticas de una forma bastante pertinente.-

Así de una forma general, la organización de las habitaciones en pirámide concierne a los lados Este, Sur y Oeste mientras que las fachadas Norte son verticales y presentan una superficie mínima.

La gran superficie de pared para las exposiciones soleadas sirve para aumentar los intercambios térmicos que son favorables cuando es-

unas

tas paredes son macizas y están dotadas de un desfase de 8 horas (muros de 35 cms. de espesor). El principio del "volante térmico" continúa siendo interesante en un clima con fuertes radiaciones y una fuerte variación cotidiana de las temperaturas, tanto en invierno como en verano, porque las noches son frías en ambos casos. En invierno, la nieve de los tejados sólo se retira cuando amenaza con fundirse, después de haber hecho la función de aislante suplementario.

Taos es uno de los raros ejemplos de habitat indio que todavía está ocupado.

Sintetizando, podemos reseñar las siguientes enseñanzas transmitidas por la arquitectura de los indios Pueblo :

- 1º) El uso de la masa como atemperadora de los rigores de un clima semiárido.
- 2º) La creación y aplicación práctica del concepto de urbanismo solar : el adosarse a un inmenso acantilado significó, en el caso de Pueblo Bonito protegerse de los vientos del Norte y gozar - del atemperamiento térmico que su masa proporcionaba gracias a su capacidad térmica.

Al mismo tiempo la organización en forma de anfiteatro significó la garantía de asoleamiento en invierno para todas las fachadas. Lo mismo ocurre en Cliff Palace o Spuce Tree con el añadido beneficioso de la protección de la parte superior del acantilado que oficia de alero para el sol de verano.

En Taos se evidencia la decidida actitud de exponer al máximo las superficies orientadas al Sud, Este y Oeste, escalonando los locales y minimizando las del Norte con sus paramentos verticales.

2.3.- Habitat islámico

Cuando observamos la arquitectura tradicional de algunas culturas - asentadas en climas cuyas temperaturas son incómodamente altas durante el día e incómodamente frías por la noche, podemos observar como constante que tales culturas crearon edificios de gruesos muros de ladrillo o piedra. Tal es el caso de la arquitectura islámica que tuvo un desarrollo floreciente hace muchos siglos y que aún hoy en día mantiene sus características tradicionales.

El clima donde se desarrolló esta arquitectura se caracteriza por una fuerte sequedad, una importante variación térmica cotidiana, una media de temperatura anual bastante elevada, una fuerte intensidad de radiación solar, vientos importantes, a veces variables y cargados de polvo.

La adaptación de esta arquitectura a las condiciones climáticas se ha ido elaborando a través de un proceso muy largo en el que ha habido una fusión de los elementos de la cultura y de la religión y el patrimonio técnico debido a un saber empírico.

Analizaremos las características esenciales de esta arquitectura en casas aisladas (también hay buenas soluciones para casas en altura asociadas por medianería (Casbah).

- Muros : Por regla general la mayoría de las viviendas islámicas se caracterizan por la búsqueda de una masa térmica importante y el control de las radiaciones.- (Fig. 23-I).

La capacidad térmica se consigue mediante la elección de un material de construcción que sea macizo y, desde luego, disponible in situ : barro para el adobe o para los ladrillos secados al sol o piedras.- El espesor de las paredes hace aumentar también las ventajas térmicas del material y entonces las soluciones dependen las posibilidades propias de los materiales y de su técnica de empleo.- Los muros contruidos con estos materiales son a la vez aislantes y acumuladores térmicos de modo tal que durante las horas más cálidas del día, el flujo de calor desde el aire exterior al interior se retarda, y durante las horas más frías de la noche, el ambiente interior recibe parte del calor acumulado en los muros y el resto se disipa hacia el exterior. El resultado es un aplanamiento de la curva de temperatura interior del edificio.

Los enlucidos a base de cal con que se encalan los muros sirven para reflejar la radiación solar y evitar un calentamiento excesivo a la vez que conservan una gran capacidad de enfriamiento por radiación infrarroja.

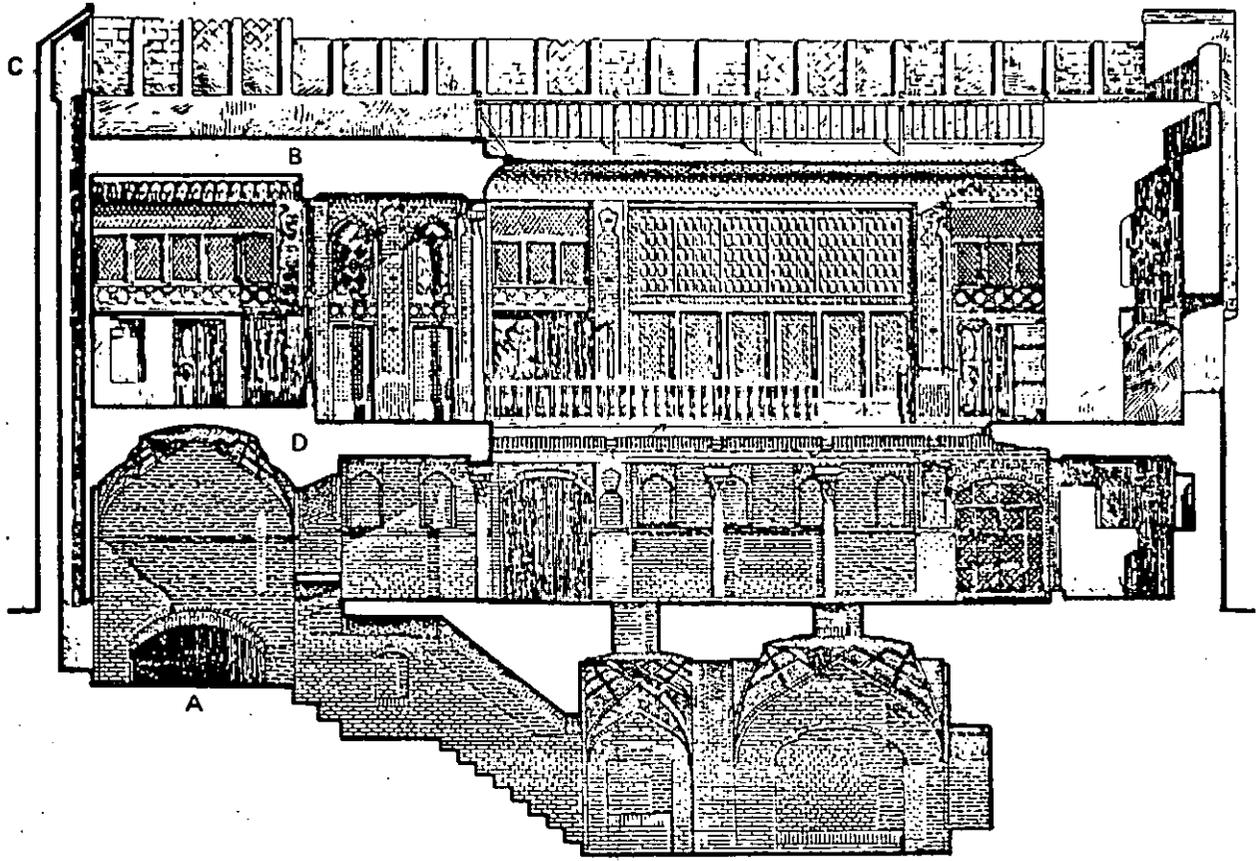


Fig. 23-1

El control de las radiaciones significa simplemente la protección contra la radiación solar, cuando ésta no se desea y la optimización del enfriamiento por emisión terrestre.

Este principio se manifiesta sobre todo por la abundante utilización del patio que goza de sombra y hace la función de pozo de frescor.- La dosificación de las ventanas en la fachada , sus dimensiones y sus equipos completan los principios que hacen de las paredes de la vivienda unos diafragmas selectivos para una climatización pasiva eficaz.

Lo antedicho nos lleva al análisis de otras características de la arquitectura islámica : ventanas y patios.

- Ventanas : Las ventanas dirigidas hacia el exterior son pocas, se hallan provistas muchas veces de elementos fijos o móviles que

sirven para ocultar la radiación solar y los vientos fuertes, a la vez que permiten un aporte luminoso mínimo, una vista hacia el exterior y la ventaja del aire que circula a poca velocidad para enfriar por evaporación de agua o para evaporar la transpiración del cuerpo.- (Fig. 24-I).-

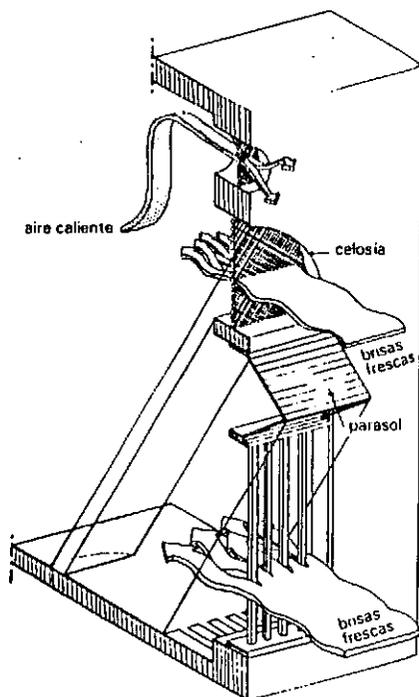


Fig. 24-I - El croquis de la figura representa una ventana iraní equipada con dispositivos para regular los flujos de aire.-

Un dispositivo muy interesante que presentan las ventanas es la "celosía", especie de enrejado de listones hábilmente trenzados con pequeños orificios que permiten filtrar la radiación solar, a la vez que reciben una luz suficiente y aseguran la vista hacia el exterior y que disminuyen la presión del viento a la vez que permiten la ventilación.

En algunos casos, para mejorar la ventilación captada y la convección natural, suele complejizarse este dispositivo formando un "cajón" de celosía que ofrece tres fachadas, aumentando así la superficie en contacto con el viento y agregándole un cántaro con agua para provocar el enfriamiento evaporativo. (Fig. 25-I).-

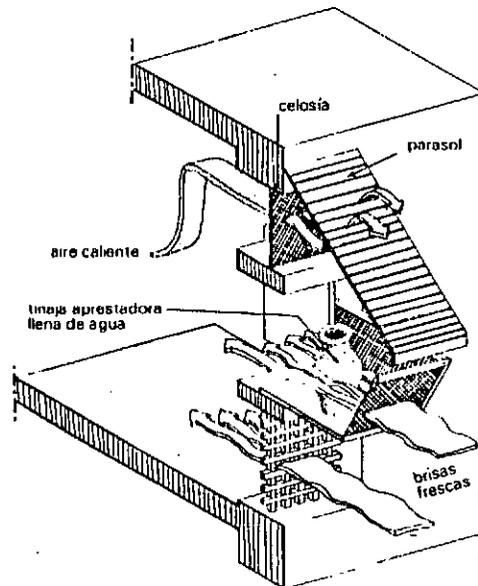


Fig. 25-I

- Patios : En viviendas exteriormente cerradas, el patio es la abertura central alrededor de la cual gira toda la composición arquitectónica.

Cumple con dos funciones : la de pozo de luz y la de regulador térmico.

El patio constituye el principal intermediario entre el interior y el exterior, la parte hacia la cual están dirigidas las habitaciones. Sus efectos son múltiples y dependen de los elementos que entran en juego. La estrechez del patio lo predispone a permanecer en la sombra durante todo el día y presentar de esta forma un balance térmico equilibrado a una temperatura mucho más baja que la media exterior.- Suele existir vegetación para acentuar la sombra, asegurar la humedad del aire, así como el frescor por evaporación.-

También suele haber fuentes o pequeños espejos de agua en el patio que colaboran para lograr el enfriamiento pasivo por evaporación del agua.

Térmicamente, el patio funciona como un pozo de frescor porque el aire fresco se estratifica en la zona inferior enfriando de esta forma las habitaciones que se abren ante él.

Además, las paredes del patio emiten (por radiación terrestre) y se enfrían, lo cual permite que absorban a su vez el calor eventual del aire interior así como la radiación de las paredes soleadas.- El patio constituye pues este elemento de regulación (omisión, evaporación) del cual se aprovecha toda la vivienda.

- Uso de la vivienda : En el caso de la cultura islámica se puede hablar de comportamiento trashumante como manera de usar la vivienda y adaptarse a las variaciones climáticas.

Son comunes los desplazamientos internos de los habitantes de una casa tanto en el curso del día como en las diferentes estaciones.

En efecto, durante el día se ocupan las habitaciones próximas al patio en sombra (comidas en las galorfas, siesta en el sótano, trabajos en la planta baja) y por la noche se duerme en el tejado-terraza a fin de aprovechar el enfriamiento nocturno en un momento en que el interior de la vivienda está más caliente a causa del efecto de defasaje.

También pueden tener lugar desplazamientos estacionales si la región tiene estaciones marcadas, en cuyo caso las habitaciones superiores se ocupan en el invierno y las de la planta baja en verano (o en el caso de una casa de un solo nivel, la mitad sur del piso será la de invierno y la mitad norte la del verano). (Fig. 26 - I).

VIVIENDA MARROQUI

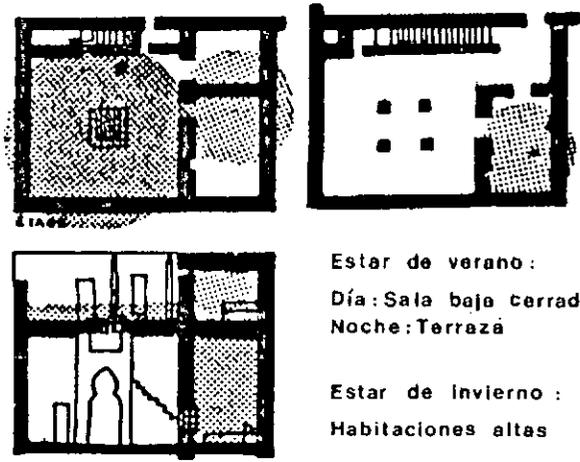


Fig. 26-I

- Refrigeración pasiva : Por último, unos equipos destinados a favorecer la ventilación interior y a provocar una climatización por humedecimiento del aire vienen a completar y a asociarse con las ventanas para mantener el confort de las viviendas islámicas.-

La primera "receta" de una buena ventilación reside en la disposición de las ventanas, unas respecto de otras, de acuerdo con los vientos dominantes y el principio de la convección natural (el aire

sube, "aspirando" así el aire más fresco).

A fin de optimizar este sistema, las habitaciones oscuras y frescas de la parte baja de la vivienda (patio, sótano) deben comunicar con las de arriba a fin de que la temperatura del aire renovado disminuya al atravesar la casa.

Para activar la convección natural se emplea un dispositivo destinado a captar los vientos en altura. Se los llama : Torres eólicas y aprovechan los vientos del verano tomados por encima del nivel del techo por lo cual son mas frescos, menos cargados de polvo y menos húmedos, (lo cual permite cargarlos voluntariamente de humedad para bajarles la temperatura mediante la evaporación). Una vez conseguido aire fresco se lo hará circular a través del edificio.

Su aspecto es semejante al de una chimenea. El extremo inferior se abre en el sótano y el superior sobresale del techo. En su interior hay varias canalizaciones. En la figura 27-I podemos observar indicada con la letra C una torre eólica.

Estos colectores de viento funcionan haciendo cambiar la temperatura y por lo tanto la densidad del aire en su interior, lo que crea corrientes de aire que se pueden regular abriendo y cerrando las puertas de la torre y las habitaciones a las cuales sirve.

El funcionamiento de la torre depende de la hora del día y del estado del viento. Analicémoslo :

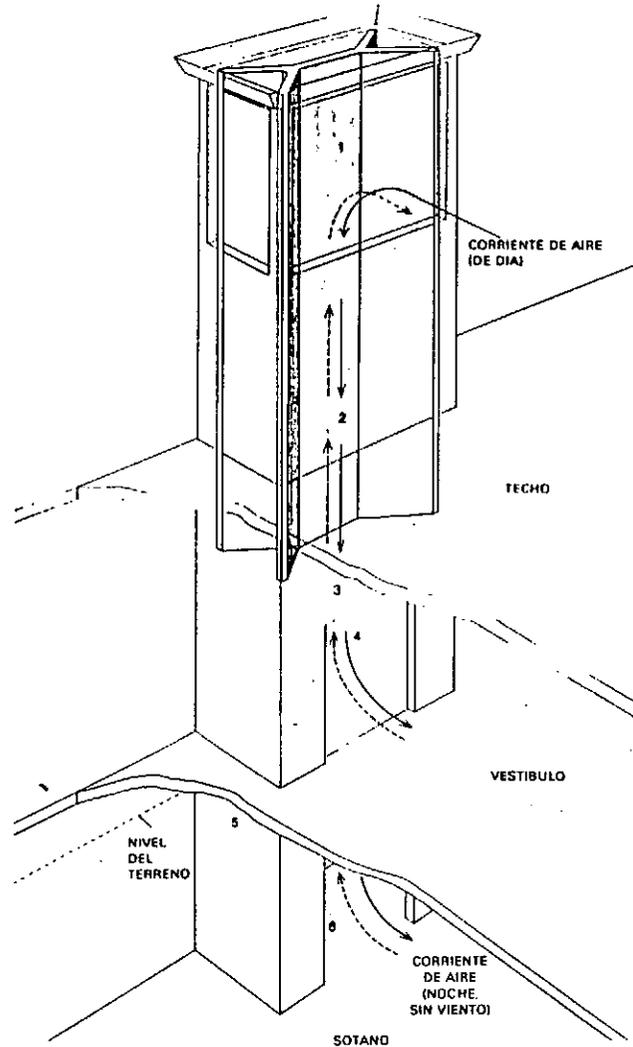
- Si es de noche y no hay viento : la torre actúa como una chimenea provocando un "tiraje" del siguiente modo : las paredes de la torre absorbieron calor durante el día y por lo tanto pueden cederlo al aire fresco nocturno contenido dentro de la torre. Al calentarse el aire se vuelve menos denso con lo cual se crea una corriente ascendente. El aire contenido en el edificio es aspirado por la torre y permite la entrada de aire frío por puertas y ventanas.

- Si es de noche y hay viento : éste obliga al aire a funcionar en dirección opuesta. Las habitaciones se enfrían por el aire nocturno que baja por la torre. (Aunque en este caso las paredes de la torre calientan el aire nocturno antes de entrar al edificio, el sistema resulta bastante eficaz para aproximar la temperatura del edificio a la del medio ambiente.

- Si es de día y no hay viento : funciona al revés que una chimenea. Las paredes de la parte superior de la torre se han enfriado durante la noche anterior. El cálido aire del ambiente se enfría al ponerse en contacto con ellas, se hace más denso y se hunde en la torre formando una corriente descendente. El aire enfriado se reparte por el edificio, hasta salir por puertas y ventanas, arrastrando consigo el aire de las habitaciones.-

- Si es de día y hay viento : aumenta la velocidad de circulación

y por medio de una apropiada distribución de puertas y ventanas, puede hacerse circular aire por todas las habitaciones. Según esto podemos concluir de lo anterior, que el funcionamiento de las torres eólicas ocasiona "enfriamiento sensible", es decir cambia la temperatura sin que varíe el contenido de vapor de agua o humedad del aire. (Fig. 27-I).



UNA TORRE EOLICA FUNCIONA de diversas maneras según el momento del día y la presencia o ausencia de viento. Los muros y canalizaciones de aire de la torre (2) absorben calor durante el día y lo descargan en el aire frío de la noche. Al día siguiente, los muros están frescos. Cuando no hay viento, el cálido aire ambiente (flechas llenas) entra en la torre a través de las aberturas laterales (1) y se enfría al tocar la torre. Como el aire frío es más denso, baja por dentro de la torre, creando una corriente descendente (2, 3, 5). Cuando hay viento, el aire se enfría con más eficiencia y circula a mayor velocidad. Unas puertas dispuestas en la base de la torre (4, 6) se abren al vestibulo central y al sótano. Cuando están abiertas, el aire enfriado procedente de la torre es impulsado a través del edificio, saliendo a través de las ventanas y demás puertas, arrastrando consigo el aire de las habitaciones. La ruta seguida por el aire enfriado depende de la disposición de las puertas en edificio y torre. (Parte del aire que baja por las canalizaciones de barlovento de la torre es obligado a retroceder ascendiendo por las canalizaciones opuestas y a salir por las aberturas de sotavento.) Cuando es de noche y no hay viento (flechas de trazo), la torre funciona como una chimenea. El calor que se ha acumulado en los muros durante el día calienta el frío aire nocturno de la torre. Como al calentarse el aire disminuye su densidad, baja la presión en la parte superior de la torre, creándose una corriente ascendente. El aire contenido en el edificio es aspirado por la torre y entra en el edificio aire fresco de la noche a través de puertas y ventanas. Cuando hay viento de noche, desciende aire por la torre y circula por el edificio. Como los muros de la torre calientan el aire nocturno antes de que entre en el edificio, la tasa de enfriamiento puede ser menor.

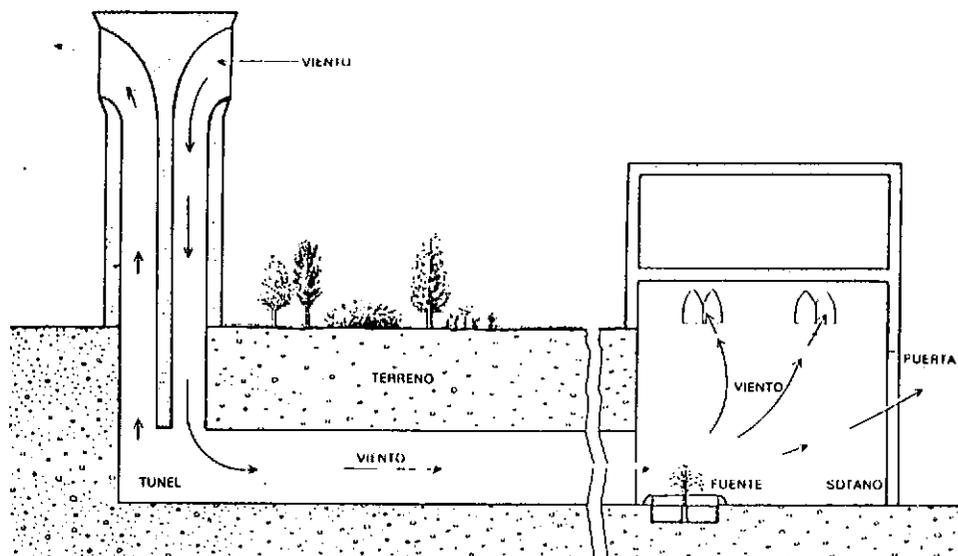
Fig. 27-I

Las torres eólicas se usaron solo en verano. En invierno se las cierra porque si no aumentan muchísimo las pérdidas por infiltración.

Los islámicos supieron ya alrededor del 900 a.C. utilizar estos dispositivos y aún mejoraron el efecto producido por las torres eólicas combinándolos con fuentes productoras de humedad. - Es decir no solo cambiando la temperatura del aire captado sino también variando la humedad del mismo para producir un enfriamiento evaporativo. -

Ellos observaron que cuando el aire que desciende por una torre hasta el sótano encuentra los muros del mismo húmedos, el aire sufre un enfriamiento sensible y evaporativo a la vez. (El agua que está en los muros absorbe el calor suficiente como para evaporarse, calor que toma del aire, el cual resulta así enfriado).

Se puede visitar en la ciudad de Bam (Irán) una casa que posee una torre eólica construida a 50 m. de la misma y que está unida con un túnel subterráneo a la base de la torre. (Fig. 28-I).



DOS TIPOS DE ENFRIAMIENTO se producen en el sistema pasivo ilustrado aquí. En el enfriamiento sensible, la pérdida de calor hace que el aire alcance una menor temperatura, pero no varía su humedad. El aire situado en la parte superior de una torre eólica sufre un enfriamiento sensible. Cuando se introduce agua en un sistema, se origina un enfriamiento evaporativo. Esto implica cambiar tanto la temperatura como la humedad del aire. Cuando el aire no saturado entra en contacto con agua, parte del agua se evapora. El proceso es impulsado por el calor del aire, de modo que, al disminuir la temperatura del aire, aumenta su humedad. Un sistema de torre eólica que produce un enfria-

miento evaporativo y sensible del aire es sumamente eficaz. En la mayoría de las torres eólicas se infiltra agua del suelo hasta el interior de los muros del sótano de la torre, de manera que el aire que pasa sobre esos muros sufre un enfriamiento evaporativo. En el sistema ilustrado aquí, el enfriamiento evaporativo cumple una función aún más importante. La torre eólica está situada a unos 50 metros del edificio, al cual está unida por un túnel. Cuando los árboles, arbustos y césped del terreno sobrepuestos al túnel se riegan, el agua se infiltra y mantiene húmedas las superficies internas de los muros del túnel. La piscina y la fuente, que se encuentran en el sótano del edificio, enfrían todavía más el aire.

Fig. 28-I

El terreno bajo el cual corre el túnel está plantado con árboles y césped. Al regarlos se humedece la tierra y por consiguiente el túnel.- El aire que desciende por la torre sufre un enfriamiento sensible y evaporativo a la vez. Logran mejorar más aún estos resultados con un estanque y un surtidor de agua situado a la entrada del sótano.-

Sintetizando : son varias las enseñanzas a tomar de la arquitectura islámica :

- 1.- Creación de un microclima.
- 2.- Uso de la masa edificada con función de atemperadora térmica.
- 3.- Aprovechamiento de la radiación solar.
- 4.- Manejo inteligente de las corrientes de aire.
- 5.- Aprovechamiento de los efectos de cambio de fase para producir enfriamiento pasivo (evaporativo).
- 6.- Enfriamiento radiante (recordemos que la bóveda coelste tiene alrededor de 20°C menos que la temperatura ambiente de un lugar).
- 7.- Funcionamiento interno trashumante.
- 8.- Integración de intensiones estéticas con sistemas bioclimáticos.

Entiéndase por Arquitectura Bioclimática aquella que hace de ella un intermediario entre el clima exterior y el ambiente interior. Es aquella que nos permite integrar la forma, la materia y la energía en una arquitectura (una sola respuesta arquitectónica).

2.4.- El habitat de climas cálidos húmedos.

Para estudiar respuestas de arquitectura dentro del clima cálido-húmedo podemos acudir a la arquitectura vernácula de Malasia que es donde encontramos ejemplos muy bien elaborados de esta situación. -

Allí hay diferentes tradiciones que se corresponden con la historia del país y que se ponen de manifiesto en la casa tribal, la casa malaya, la casa holandesa, la casa china y la casa colonial británica.

De entre éstas estudiaremos la casa tribal y la malaya. Las características más destacadas del clima donde se desarrollan estos habitats son su calor pegajoso y la continua presencia de humedad. La temperatura es elevada con muy pequeña variación entre el día y la noche.

La humedad es elevada durante todas las estaciones. (H. R. = 90, ó 100%).

El vapor de agua y las nubes espesas actúan como filtros ante la radiación directa del sol, por lo que ésta se reduce y difunde, pero también las nubes impiden la radiación al espacio durante la noche.

La humedad del aire combinada con la elevada temperatura y la también elevada pluviometría es favorable al crecimiento de la vegetación. Las plantas que cubren el terreno reducen la radiación reflejada y disminuyen la elevación de temperatura de la superficie del terreno. Los vientos son generalmente poco rápidos, variables en velocidad pero casi constantes en dirección.

Bien, veamos ahora los ejemplos elegidos :

a) La casa tribal : Es el tipo que mas frecuentemente se ve en el país. Son casas unifamiliares que van formando las aldeas cerca del camino que lleva a las colinas de Perak.

En los mejores ejemplos su estructura es enteramente de bambú, pero también se encuentra una estructura de bambú mezclada con madera.

Las varas de bambú están ligadas con cabestrillo de bambú. La pared está hecha de paneles de bambú cortados longitudinalmente, a menudo tejidos en una trama. El techo es muy impinado y está cubierto con attap, es decir, con esteras hechas con hojas de palmera entretejidas y fijadas a delgadas varas de bambú. Estas esteras son enrolladas y colocadas en el caballete del tejado cuando el esqueleto de la casa está terminado. - Entonces se abre el rollo y la estera de hojas se precipita sobre las vigas. - Por dentro está atada a las vigas con varas de bambú. (Fig. 29-I).

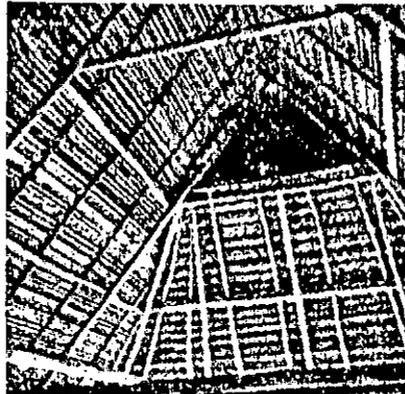


Fig. 29-I

El techo que muestra la fig. 29-I es un buen ejemplo, a pesar de que en parte está construido en madera. También se advierte el triángulo hueco en la parte superior del mojinete por encima del par truncado, una característica común en toda Asia Oriental. A menudo estos triángulos de los mojinetes están compuestos de diferentes superficies inclinadas como grandes lucarnas, y de esta forma sirven para ventilar la casa. El techo está siempre abierto; no hay ciclorraso.-

El techo llamado attap tiene la propiedad de respirar aunque si está bien construido también es impermeable, condición que favorece su inclinación muy pronunciada. Las paredes también respiran. El piso mismo, invariablemente levantado sobre el suelo por pilares y construido en forma de enrejado de medias cañas de bambú, permite la entrada de aire por la parte inferior.- Las ventanas, cuando existen, son una característica relativamente moderna en este tipo de casas. Es posible leer con la luz que se filtra a través de las ranuras en las paredes, y esta luz mortecina resulta muy agradable. En algunas casas de Tragganu se fabrica un tejido muy delicado en habitaciones cuyas paredes están hechas del mismo material.

b) La casa malaya : Posee una clara articulación de las diferentes partes de la planta. Estas partes son : una galería que sirve de entrada y se proyecta a menudo más allá de ambos lados de la casa; el cuarto principal o los cuartos - puede haber dos -, que se encuentran en un nivel ligeramente más alto; y por atrás la cocina, a la que se llega por medio de una galería que tiene su propia escalera trasera.-

Las casas de los campesinos de Malays forman largas hileras a lo largo del camino, o bordean las colinas en las cercanías del valle.

Cada casa está ubicada en un pulcro terreno o en un jardín, y tiene un carabao (búfalo de la región) o dos atados a un árbol en un pequeño declive, y una zona cubierta de pasto, a menudo con un conjunto de plantas colocadas en canteros alrededor de la galería; hay pollos, cabras y algunas herramientas en el espacio que se encuentra debajo del piso elevado, que también sirve de depósito.-

Al entrar, uno encuentra la parte principal de la casa, que por lo general es muy grande, subdividida por diferencias de nivel y también por particiones bajas o por muebles que forman divisiones.-

La luz es mortecina y fría y estos cubículos libremente dispuestos bajo sus empinados techos oscuros poseen una cualidad que atrae a los arquitectos de nuestra generación.-

Asimismo nos atraen poderosamente los pilares finos y espaciados que limitan el exterior de las galerías circundantes, cuya elegancia y proporciones moduladas, digámoslo también, producen una sensación frecuentemente muy agradable. (Fig. 30-I).-

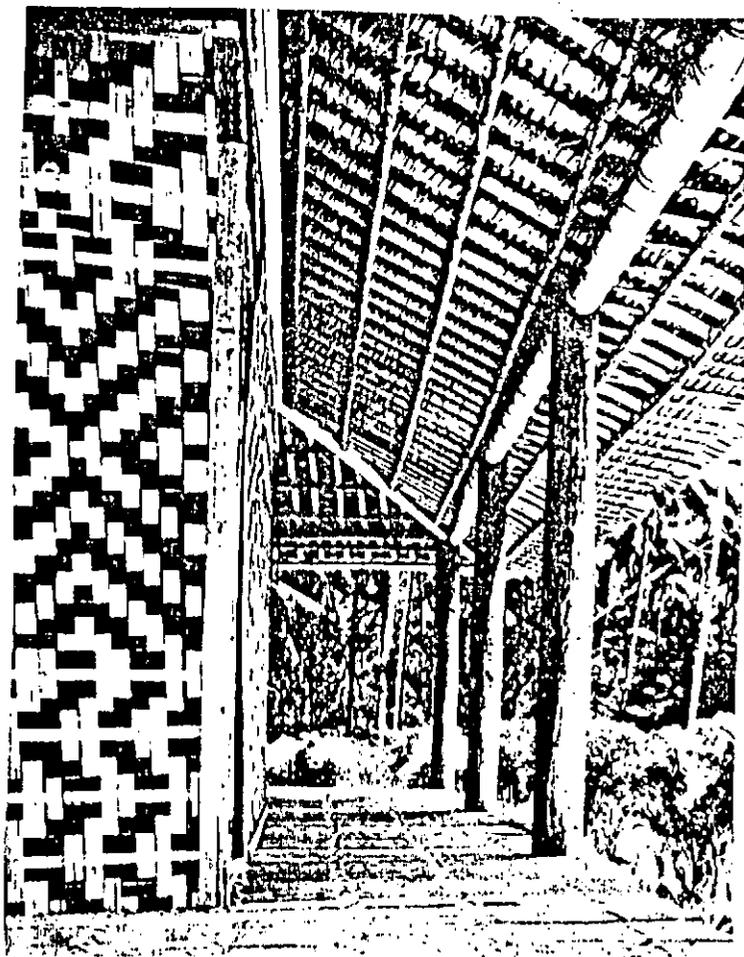


Fig. 30-1

Algunas de estas casas tienen alrededor de 150 años; por otro lado todavía se construyen hoy en día, aunque en las nuevas casas las partes menos empinadas del techo ya no se cubren más con attap, sino con chapas de cinco o de amianto.

La fig. 31-1 es una típica casa ubicada en las afueras de Malaca.

La construcción del piso queda claramente expuestas en la galería: los postes se apoyan sobre bloques de piedra o bien sobre bloques de un tipo tradicional de cemento hecho con miel, cáscaras de huevos molidos y piedra caliza.

Las partes de la casa están claramente diferenciadas, como lo están también los louvers inclinados que actúan como entradas de aire, en el mojinete principal.-



Fig. 31-I

En la fig. 32-I podemos observar en cortes soluciones similares materializadas en distintos puntos geográficos que se hallan sobreelevadas, o separadas del medio por elevación o por rejillas tejidas.

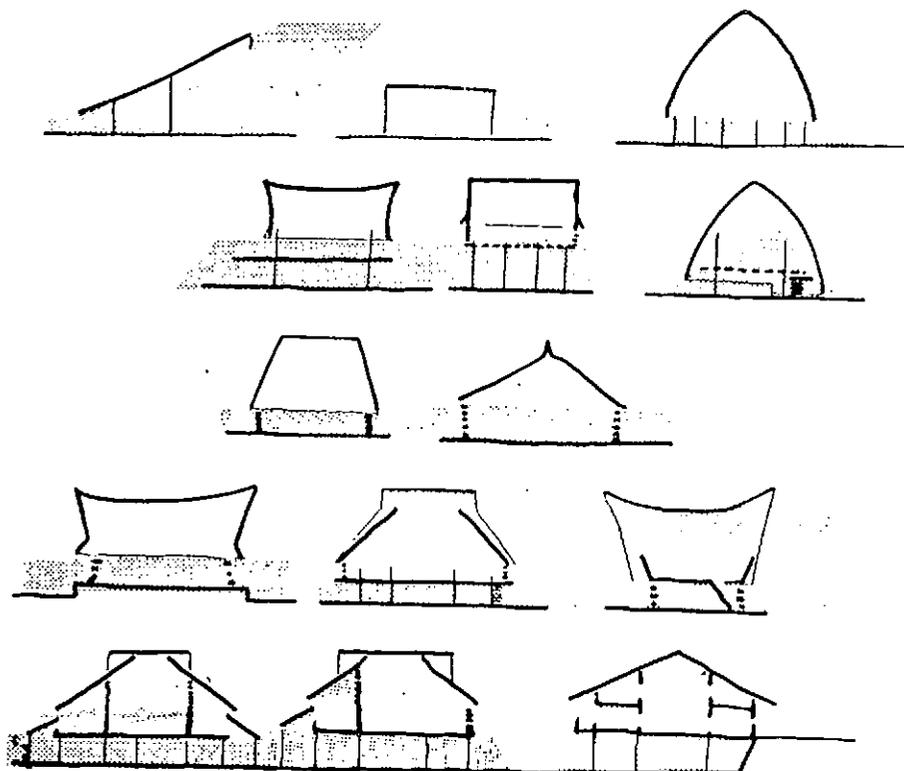


Fig. 32-I - Cortes esquemáticos de viviendas en Amazonia, Melanesia, Samoa, Nueva Guinea, Dahomey, Vietnam, Senegal, Sumatra y China.

Es sabido que, para alcanzar algún nivel de confort físico hay que conseguir cierta disipación térmica del cuerpo hacia el medio.

Debido a que la temperatura del aire es en estos lugares casi continuamente próxima a la de la piel, la disipación térmica del cuerpo por convección o conducción es despreciable o casi nula.

Además, en un ambiente de elevada humedad como es el caso que estamos analizando, la evaporación de una pequeña cantidad de humedad procedente del cuerpo forma un ambiente de aire saturado de vapor que se opone a toda evaporación posterior, bloqueando el último recurso de disipación del calor.

En estas condiciones el único modo de mejorar las condiciones térmicas es ventilar. Hay que lograr que las brisas exteriores atraviesen el edificio y refresquen el cuerpo de sus habitantes al tiempo que remueven el aire saturado y eso es lo que fundamentalmente proponen los ejemplos que vimos recién.

Entonces, y según lo que hemos visto hasta aquí, las enseñanzas que nos dejan estos habitats de clima cálido-húmedo son :

- 19) La única forma posible de alcanzar cierto confort es favoreciendo los movimientos de aire y su captación para atenuar el rigor climático y para lo cual se puede hacer uso de los siguientes recursos :
 - a) Diseñar plantas alargadas, con una sola fila de habitaciones, para permitir la ventilación cruzada a través de cada una de ellas (más aún si se tiene en cuenta que generalmente las "paredes" están realizadas con materiales vegetales tejidos).
 - b) Las puertas y ventanas deberán tener la mayor dimensión posible para permitir el paso del aire.
 - c) Los edificios estarán diseminados, extendidos en superficies amplias y alineados transversalmente a la dirección de aire, y ofreciendo la mínima resistencia posible a su movimiento. Además, teniendo en cuenta que buena parte de las actividades se desarrollan al aire libre y que en lo posible hay que prescindir de tabiques divisorios, pantallas o vallados para no impedir el movimiento del aire, conviene la separación de edificios en atención a la privacidad deseada.
 - d) En los casos posibles elevar el edificio separándolo del suelo. Esto es así para alcanzar niveles donde la velocidad del aire que atravesase el edificio sea mayor, ya que debido a la frondosa vegetación existente en estos climas la velocidad del aire a ras de suelo suele ser más reducida que si el terreno estuviera libre de obstáculos.

- 29) Favorecer los dispositivos de sombreado para evitar la captación de radiación.

Debido a que en los climas cálidos húmedos existe mucha nubosidad la radiación incidente no es directa (direccional) sino que es fundamentalmente difusa, con lo cual proviene de toda la semiesfera celeste, por lo tanto los dispositivos de sombreado deben cubrir mejor el cielo y no solamente la situación del sol, por lo tanto deben ser amplias y beneficiar también a las superficies verticales ya sean paredes o aberturas.

Los árboles y plantas pueden emplearse para producir sombra debido a que mantienen sus hojas durante casi todo el año. Raramente se edifica una estructura con objeto de proporcionar sombra a un espacio exterior, a no ser las pérgolas y paramentos ligeros y abiertos, destinados a cubrirse con plantas o enredaderas, los cuales no son costosos y si muy eficaces. Los espacios exteriores situados bajo edificaciones elevadas y sobre zancos pueden emplearse como espacios de esta naturaleza en condiciones de sombra.-

- 30) Construir edificios con materiales de baja capacidad térmica o sea construcciones ligeras que no impliquen concepto de masa. Esto es así debido a que al permanecer prácticamente constante la temperatura, tanto de día como de noche, los edificios no pueden enfriarse suficientemente durante la noche para perder el calor almacenado durante el día. El principio de almacenamiento del calor no puede aplicarse en estos climas.-

3.- Los aspectos climáticos a ser considerados por el diseñador.

3.1.- Información climática : El proyectista está interesado específicamente en aquellos aspectos del clima que afectan al confort humano y al uso de los edificios. Comprenden valores medios, variaciones y valores extremos de temperatura, diferencias térmicas entre el día y la noche (transcurso diario), humedad, condiciones del cielo, radiación incidente y saliente, lluvia y su distribución, movimiento del aire y aspectos especiales tales como alisios, tormentas, vendavales de polvo y huracanes.

Los registros climáticos acumulados en aeropuertos y estaciones meteorológicas no se recogen principalmente para el uso de los proyectistas. Las publicaciones omiten frecuentemente algunos de los aspectos que interesan. Con frecuencia se necesita suplementar tal información con datos no publicados obtenidos directamente en las estaciones meteorológicas próximas o por consulta con especialistas locales. Es tarea del proyectista analizar la información climática y presentarla de forma que le permita identificar aspectos que sean beneficiosos o perjudiciales para los futuros ocupantes del edificio.

3.2.- Temperatura: medida : La temperatura del aire se mide en grados Celsius (°C), frecuentemente con un termómetro de mercurio. La temperatura de la ampolla seca o "temperatura verdadera del aire" es un valor que se toma a la sombra con el termómetro montado - dentro de una caja con persianas de madera conocida como "pantalla de Stevenson". (Fig. 33-I) a una altura de 1,20 a 1,80 m. por encima del suelo. Las lecturas se hacen en determinados momentos del día o, si se utiliza un termómetro de máxima y mínima, una lectura diaria puede dar la temperatura en ese momento así como también la temperatura máxima y mínima alcanzadas en las pasadas 24 horas. También puede utilizarse un termómetro gráfico, que está basado en un termómetro bimetalico y da un registro gráfico continuo de las variaciones de temperatura. En las estaciones del servicio Meteorológico Nacional se hacen de 3 a 4 lecturas diarias, además de máxima y mínima diaria.

3.3.- Temperatura : datos : Todas estas lecturas producen una masa inmanejable de datos por lo que se necesita alguna simplificación. Tal simplificación la constituye las planillas del Servicio Meteorológico Nacional que contienen una descripción amplia de datos y donde figuran la temperatura media mensual para cada uno de los 12 meses.- Se toma la media entre la máxima y mínima diaria y después se halla la media de las 30 medias diarias (y la media de 10 años para el mismo mes). Para tener una indicación de las variaciones diarias se suplementa aquel valor con la máxima y mínima medias mensuales. (La máxima media mensual es el promedio de las tempera-

turas máximas de los 30 días). Así se establecerá el intervalo medio mensual de temperaturas.-

Resulta útil indicar las temperaturas más alta y más baja registradas en cada mes, es decir las máximas y mínimas extremas mensuales de todo el período y así establecer el intervalo de temperaturas extremas mensuales (llamadas temperaturas absolutas).

Estos cinco valores para cada uno de los 12 meses daría una imagen razonablemente precisa de las condiciones de temperatura en que puede basarse el proyectista (ver Primera Parte, gráficos N^{os}. I, VII, XVI y XXV).

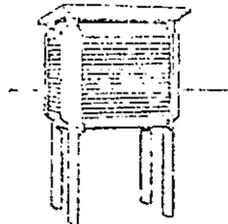


Fig. 33 - I
Pantalla de Stevenson

3.4.- Humedad : medida : La humedad del aire se puede describir como humedad absoluta (HA), es decir la cantidad de agua realmente presente en la unidad de masa o de volumen del aire, expresada en gramos por kilogramo (g/kg) o gramos por metro cúbico (g/m³).

La humedad relativa (HR) es, sin embargo, una forma de expresión mucho más útil porque da una indicación directa del potencial de evaporación. La cantidad de agua vapor que el aire puede alojar (humedad de saturación : HS) depende de su temperatura. La humedad relativa es la relación entre la cantidad real de humedad presente y la cantidad de humedad que el aire podría mantener a la temperatura dada, relación expresada en tanto por ciento :

$$HR = \frac{HA}{HS} \times 100 (\%)$$

La humedad se mide normalmente con el higrómetro de ampolla húmedo y seco. Este aparato consta de dos termómetros ordinarios de mercurio montados uno al lado del otro. Uno mide la temperatura del aire (temperatura de la ampolla seca) (TBS). La ampolla del segundo se cubre con gasa o mecha y se mantiene húmeda. Al evaporarse el agua se produce un enfriamiento, por lo que la lectura de la temperatura de la ampolla húmeda (TBH) será menor que la TBS. Como en el aire seco la evaporación es más rápida, el enfriamiento es más pronunciado y las diferencias entre las dos lecturas ("depresión de la ampolla húmeda") es mayor. En el caso de 100% de HR las dos lecturas serán iguales por no haber evaporación. La tasa

de evaporación, así como la depresión de la ampolla húmeda, es función de la humedad relativa. Después de hacer las dos lecturas, se halla la correspondiente HR mediante el diagrama psicrométrico (fig. 35 - I) con una tabla o con una regla deslizante especial.

- 3.5.- Vapor : presión : Otra manera de expresar o indicar la humedad atmosférica es la presión de vapor, es decir la presión parcial del vapor de agua presente en el aire. La "presión atmosférica" (P) es la suma de la "presión parcial del aire seco" (P_a) y la "presión parcial del vapor" (P_v) :

$$P = P_a + P_v$$

El aire está saturado cuando la presión de vapor (P_v) es igual a la presión de vapor saturado a la misma temperatura (P_{vs}). La humedad relativa también puede expresarse como la relación entre la presión real de vapor y la presión de saturación del vapor :

$$HR = \frac{H_A}{H_S} \times 100 = \frac{P_v}{P_{vs}} \times 100 (\%)$$

La presión de vapor se mide en la unidad de presión del sistema m, k, s, el Newton por metro cuadrado (N/m²). (Aunque el Servicio Meteorológico Nacional todavía utiliza el milibar = 100 N/m²).

El concepto de presión de vapor es el de mayor uso en trabajos científicos.

La relación entre todas estas magnitudes, es decir las temperaturas de la ampolla seca y de la ampolla húmeda, la humedad absoluta y la relativa y la presión de vapor, se puede apreciar en el diagrama psicrométrico (figura 35-I).

- 3.6.- Humedad : datos : Para indicar las condiciones de humedad reinantes es suficiente establecer la media de las humedades relativas máximas mensuales (promedio de las máximas de 30 días) y de las mínimas mensuales en cada uno de los 12 meses. Esto solo es posible cuando se dispone de registros higrográficos* continuos. Cuando no se dispone de ellos las lecturas se hacen justamente antes de la salida del sol, por ejemplo, a las 6 de la mañana (probablemente el valor máximo) - y a las 15 horas (aproximadamente el valor mínimo).

Cuando los valores conseguidos por la mañana temprano son regularmente altos, los valores de la tarde son mucho más característicos de una localidad dada. Frecuentemente se utilizan solos, como indicadores breves de las condiciones de humedad. Las planillas del SMN consignan las humedades relativas medias mensuales.-

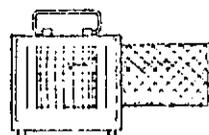


Fig. 34-I - Higrógrafo.

* El higrógrafo es un instrumento basado en el alargamiento del cabello humano, que es proporcional a la humedad relativa. La expansión y contracción del cabello se transmite a través de un mecanismo a una pluma, que traza una gráfica continua de las variaciones de humedad sobre un papel enrollado en un cilindro movido por un mecanismo de relojería (ver. fig. 34-I).

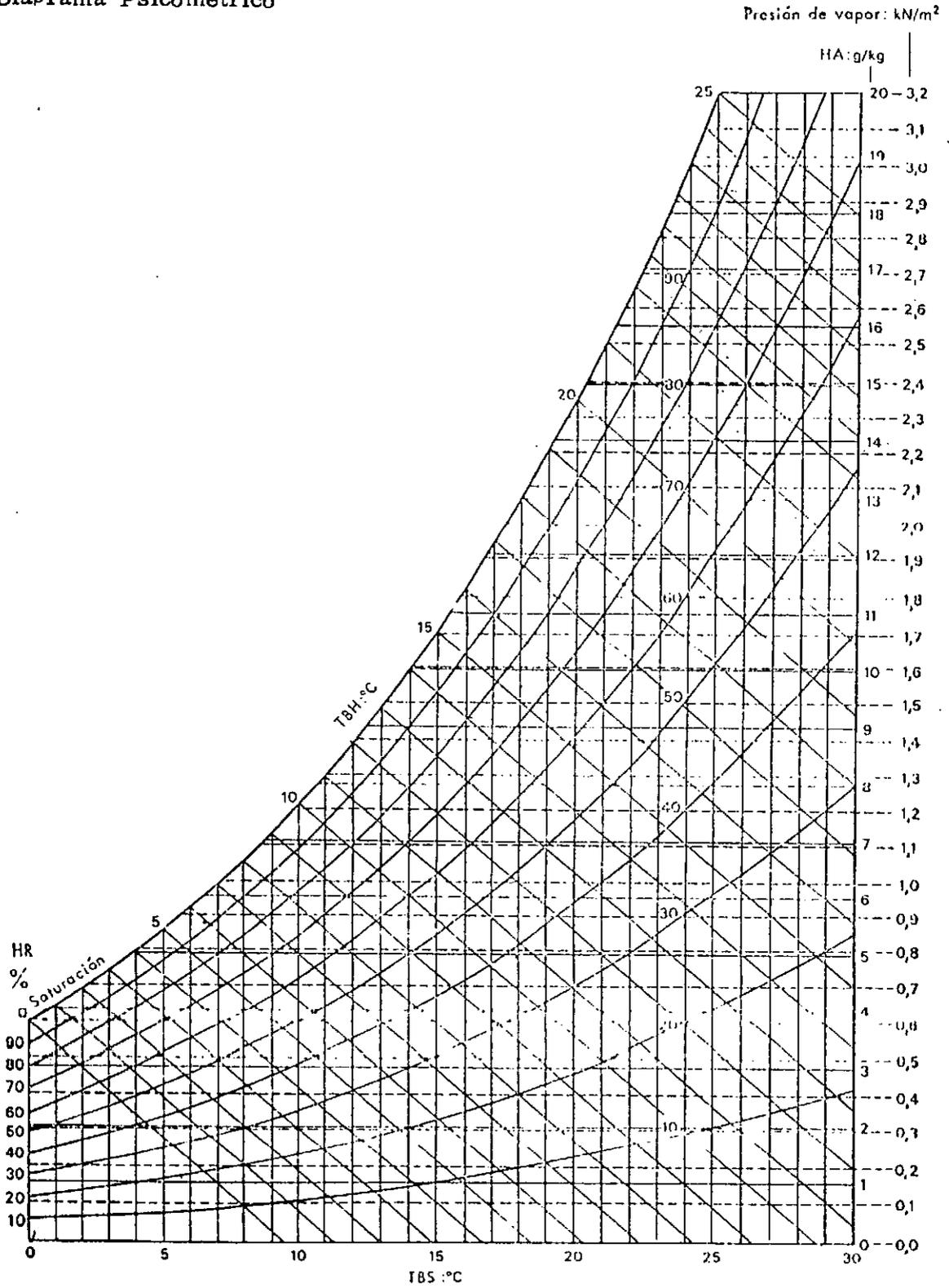
3.7.- Precipitación : Precipitación es el término colectivo que se utiliza para lluvia, nieve, granizo, rocío y escarcha, esto es, para todo tipo de agua que se deposita ("precipita") de la atmósfera. Se mide con pluviómetros, es decir receptáculos calibrados y se expresa en milímetros por una unidad de tiempo (mm/mes, mm/día).

Los valores que indican la precipitación total de cada mes (y el promedio de muchos años) dan el diagrama de estaciones secas y lluviosas. El registro de los máximos y mínimos de lluvia indican las desviaciones de la media.

La lluvia máxima caída en períodos de 24 horas es una guía útil para la predicción de inundaciones. Para el diseño del drenaje de superficies (tejados, áreas pavimentadas, badenes y canalones) hay que conocer la intensidad máxima de lluvia por hora (mm/h). Este dato no es registrado por el SMN por lo que hay que estimarlo o utilizar otras fuentes de consulta. (Ver gráficos II, VIII, XVII y XXVI de la Primera Parte).

3.8.- Lluvia torrencial : El diseñador de edificios puede desear saber si las lluvias intensas están relacionadas con los fuertes vientos o dicho con otras palabras, cual es la probabilidad de la lluvia torrencial.- El índice de lluvia torrencial caracteriza una localidad dada y expresa el grado de exposición. Es el producto de la precipitación anual (en m) por la velocidad media anual del viento (en metros por segundo : m/s), por eso sus dimensiones son m^2/s . Hasta $3 m^2/s$ la localidad puede considerarse "protegida". La exposición es "moderada" si el índice está entre 3 y $7 m^2/s$ y "severa" si sobrepasa los $7 m^2/s$.

Fig. 35 - I
Diagrama Psicométrico



Evidentemente este índice clasifica la localidad considerada de una manera muy general; la lluvia real dependerá de la intensidad de lluvia instantánea y la velocidad simultánea del viento.

- 3.9.- Condiciones del cielo : Las condiciones del cielo se describen ordinariamente en función de la presencia o ausencia de nubes. Por término medio se hacen dos observaciones diarias y la proporción de cielo cubierto por las nubes se expresa en tanto por ciento. Algunos registros dan la capa de nubes en "décimas" o incluso en "octavos" (tal es el caso del SMN) por ejemplo 50%, cinco décimas o cuatro octavos indicarían todos que la mitad del hemisferio celeste está cubierto de nubes. Existen pocos registros de las condiciones nocturnas del cielo.

Sería útil para el diseñador conocer la hora del día y la frecuencia de las observaciones. Un simple valor medio que exprese las condiciones del cielo un típico día de un determinado mes, puede ocultar diferencias significativas, por ejemplo, entre las condiciones - por la mañana y por la tarde, que afecten al diseño de tejados, aleros y dispositivos para sombra.

Es necesario conocer valores de luminosidad celeste cuando hay que predecir la iluminación diurna en los edificios. Los datos disponibles en nuestro país se refieren a valores diurnos.

- 3.10.- Radiación solar : medida : Un simple registrador de luz solar dará la duración de dicha luz, que puede expresarse en horas por día, como valor medio mensual.

Diversos instrumentos más sofisticados (solarímetros, heliómetros, actinómetros y piranómetros) se utilizan para registrar cuantitativamente la radiación solar. Mucha de la bibliografía disponible da las intensidades en Btu/ft²h, en kcal/m²h o en langley (cal/cm²) por hora, pero la unidad standard internacional actualmente aceptada es el watio por metro cuadrado (W/m²). Esta es la intensidad instantánea, es decir la incidencia de energía en Joules por metro cuadrado de superficie por segundo ($W/m^2 = J/m^2s$, ya que $W = J/s$). La radiación total recibida durante un período más largo, por ejemplo, un día, se expresará en J/m² día o se utilizará el múltiplo MJ/m² - día (1 Megajoule = 1 millón de Joules.)

- 3.11.- Radiación solar : datos : Las cantidades medias diarias de radiación solar (MJ/m² día) de cada mes del año darán una indicación razonable de las condiciones climáticas, incluyendo las variaciones estacionales. Esta información podría suplementarse con los totales diarios más altos y más bajos de cada mes para establecer los límites de variación que cabría esperar.

Fig. 36 - I
Red Solarimétrica Nacional

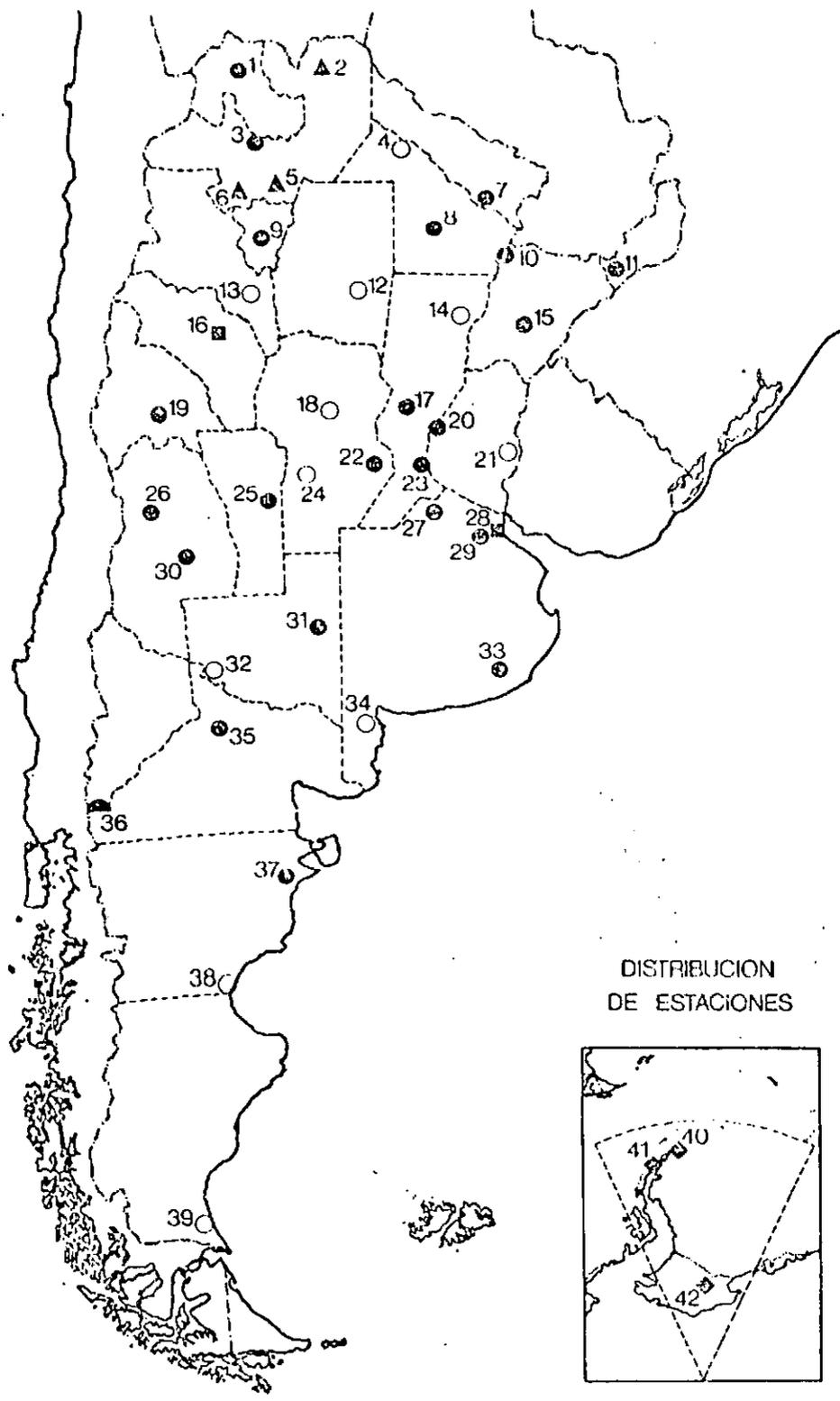


Fig. 36 - I
Referencias

<u>Estación</u>	<u>Altura sobre nivel del mar (m)</u>	<u>Provincia</u>
1. Abra Pampa (BW)	3484	Jujuy
2. Colonia Santa Rosa (F)	322	Salta
3. Cerrillos (BW)	1250	Salta
4. Nueva Población		Chaco
5. Rosario de la Frontera (F)	780	Salta
6. San Carlos (F)	1710	Salta
7. El Colorado (F)	78	Formosa
8. Presidencia Roque Sáenz Peña (F)	90	Chaco
9. Famaillá (F)	363	Tucumán
10. El Sombrerito (F)	57	Corrientes
11. Cerro Azul (F)	283	Misiones
12. Añatuya	108	Sgo. del Estero
13. Catamarca	525	Catamarca
14. Reconquista	42	Santa Fe
15. Mercedes (F)	95	Corrientes
16. El Cebollar (F)	439	La Rioja
17. Rafaela (F)	100	Santa Fe
18. Manfredi	292	Córdoba
19. San Juan (F)	618	San Juan
20. Paraná (F)	110	Entre Ríos
21. Concepción del Uruguay	25	Entre Ríos
22. Marcos Juárez (F)	115	Córdoba
23. Oliveros (F)	27	Santa Fe
24. Río Cuarto	421	Córdoba
25. Villa Mercedes (F)	515	San Luis
26. La Consulta (F)	940	Mendoza

Fig. 36 - I
Referencias

27. Pergamino (K&Z)	65	Buenos Aires
28. San Miguel (F)	26	Buenos Aires
29. Castelar (F)	22	Buenos Aires
30. Rama Caída (F)	692	Mendoza
31. Anguil (F)	165	La Pampa
32. Colonia 25 de Mayo		La Pampa
33. Balcarce (PSP)	130	Buenos Aires
34. Hilario Ascasubi	22	Buenos Aires
35. Alto Valle (F)	242	Río Negro
36. Bariloche (F)	836	Río Negro
37. Trelew (F)	10	Chubut
38. Comodoro Ricadavia	61	Chubut
39. Río Gallegos	17	Santa Cruz
40. Vcom. Marambio (BW)		Antártida
41. Almirante Brown (F)	700	Antártida
42. Belgrano II (F)	530	Antártida

(BW) : Piranómetro Eppley Black and White modelo 8-48

(F) : Piranómetro tipo Fotovoltaico

(K&Z) : Piranómetro tipo Kipp and Zonen CMS

(PSP) : Piranómetro Eppley de Precisión modelo PSP

Dependencia de las Estaciones

- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (instalada)
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (a instalar)
- Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (instalada)
- ▲ Secretaría de Asuntos Agrarios de Salta (instalada)
- ◆ Dirección Nacional del Antártico (instalada)
- ▲ Comisión Nacional de Energía Atómica (instalada)

Con el fin de hacer diseños detallados se debe conocer para un determinado día de cada mes, o al menos para un día del año de radiación típicamente alta y típicamente baja, los totales por hora (MJ/m²h), o mejor las intensidades medias por hora (W/m²).

Los datos cuantitativos de radiación no los publican normalmente los observatorios meteorológicos y por lo tanto no figuran en las planillas del SMN.

En nuestro país se está instalando desde 1977 la Red Solarimétrica Nacional cuyos datos se publican desde 1979 en boletines semestrales. (Ver fig. Nº 36 - I).

- 3.12. Vientos : medida : La velocidad del viento se mide con el anemómetro de copa o de hélice o con un tubo de Pitot (similar a los medidores de la velocidad del aire de los aeroplanos), y su dirección se mide con la veleta. Un anemógrafo da registros continuos de la velocidad del viento y de los cambios de dirección.

Las velocidades del viento libre se registran normalmente en campo llano abierto a una altura de 10 m. Las medidas en el casco urbano se hacen a alturas comprendidas entre 10 y 20 m para evitar obstrucciones. Las velocidades próximas al suelo son bastante más bajas - que la velocidad del viento libre.

Las direcciones se clasifican en ocho categorías los cuatro puntos cardinales (N. S. E. y O.) y los cuatro semicardinales (NE. SE. SO. y NO). Las velocidades se miden en metros por segundo (m/s).



Fig. 37 - I -

Solarímetro utilizado en la Red Solarimétrica Nacional.

- 3.13. Vientos : datos : El proyectista debe tratar de determinar si existe una dirección predominante del viento, si se producen cambios diarios o estacionales previsibles y si se dispone de un diagrama de velocidades diarias o estacionales. También es importante apreciar los períodos de calma de cada mes.
- Todos los observatorios registran las tormentas, huracanes, tifones y tornados. Se acostumbra a tabular los vientos según su dirección y velocidad en función de su frecuencia durante un tiempo significativo, generalmente de 25 a 50 años.
- Se han desarrollado diversos métodos de representación diagramática. En nuestro caso hemos adoptado el que se muestra en los gráficos III, IX, XVIII y XXVII de la Primera Parte.
- 3.14. Características especiales : La mayor parte de las regiones sufren situaciones que son particularmente desfavorables, tales como tormentas de granizo y eléctricas, tornados, huracanes y tormentas de polvo. Aunque tales sucesos puedan ser raros, es importante deducir de los datos meteorológicos su frecuencia, duración probable y naturaleza. El proyectista debe clasificar los acontecimientos raros y no solo aquellos que afectan el confort humano y ponen en peligro la seguridad de los edificios y las vidas de sus moradores, sino también los que puedan afectar instalaciones, como es el caso del granizo y las heladas cuando se utilizan sistemas solares activos (térmicas).
- 3.15. Vegetación : La imagen del clima queda incompleta sin algunas notas sobre el carácter y abundancia de la vida vegetal. Aunque generalmente se considera como dependiente del clima, la vegetación puede influir a su vez en el clima local. Es un elemento importante para el diseño de espacios abiertos, para dar sombra y para proteger del deslumbramiento del sol.
- Esta sección de estudio climático puede extenderse desde unas pocas notas acerca de especies locales de vida vegetal, a un amplio compendio sobre los principales árboles y plantas del lugar, su forma y color y también su orientación y situación preferida.
- 3.16. Clima local - Macroclimas y microclimas :
- 3.16.1. Desviaciones dentro de la zona : El conocimiento de la zona climática a la cual pertenece una ciudad o pueblo y la posesión de datos climáticos regionales no elimina la necesidad de una investigación cuidadosa de las condiciones climáticas locales. Sin embargo, resulta con-

veniente para el proyectista hacer un estudio preliminar del clima y puede ser suficiente para constituir la base del diseño esquemático.

Cada ciudad, urbe o pueblo e incluso cada distrito de una ciudad puede tener su propio clima, ligeramente distinto del clima descrito de la región -el macroclima. La información publicada por el observatorio meteorológico más cercano describe el macroclima. Esta información es una guía útil del clima local, pero rara vez es suficientemente precisa, porque las condiciones pueden variar considerablemente a pequeñas distancias del punto de observación.

3.16.2. Clima local :

La expresión "clima local" se ha escogido deliberadamente en vez de su sinónimo "microclima". Esta última puede implicar - cualquier desviación local del clima de un área mayor, sea cual fuere la escala. El botánico puede considerar el "microclima" - de una simple hoja, con su temperatura y humedad, su población de insectos y microorganismos, a escala de unos cuantos centímetros. Para el geógrafo urbano el término "microclima" puede significar el clima de una ciudad.

"Clima local" establece la escala ; sea cual fuere el tamaño del proyecto, implica el clima del área disponible y debe usarse para el fin dado, tanto en extensión horizontal como en altura.

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

Raramente se tiene la oportunidad de llevar a cabo in situ las observaciones y medidas con todo el tiempo necesario. Lo más apropiado es comenzar con los datos regionales y determinar las desviaciones probables. Un consejo valioso se puede obtener de un experto, un observador con experiencia que sea capaz de predecir las desviaciones climáticas basándose en la inspección ocular del lugar. Si se trata de un proyecto extenso merece la pena ciertamente buscar el consejo del experto, ya que los futuros habitantes del edificio tendrán que sufrir las consecuencias de la decisión por mucho tiempo. A veces resultan ser los antiguos habitantes de un lugar los mejores "expertos" y bien vale la pena - consultarlos en aquellos aspectos que no son claramente evaluados.-

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

- 3.16.4. Factores locales : Ya se han revisado los factores que gobiernan el clima de una zona. Los factores que pueden ser causa de la desviación local del clima son :

La topografía, es decir la inclinación, la orientación, la exposición, la elevación, las colinas y los valles en las inmediaciones del lugar.

La superficie del suelo, si es natural o hecha por el hombre, su reflectancia, permeabilidad y temperatura, ya que estos factores afectan a la vegetación y ésta a su vez, afecta al clima (bosques, arbustos, hierba, pavimentos, agua, etc.).

Objetos tridimensionales, tales como árboles, vallas, muros y edificios, ya que estos pueden influir en el movimiento del aire, dar sombra y subdividir el área en unidades más pequeñas con aspectos climáticos característicos.

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

- 3.16.5. Temperatura del aire : En cualquier punto próximo al suelo la temperatura de aire depende de la cantidad de calor ganado o perdido por la superficie de la tierra y otras superficies con las que el aire haya estado recientemente en contacto.

El intercambio de calor en las superficies varía entre noche y día con las estaciones, la latitud y la época del año y siempre está influenciado por la cantidad de cielo cubierto por las nubes.

Durante el día, como las superficies se calientan por radiación solar, el aire próximo al suelo adquiere la más alta temperatura.

En condiciones de calma el aire situado a 2 m. del suelo permanece estratificado en capas de diferente temperatura. La mezcla de las capas más calientes y más frías tiene lugar cuando el calor que emana de la capa más baja es lo suficientemente grande para dar lugar a una corriente turbulenta ascendente del aire más caliente y más ligero.

Por la noche, particularmente en las noches claras, el suelo pierde mucho calor por radiación y poco después de la puesta del sol su temperatura desciende por debajo de la del aire. El sentido del flujo calorífico es inverso : del aire al suelo. Las capas de aire más bajas se enfrían. La figura.38-I muestra las variaciones diarias típicas a diversas alturas.

Este fenómeno se conoce por inversión de la temperatura ya que la situación diaria de decrecimiento de temperatura con el aumento de la altura se considera normal. Es esta una situación mucho más estable que los estratos de temperatura diaria "normales" -no existen fuerzas térmicas que den lugar a perturbaciones o torbellinos ascendentes.

El aire frío tiende a depositarse en las depresiones más hondas y se comporta como un líquido. No fluye tan rápidamente como el agua, sino más bien como un líquido muy viscoso. Si desciende de la colina a ras del suelo de un valle largo e inclinado puede convertirse en un "viento catabático" : flujo concentrado y acelerado de una masa de aire frío.

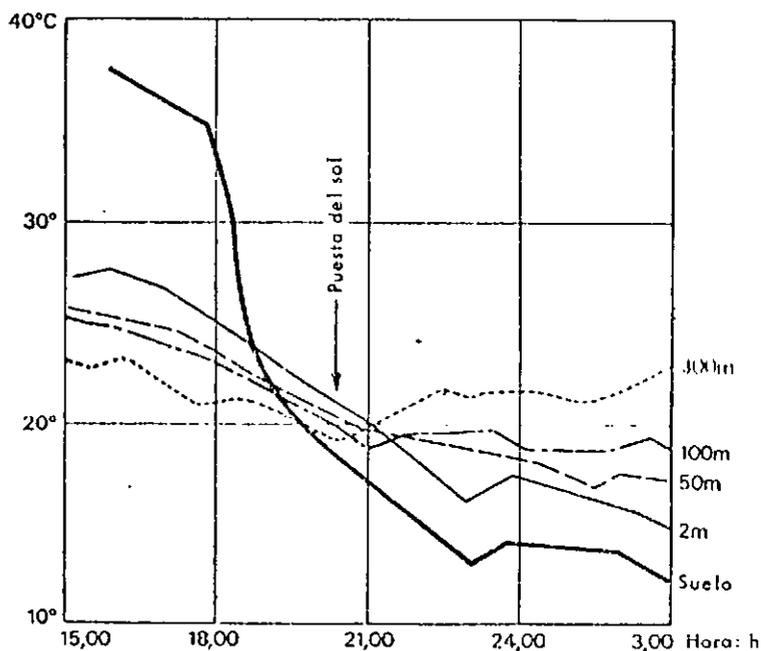


Fig. 38 - I - Formación de la inversión de temperatura.

La topografía tiene una influencia notable en la temperatura del aire; una diferencia de 7 u 8 metros de altura puede dar diferencias de 5 a 6°C en la temperatura del aire, bajo condiciones de aire en calma. (ver Fig. 39-I).

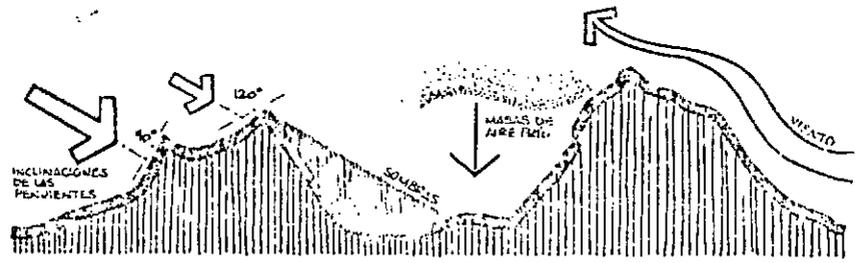


Fig. 39 - I
Influencias del relieve sobre el clima local.

3.16.6. Humedad : La humedad relativa depende tanto de la temperatura del aire, como de la cantidad real de vapor de agua presente en el aire.

Durante el día, como las capas más bajas del aire están siendo calentadas por la superficie de la tierra, su HR disminuye rápidamente. Con una HR más baja la evaporación aumenta si existe agua para evaporar. Una superficie abierta de agua o una vegetación rica proporcionarían un abastecimiento abundante de agua -en tal caso la fuerte evaporación incrementaría la HA de las capas inferiores de aire. Si el aire está en calma puede producirse la siguiente situación :

	en el suelo	a 2 m
Temperatura	alta	más baja
Humedad relativa	baja	más alta
Humedad absoluta	alta	más baja

Con el movimiento del aire aumenta la evaporación, pero al mezclarse el aire las diferencias de temperatura y humedad tienden a desaparecer.

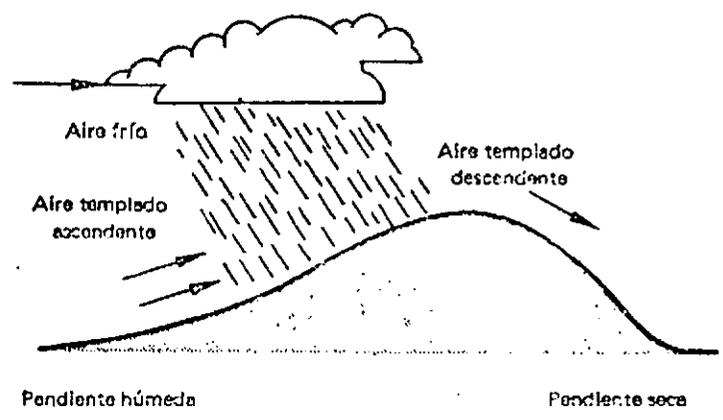
Por la noche la situación cambia. Especialmente en una noche clara con aire en calma, como la capa inferior (de HA más alta) se enfría, su HR aumenta, se alcanza pronto el punto de saturación y con el enfriamiento posterior el exceso de humedad se condensa en forma de rocío (de aquí la expresión "punto de rocío").

Cuando se alcanza la temperatura del punto de rocío comenzará a formarse niebla y si no hay después un enfriamiento rápido y el aire no se mueve, se desarrollará próxima al suelo una profunda capa de niebla (hasta de 40 a 50 m).

3.16.7. Precipitaciones : Cuando los vientos cargados de humedad soplan frecuentemente en el mismo sentido, el efecto de las colinas sobre

las precipitaciones suele ser muy pronunciado. Cuando el suelo cambia de nivel más de 300 m. la ladera de barlovento recibirá más lluvia que la media regional y la de sotavento menos (fig. 40-I). Con el aumento de altura o pendiente de la colina el efecto será más pronunciado. En caso extremo cabe esperar que en una comarca grande situada en la cima de una colina y que se extienda por ambas pendientes, la parte situada a sotavento recibe solo el 25% de la lluvia caída por el lado de barlovento.

Fig. 40 - I
Precipitación en las montañas



3.16.8. Radiación solar : La radiación solar puede estar influenciada por los factores locales de tres maneras :

- 1 - la intensidad en un plano horizontal teórico por encima del suelo se ve afectada por variaciones locales en la transparencia de la atmósfera. La polución atmosférica, el humo, el "smog" o el polvo y las formaciones locales de nubes como el caso de los embalses, pueden producir reducciones sustanciales. (ver fig. 41-I);
- 2 - la intensidad en la superficie real del suelo se ve influenciada por la pendiente y orientación del lugar, siendo este efecto despreciable en las proximidades del Ecuador pero aumentando de manera importante hacia latitudes más elevadas.
- 3 - la radiación total diaria también puede verse influenciada por árboles y edificios existentes que pueden arrojar sombra sobre el lugar a ciertas horas del día. Este efecto es más pronunciado cuando tales obstrucciones están al este o al oeste del lugar. Cuando el sol está en uno u otro lado su ángulo es pequeño y arroja una gran sombra.- Por el contrario, la presencia de edificios o pavimentos próximos

pueden producir radiación reflejada.

La magnitud de los efectos térmicos de tal radiación incidente dependerán, naturalmente, de las cualidades superficiales de la tierra u objetos reflectores o emisores. Si se trata de vegetación, parte de la energía solar se transforma en energía química, y el calentamiento se mitiga también por la evaporación, pero la piedra, el cemento y sobre todo la superficie asfáltica pueden alcanzar temperaturas hasta 50 grados C superiores a la del aire circundante. (Ver fig. 42-I).

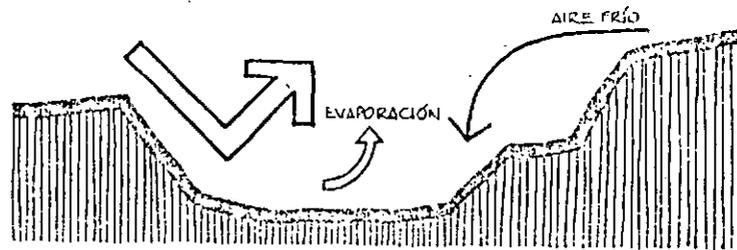


Fig. 41 - I Influencias de un embalse sobre el clima local.

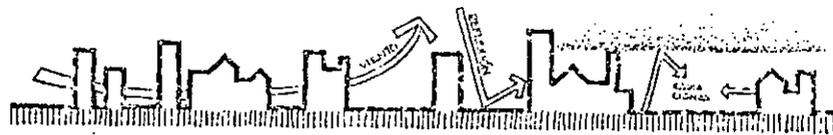


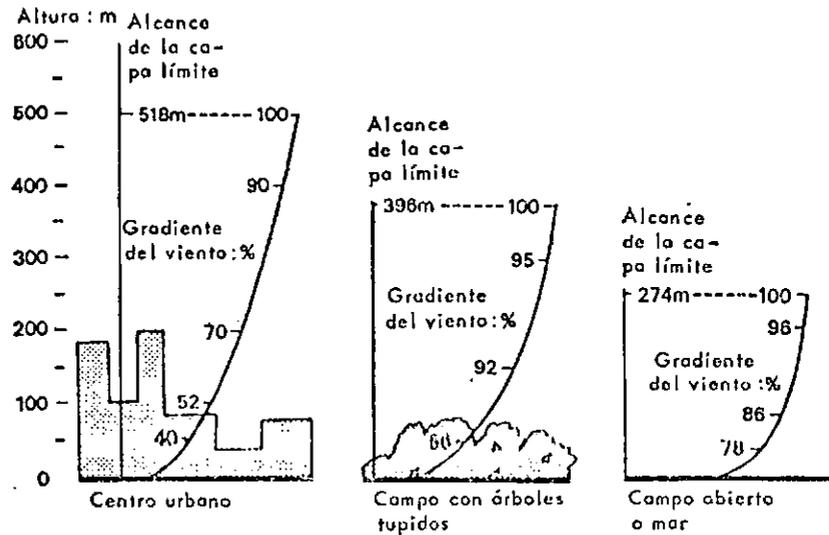
Fig. 42 - I Fenómenos microclimáticos en una ciudad.

3.16.9. Movimiento del aire : El aire que fluye por cualquier superficie está sometido a efectos de rozamiento. El tipo de suelo o superficie afecta el gradiente de velocidad del viento.

Cerca del suelo, la velocidad del viento es siempre menor que más arriba pero si el suelo es irregular el aumento de velocidad con la altura es mucho mayor que si está constituido por una superficie continua y lisa, tal como la del agua (figura 43-I).

En un lugar montañoso la mayor velocidad del viento se experimentará en las crestas de las montañas. Los pequeños valles y depresiones experimentarán normalmente velocidades bajas, excepto en los casos en que la orientación del valle coincida con el sentido del viento. Cuanto más pronunciada es la forma del valle mayor es el efecto de protección del suelo del valle de los vientos transversales y de encauzamiento de los vientos paralelos. El efecto de las grandes alineaciones de edificios altos pueden ser semejante al anterior. -

Fig. 43 - I
Gradientes de la
velocidad del viento



En las regiones en donde el viento sea un alivio grato del calor bochornoso, son preferibles como lugares de edificación las alturas y las pendientes situadas a barlovento a aquellos otros situados a sotavento. El calentamiento diurno del aire sobre el suelo estéril da lugar a menudo a vientos térmicos locales, especialmente en regiones cálido-secas. Estos vientos suelen ser de tipo remolino o brisas locales normalmente calientes y cargadas de fino polvo. Bajo observación, normalmente revelan un hábito de su curso durante ciertas estaciones del año.

Las grandes extensiones de agua pueden hacer surgir brisas costeras locales. Las brisas de mar (de agua a tierra), durante el día, pueden rebajar la temperatura máxima hasta 10 grados C, pero incrementan la humedad. En las orillas de los lagos estas brisas son raramente eficaces más allá de 400 m tierra adentro, pero en las costas marinas el efecto puede alcanzar mucho más si la topografía es favorable.

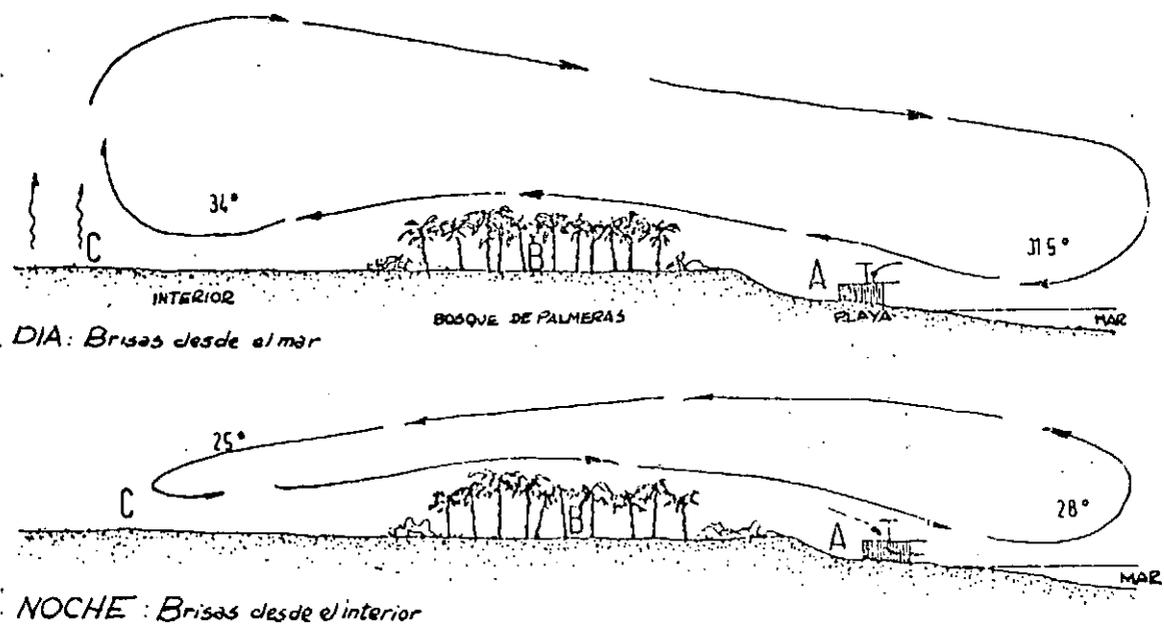


Fig. 44 - I

Influencias de las costas marinas sobre el clima local.

3.16.10. Características especiales : Las tormentas son fenómenos macroclimáticos, pero la topografía local puede influir en su trayectoria, su intensidad e incluso su frecuencia. Los aspectos locales afectan particularmente los fenómenos con acompañamiento eléctrico. Las cumbres de las montañas están sometidas, principalmente, a la acción de los rayos y un edificio alto que sea el objeto más alto de una extensa área, incluso al nivel del suelo, puede ser el blanco atrayente para el rayo. De acuerdo con esto conviene tomar medidas precautorias.

Las tormentas de polvo y arena están influenciadas por los factores locales, por la superficie del suelo de donde toman la arena y el polvo que lleva el viento y por la topografía que encauza o desvía el viento o produce torbellinos locales. La arena es transportada solo a lo largo de la superficie incluso con fuertes vientos, por eso pequeñas barreras detendrán con eficacia su movimiento. Se depositará en las localidades donde se reduzca la velocidad del viento o donde se formen turbulencias locales. Las partículas de polvo más pequeñas que están en suspensión en el aire se transportan más libremente y pueden alcanzar una altura de - 1500m o más. Las tormentas de polvo de esta magnitud son fenómenos macroclimáticos que no se ven afectados directamente por factores locales. Su efecto es más adverso en aquellos lugares expuestos a vientos de gran velocidad. Las barreras tanto naturales como artificiales dan la protección adecuada pero excluyen la

posibilidad de utilizar el movimiento del aire con fines refrescantes.

Las tormentas de polvo más pequeñas se pueden generar a escala totalmente reducida. En la hora de máximo calentamiento solar - (14.00 a 15.00 h.) la capa de aire más baja y más caliente puede irrumpir en las capas superiores más frías de manera repentina y violenta en forma de remolino y transportar mucho polvo con ella. El nacimiento y la trayectoria de estos remolinos dependen de las características locales a pequeña escala : topografía y calidad de las superficies.

- 3.16.11. Vegetación : Los árboles y la vegetación forman una capa intermedia entre la superficie terrestre y la atmósfera. Ya se ha citado - su efecto moderador sobre el clima local en el contexto de la temperatura del aire, la humedad, la radiación y el movimiento del aire. Al cubrir el suelo con vegetación, la superficie de contacto pasa a una capa más alta y se incrementa de cuatro a doce veces. - En todas las regiones cálidas y secas de la tierra es muy considerable el beneficioso efecto climático, incluso de la más ligera cubierta vegetal.

Se puede obtener valiosa información sobre el emplazamiento y la panorámica observando la vegetación existente. Conociendo los requisitos del suelo, agua, sol y viento de las plantas comunes el proyectista debe identificar las áreas principales de las diferencias del clima local indicadas por la vegetación existente.

- 3.16.12. Datos sobre clima local : Raramente se dispondrá de datos fidedignos para un lugar dado. Cuando los parámetros climáticos de un lugar son iguales a los de una región, es mejor comenzar con el resumen de los datos regionales y, en una etapa posterior, examinar cuál de los parámetros se verá afectado por los factores específicos locales y en qué extensión tendrá probablemente lugar la desviación. De acuerdo con esto se modifica el gráfico del clima y los valores incluidos en las tablas. Cuando estas desviaciones no sean ciertas, este hecho las puede poner de manifiesto. En muchos casos los datos regionales pueden utilizarse solo con algunas observaciones cualitativas concernientes a las desviaciones locales. Esto puede ser satisfactorio y suficiente, porque las conclusiones que se pueden sacar de tal información, con bastante frecuencia, serán solo de tipo cualitativo.

4.- La sensación de confort en el ser humano.

4.1. Introducción : Nuestro ciclo vital diario comprende estados de actividad, fatiga y recuperación. Es esencial que la mente y el cuerpo se recuperen a través del recreo, descanso y sueño para contrarrestar la fatiga física y mental que resulta de las actividades de la jornada. El ciclo a veces se ve dificultado por condiciones climáticas desfavorables y la tensión resultante actuando en el cuerpo y en la mente produce incomodidad, pérdida de eficacia y eventualmente puede conducir a trastornos de la salud. Por consiguiente, el efecto climático en el hombre es un factor considerablemente importante.

La tarea del proyectista consiste en crear el mejor clima interior.- Los ocupantes de un edificio juzgan la calidad del diseño desde un punto de vista tanto físico como emocional. Las sensaciones acumuladas de bienestar o incomodidad contribuyen a formar nuestro veredicto completo sobre la casa en que vivimos y la escuela, oficina o fábrica en la que trabajamos. Todo esto es un incentivo para que el proyectista se esfuerce en conseguir el confort óptimo, que puede definirse como la sensación de bienestar completa físico-mental. Hasta hoy se ha publicado considerable información para el aspecto físico, pero mucho menos para el aspecto emocional de nuestro entorno.

Los criterios para el confort total dependen de cada uno de los sentidos humanos. En los párrafos siguientes, mientras se mencionan las relaciones subjetivo-emocionales con nuestro entorno, se pone de relieve principalmente el confort térmico humano, que es el problema dominante de los climas cálidos. Las respuestas fisiológicas a las condiciones climáticas específicas aquí descritas se comprueban con experimentos controlados.-

El interés por establecer criterios de confort térmico data en Europa de 150 años atrás, a comienzos del siglo diecinueve, cuando se inició el movimiento para la reforma de las condiciones en la industria y la vivienda. Los criterios básicos sobre el calor fueron establecidos en primer lugar en las industrias mineras, del metal y textiles, porque los accidentes y las enfermedades debidas a la influencia del calor y la humedad eran muy frecuentes.

La respuesta humana al ambiente térmico no depende sólo de la temperatura del aire. Se ha establecido sin lugar a duda que la temperatura del aire, la humedad, la radiación y el movimiento del aire producen efectos térmicos y deben considerarse simultáneamente si se tiene que predecir la respuesta humana. Para apreciar el efecto de estos factores climáticos, es necesario examinar brevemente los procesos térmicos básicos del cuerpo humano.-

4.2.- La producción de calor del cuerpo humano : El cuerpo produce continuamente calor. La mayor parte de los procesos bioquímicos implicados en la formación del tejido, la conversión de energía y el trabajo muscular son exotérmicos, es decir, producen calor. Todos los requerimientos energéticos y materiales del cuerpo vienen proporcionados por el consumo y la digestión de los alimentos. El proceso encaminado a convertir los alimentos en materia viva y forma útil de energía se conoce por metabolismo.

La producción total de calor metabólico puede dividirse en metabolismo basal, es decir la producción de calor de los procesos vegetativos y automáticos que son continuos, y el metabolismo muscular, es decir la producción de calor de los músculos mientras llevan a cabo trabajo controlado de manera consciente. De toda la energía producida en el cuerpo sólo se utiliza un 20%, y debe disiparse al ambiente el 80% restante.

Esta producción excesiva de calor varía con la tasa de metabolismo global y depende de la actividad. La siguiente tabla indica la tasa de desprendimiento calorífico en exceso del cuerpo humano para diversas actividades.

Actividad	Wattios
Dormir	70 min.
Sentado; movimiento moderado, ejem. mecanografía	130-160
De pie, trabajo ligero en máquina o banco de trabajo	160-190
Sentado, con brazos y piernas en movimiento	190-230
De pie, trabajo moderado, algún paseo	220-290
Andando, levantamiento o empujes moderados	290-410
Levantamientos y excavaciones pesadas pero intermitentes	440-580
Trabajo duro sostenido	580-700
Trabajo pesado máximo de 30 minutos de duración	1100 máx.

(Valores medios de datos publicados de diversas fuentes)

4.3.- La pérdida de calor del cuerpo humano : La temperatura del cuerpo debe permanecer equilibrada y constante alrededor de 37°C. Con objeto de mantener estacionaria la temperatura del cuerpo en este nivel, toda sobretasa de calor debe ser disipada al ambiente. Si existe alguna forma de ganancia de calor simultánea procedente del ambiente (por ejemplo, radiación solar o aire caliente) también hay que disiparla. El cuerpo desprende calor al ambiente por convección, radiación y eva-

poración y en menor cuantía por conducción (figura 45- I).

La convección se debe a la transmisión de calor del cuerpo al aire en contacto con la piel o los vestidos; este aire se eleva y es desplazado por aire más frío. La proporción de pérdida de calor por convección aumenta con un movimiento de aire más rápido, con una temperatura de aire más baja y con una temperatura de la piel más elevada. -

La pérdida de calor por radiación depende de la temperatura de la superficie del cuerpo y de la temperatura de las superficies opuestas.

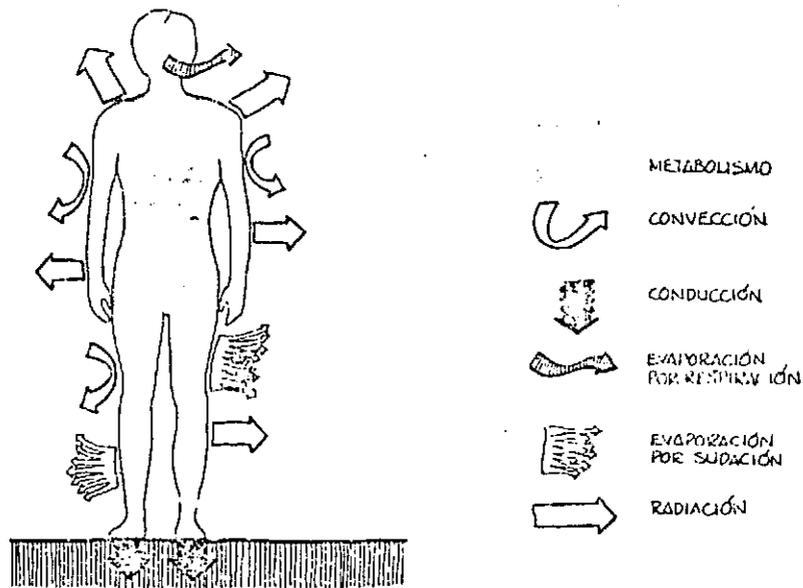


Fig. 45 - I Diferentes tipos de transmisión de calor en el cuerpo humano.

La pérdida de calor por evaporación está gobernada por la tasa de evaporación, la cual, a su vez, depende de la humedad del aire (cuanto más seco es el aire, más rápida es la evaporación) y de la cantidad de humedad disponible por evaporación. La evaporación tiene lugar en los pulmones a través de la respiración y en la piel como transpiración imperceptible y sudor.

La conducción depende de la diferencia de temperatura entre la superficie del cuerpo y el objeto en contacto directo con él.

- 4.4. Mecanismos reguladores : El equilibrio térmico del cuerpo humano - se muestra en la figura 46-I y puede expresarse mediante una ecuación. Si los factores de ganancia y pérdida de calor son :

- Ganancia : Met = metabolismo (basal y muscular)
 Cond = conducción (contacto con cuerpos calientes)
 Conv = convección (si el aire es más caliente que la piel)
 Rad = radiación (del sol, del cielo y de los cuerpos calientes).
- Pérdida : Cond = conducción (contacto con cuerpos fríos)
 Conv = convección (si el aire es más frío que la piel)
 Rad = radiación (al cielo nocturno y superficies frías)
 Evap = evaporación (de la humedad y sudor).

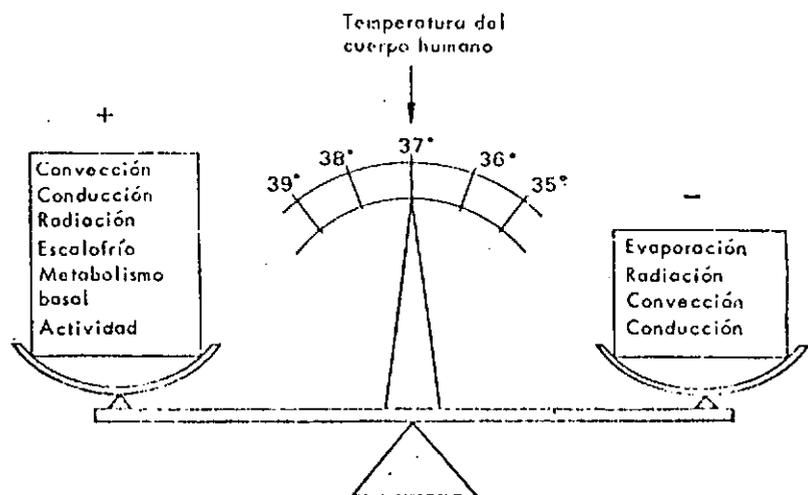
entonces existe equilibrio térmico cuando

$$\text{Met} - \text{Evap} \pm \text{Cond} \pm \text{Conv} \pm \text{Rad} = 0$$

En cuanto esta suma sea mayor que cero, se producirán las regulaciones vasomotoras : aumento de la circulación sanguínea en la superficie de la piel, con el consiguiente incremento de calor transportado hacia dicha superficie y la temperatura de la piel se eleva, se aceleran todas las formas de procesos de pérdida de calor. Por el contrario, si la suma de la ecuación anterior es inferior a cero, se reduce la circulación sanguínea hacia la piel, cuya temperatura desciende y se retardan los procesos de pérdida de calor.

Si la regulación vasomotora resulta aún insuficiente y continúa el sobrecalentamiento, comenzará el proceso sudorífico. La tasa de sudor puede variar de unos 20 g/h a 3 kg/h durante períodos de esfuerzo físico combinados con efectos ambientales cálidos. Como el calor latente del agua es 2400 kJ/kg, la evaporación de 1 kg/h producirá una pérdida de calor de $2.400.000/3.600 = 666 \text{ W}$.

Fig. 46 - I
 Equilibrio térmico
 del cuerpo humano



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

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

- 4.5.- Pérdida de calor en varios ambientes térmicos : Hay cuatro factores básicos que afectan directamente el confort humano, a saber : temperatura del aire, humedad, movimiento del aire y radiación. La importancia de estos factores es ahora obvia; cada uno influye de algún modo en los procesos de intercambio de calor entre el cuerpo humano y su ambiente; cada uno puede favorecer o impedir la disipación del calor superfluo del cuerpo. Por ejemplo, la elevada temperatura del aire es un verdadero obstáculo a la disipación del calor por convección (incluso puede causar un aporte de calor, si es más caliente que la piel), y una elevada humedad simultánea impide la pérdida de calor por evaporación.

En los párrafos siguientes se verá cómo afectan estas cuatro variables climáticas a los procesos de disipación de calor del cuerpo humano para diversas condiciones internas.

- 4.6.- Aire cálido y en calma, humedad moderada : En un clima templado, bajo techo, cuando la temperatura del aire es alrededor de 18°C, - cuando el aire está en calma, es decir, su velocidad no excede de 0,25 m/s y cuando la humedad está entre el 40 y el 60%, una persona dedicada a un trabajo sedentario disipará el calor sobrante sin ninguna dificultad, del siguiente modo :

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

Esto es así, si la temperatura de las superficies limítrofes es aproximadamente la misma que la del aire.

- 4.7.- Aire caliente y radiación considerable : La temperatura normal de la piel está entre 31 y 34°C. Cuando la temperatura del aire se acerca a la temperatura de la piel, las pérdidas de calor por convección decrecen gradualmente. La regulación vasomotora aumentará la tempe-

ratura de la piel a su límite más alto (34°C), pero cuando la temperatura del aire alcanza este punto ya no se producirá más pérdida de calor por convección.

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

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

- 4.8.- Aire caliente, radiación y movimiento apreciable del aire : Cuando el aire es caliente (igual o por encima de la temperatura de la piel) de suerte que el elemento que actúa por convección sea positivo, cuando las temperaturas de las superficies son calientes o hay una fuente - sustancial de calor radiante de suerte que el elemento que actúa por radiación sea también positivo, y cuando el aire es húmedo (pero inferior al 100% de HR) el movimiento del aire acelerará la evaporación, incrementando así la disipación de calor, incluso cuando su temperatura sea más alta que la de la piel. El mecanismo es el siguiente: si el aire tiene aproximadamente una HR del 90%, admitirá humedad de la piel por evaporación, pero la delgada capa de aire (1 ó 2 cm) en contacto inmediato con la piel, pronto se saturará y esta envoltura de aire saturado evitará la sucesiva evaporación de la piel.- El aire en movimiento eliminará esta envoltura de aire saturado y podrá continuar el proceso de evaporación. Se ha estimado que con una presión de vapor por encima de 2000 N/m², cada incremento en la velocidad del aire de 1 m/s compensará un incremento de 300 N/m² en la presión de vapor.

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

- 4.9.- Aire saturado y tranquilo de temperatura superior al cuerpo humano : Supongamos una situación en la que la temperatura del aire y la tem-

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

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

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

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

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

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

4.11. Variables subjetivas : La sensación de confort o incomodidad depende principalmente de las cuatro variables climáticas discutidas anteriormente. Sin embargo, las preferencias térmicas se ven influenciadas por diversos factores subjetivos o individuales.

El vestido puede ponerse a discreción de cada uno. Una persona que lleve un traje de calle normal y ropa interior de algodón. (Esto se considera como unidad de vestido : 1 clo. El valor máximo que se practica, es decir el más pesado vestido ártico es de 4,5 clo), requerirá una temperatura de unos 9°C inferior a la de un cuerpo desnudo.

Expuestos a nuevas condiciones climáticas, el cuerpo humano alcanzará su adaptación en unos 30 días y en ese tiempo cambiarán las preferencias térmicas del individuo. (Una persona en Trelew puede preferir una temperatura ambiente media de 18°C , pero después de pasar unos cuantos meses en Santiago puede encontrar la misma temperatura más bien fría y preferirá una temperatura de unos 25°C).

La edad y el sexo pueden influir en las preferencias térmicas, el metabolismo de las personas mayores es más lento, por lo que, normalmente, prefieren temperaturas más altas. La mujer también tiene un metabolismo ligeramente inferior al del hombre : su preferencia es, por término medio, 1 grado C más elevado que la del hombre.

La forma del cuerpo, es decir, la relación superficie a volumen, también influye. Una persona delgada tiene mucha mayor superficie que otra pequeña y corpulenta del mismo peso, puede disipar más calor y tolerará y preferirá una temperatura más alta.

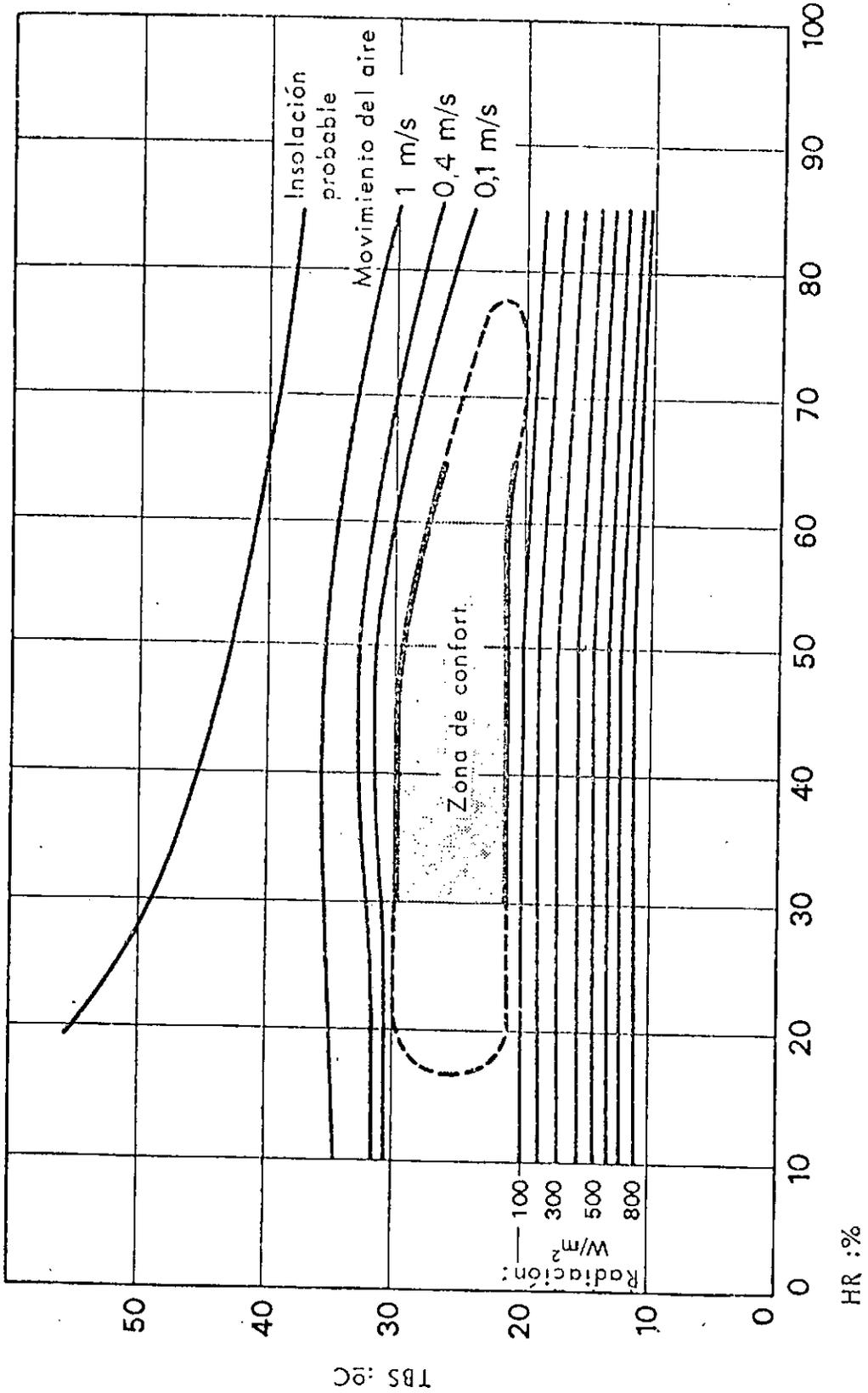
La grasa subcutánea, es decir la grasa bajo la piel, es un excelente aislante térmico. Una persona gruesa necesitará aire más frío para disipar la misma cantidad de calor.

El estado de salud influye en los requerimientos térmicos. En un enfermo puede aumentar el metabolismo pero puede verse perjudicado el propio funcionamiento del mecanismo regulador. El margen tolerable de temperaturas será más estrecho.

Ciertas clases de alimentos y bebidas pueden afectar el metabolismo.- El color de la piel influye en el aporte calorífico por radiación. Se ha demostrado que la piel más clara refleja tres veces más radiación solar que la más oscura, sin embargo, la piel clara es sustancialmente más vulnerable a las quemaduras, úlceras, cáncer y otros daños causados por el sol. La piel oscura contiene apreciablemente más pigmento melanina que evita la penetración de los dañinos rayos ultravioletas. La piel oscura también aumenta la emisión de calor del cuerpo en la misma proporción que se ve afectada la absorción. En consecuencia, el color de la piel no influye en las preferencias térmicas, pero es más resistente a los efectos dañinos del sol.

Fig.47 - I

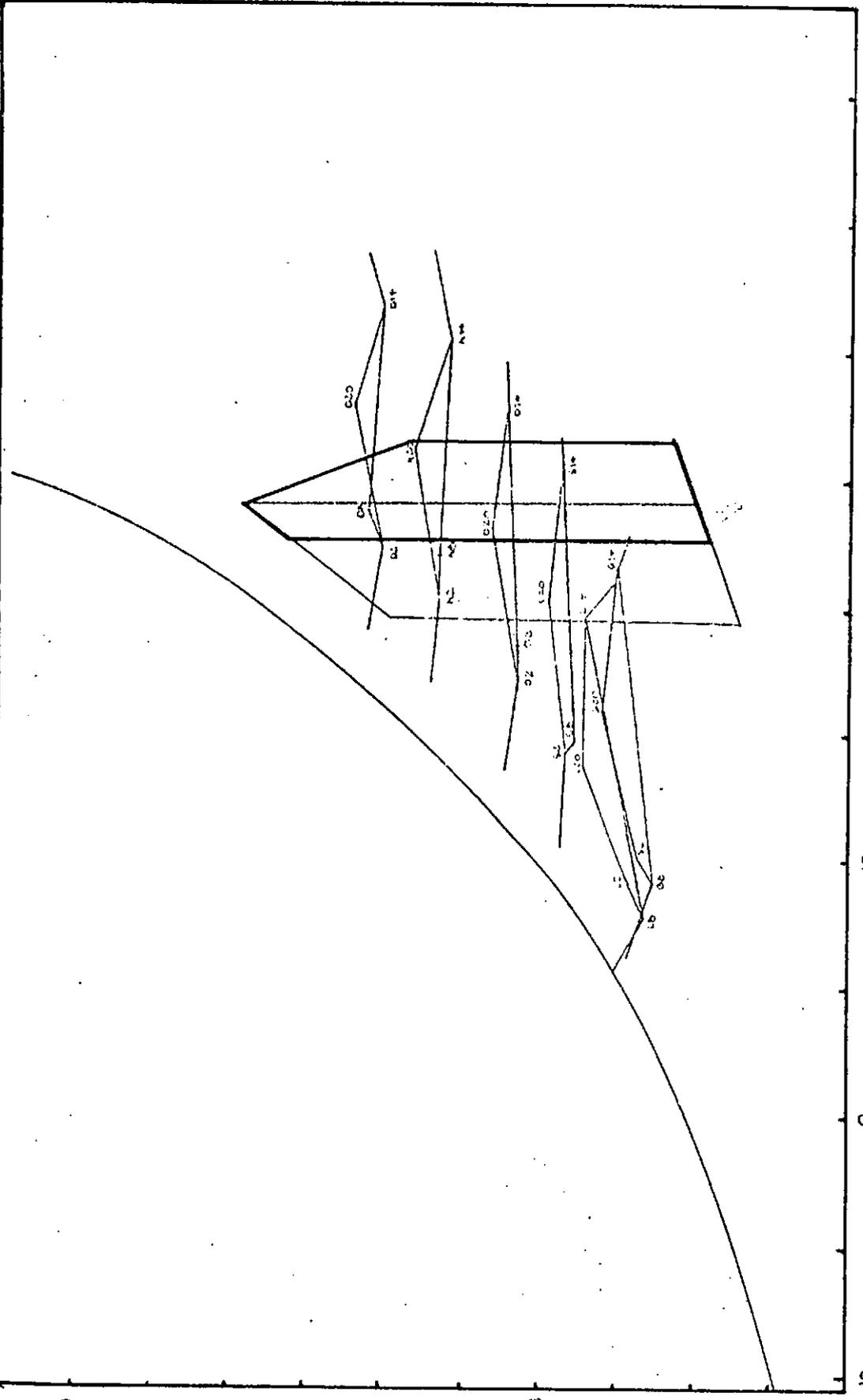
Diagrama bioclimático para personas que realizan trabajo sedentario vistiendo 1 clo., en climas cálidos (Original de V. Olgyay)



°C

Diagrama Bioclimático de confort utilizado (Gráficos V, VI, XIV, XV, XXIII y XXIV). En ordenadas : Humedad Absoluta, en abcisas : temperatura de bulbo seco. La línea curva corresponde al punto de saturación del aire. En línea gruesa : Zona de confort en verano y en línea fina : zona de confort en invierno. Para cada día medio del mes, se puede representar la relación temperatura (TBS) y HR (humedad relativa) de una determinada hora mediante un punto. Uniendo puntos tendremos como la calidad del aire permanece dentro o fuera de la zona de confort según la hora.

Kg/Kg



-10

0

10

20

30

40

MODULO II

1.- El Sol y la Tierra

1.1.- El origen del Sol.

Hasta el presente, la teoría más ampliamente aceptada sobre el origen del sol atribuye la formación del mismo a partir de una nube de gas, compuesta principalmente por hidrógeno.

El primer estadio en el desarrollo del sol se produjo al realizarse la contracción gravitacional de las partículas de hidrógeno. En determinado punto, cuando la contracción gravitacional en la nube causó violentas colisiones entre las partículas, se generó el calor suficiente para fundir el núcleo de hidrógeno y poner en libertad gran cantidad de energía.

La fusión ó unión de los núcleos de hidrógeno dió origen al helio. La masa de este nuevo átomo de helio resultó más pequeña que la de los átomos de hidrógeno originales, ya que parte de la masa de los mismos fué convertida en energía durante el proceso de fusión. La energía liberada se opuso a toda contracción gravitacional adicional del hidrógeno y la primera reacción de fusión en la nube fué el nacimiento del sol, tal cual hoy lo vemos.

La capacidad energética del sol es tal, que requiere la combustión o conversión de masa en energía a un ritmo de 4.2 millones de toneladas de hidrógeno por segundo. Suponiendo que el sol haya permanecido en el estado de hidrógeno en combustión por un término de 6 millones de años, esto significaría a primera vista una gran pérdida.- Sin embargo, en un análisis más profundo observamos que la masa del sol es de 2.2^{26} toneladas de modo que el sol pierde solo el 0.000000000000000000000002 % de su masa por segundo. A este ritmo se puede esperar que el sol siga irradiando energía por billones de años más.

1.2.- Radiación solar - La Constante Solar .

Las fusiones termonucleares en el interior del sol liberan energía en forma de radiación electromagnética de gran frecuencia.

La teoría más corrientemente aceptada afirma que la radiación electromagnética puede ser representada, ya sea, como una combinación de rápida alternancia de campos (u ondas) eléctricos y magnéticos, o como partículas de energía llamadas fotones. Esta definición de radiación es difícil de entender y visualizar, pero la teoría que la sustenta nos permite describir y predecir como actuará la radiación.

La energía radiante se produce en el interior del sol a temperaturas estimadas entre $18.000.000^{\circ}$ a $25.000.000^{\circ}$ Farenheit ($10.000.000^{\circ}$ a $14.000.000^{\circ}$ Celsius).

La temperatura promedio en la superficie del sol es de solamente 10.000° F (5.600° C).

La energía que viaja a través del espacio está compuesta por radiaciones de diferentes longitudes de onda.

La radiación electromagnética se clasifica según su longitud de onda. La radiación es emitida desde la superficie del sol en todas las longitudes de onda, desde las largas longitudes de las ondas de radio - hasta las más cortas de los rayos X y gama.

Aunque el sol irradia energía en muchas longitudes, irradia proporcionalmente mayor energía en ciertas longitudes de onda.

A una temperatura promedio de 5.600°C el sol irradia la mayor parte de su energía en muy altas frecuencias (ondas cortas visibles al ojo humano).

La luz visible es el 46% de la energía total emitida por el sol. Dicha luz, o la longitud de onda a la cual es sensible el ojo humano, se extiende desde los 0.35 a los 0.75 micrones (la unidad usada para medir longitudes de onda es el micrón o micrómetro, que es igual a una millonésima parte de un metro).

Está compuesta por todos los colores que nos son familiares, desde el violeta, que es el de menor longitud de onda ($0,35\mu$) pasando por el azul, el verde amarillento, el naranja y el rojo, éste último el de mayor longitud de onda ($0,75\mu$).

El 49% de la radiación emitida por el sol pertenece a la banda de los rayos infrarrojos. La radiación infrarroja, que experimentamos como calor, es una radiación de mayor longitud de onda que el rojo último del espectro visible. La radiación restante es emitida en la banda ultravioleta, en longitudes de onda menores que las del violeta último - del espectro visible (menos de $0,35\mu$). Fig. 1 - II.

Toda radiación electromagnética que sale del sol viaja a través del espacio a velocidad uniforme y en forma de rayos divergentes a la velocidad de la luz, la cual es de ~ 300.000 Km. por segundo. La Tierra, un pequeño cuerpo comparado con el sol, intercepta una parte - tan pequeña de la energía producida por el sol, que los rayos solares se consideran como un haz de rayos paralelos. A una distancia de 150 millones de Km. del sol, la Tierra intercepta aproximadamente dos - billonésimos del total de energía solar producida o el equivalente de alrededor de 35.000 veces más el total de energía consumida por la humanidad en un año.

La Constante Solar, que define la cantidad de radiación o energía calorífica que alcanza a la parte exterior de la atmósfera terrestre, es de $1,4 \text{ Kw/m}^2\text{h}$.

En otras palabras, si colocamos un metro cuadrado de material en la superficie exterior de la capa atmosférica terrestre, perpendicularmente a los rayos solares, éste interceptará $1,4 \text{ Kw}$ de energía por hora. Hay pequeñas variaciones en el valor numérico de la Constante Solar, porque, en tanto que la órbita de la tierra alrededor del sol es ligeramente elíptica, con respecto a esta órbita el sol está en uno de los focos.

Esta diferencia es importante para los científicos que realizan detallados cálculos en el espacio, pero con respecto a la superficie terrestre la variación es tan leve que tiene muy poco efecto.

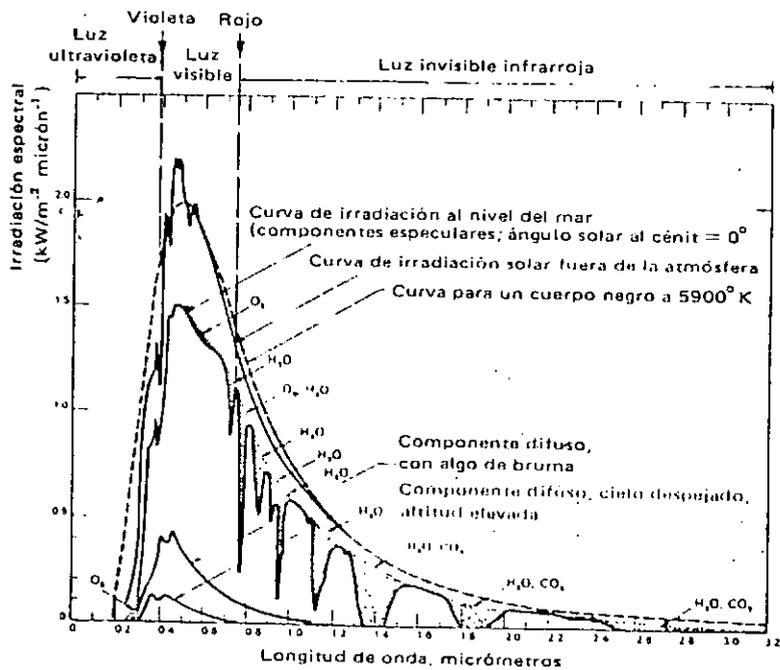


Fig. 1-II Espectro solar exterior a la atmósfera y al nivel del suelo.

2.- El Sol en el tiempo y el espacio.

2.1.- Rotación y Traslación.

La tierra tiene un movimiento de rotación en torno a un eje y otro de traslación, de forma elíptica, alrededor del sol (fig. 2-II). El eje de rotación permanece prácticamente siempre paralelo a sí mismo.

El primero de esos movimientos hace que un punto de la Tierra se vea iluminado en forma periódica por el sol dando lugar al día y la noche, el segundo, que los tiempos de exposición al sol sean variables originando las estaciones.

2.2.- Declinación.

El eje de rotación de la Tierra, $P_N P_S$ (polo Norte-polo Sur), forma un ángulo de $66^{\circ}33'$, con el plano de la eclíptica. Llamamos declinación (δ) al ángulo formado por la línea que une los centros de la Tierra y el sol y su proyección sobre el plano del ecuador E. Se toma con valor positivo cuando está ubicado en el hemisferio Norte y negativo si está en el Sur.

Cuando la tierra está en A la declinación tendrá signo positivo llegando a su máximo valor ($\delta = +23^{\circ}27'$) hacia el 22 de junio, denominado solsticio de verano para el hemisferio Norte y de invierno para el Sur; la posición relativa de la Tierra y el sol hace que aquel hemisferio reciba los rayos del sol con un ángulo de incidencia menor provocando un mayor efecto de la energía solar incidente. La declinación comienza luego a decrecer hasta que en B, hacia el 23 de setiembre, se hace igual a 0° , en ese momento el sol se encuentra en el plano del ecuador. A partir de ese punto, toma valores negativos llegando, en C, a $-23^{\circ}27'$, para volver nuevamente a 0° en D.

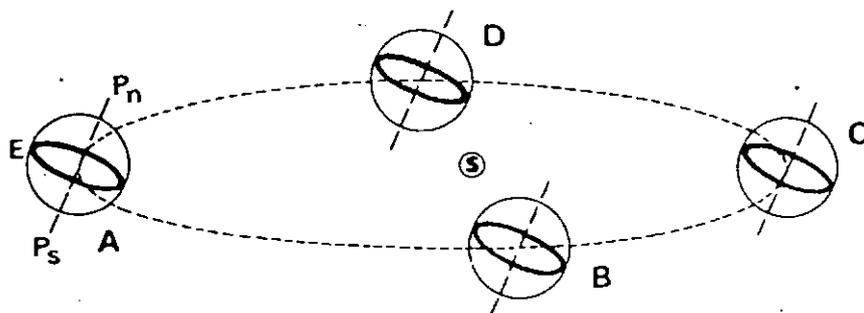


Fig. 2-II

Las posiciones más características de este movimiento de traslación, para el hemisferio Sur, son :

Posición A :	22 de junio	$\delta = + 23^{\circ}27'$	solsticio de invierno
" B :	23 de setiembre	$\delta = 0^{\circ}$	equinoccio de primavera
" C :	22 de diciembre	$\delta = -23^{\circ}27'$	solsticio de verano
" D :	21 de marzo	$\delta = 0^{\circ}$	equinoccio de otoño

Las consecuencias de esos movimientos se hacen más evidentes en la fig. 3-II en la que se indica con flechas la dirección de los rayos del sol. En A tenemos la situación para $\delta = +23^{\circ}27'$, se puede apreciar la diferencia entre el tiempo diurno y el nocturno que corresponde a una serie de paralelos de ambos hemisferios. En el Norte, el día es más largo que la noche, lo inverso ocurre en el Sur. En las zonas de latitudes superiores a $66^{\circ}33'$ es siempre de día o de noche. Cuando $\delta = 0^{\circ}$ caso B, todos los puntos de la superficie terrestre están a igual tiempo al sol y a la sombra. Finalmente en C se representa el momento en que $\delta = -23^{\circ}27'$ en cuya circunstancias el hemisferio Sur es el más iluminado. Se observa que en el ecuador los períodos diurnos y nocturnos son siempre iguales.

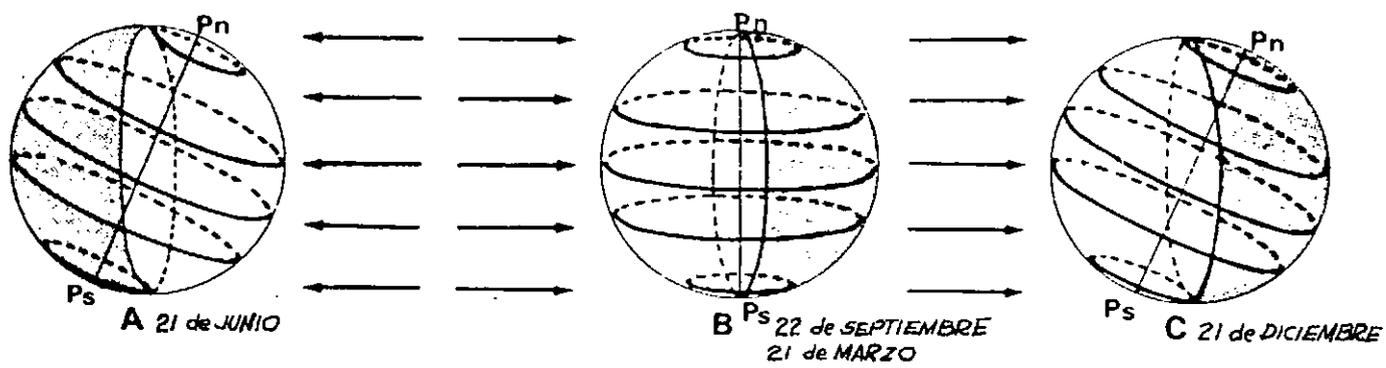


Fig. 3-II

2.3.- Cálculo de la declinación,

Para cualquier día del año podemos determinar la declinación mediante la fórmula :

$$\delta = 23.45 \cdot \text{sen} \left(360 \cdot \frac{(284 + n)}{365} \right)$$

- Siendo : 23.45° la declinación máxima en anotación centesimal.
- 360° - Los grados de la circunferencia.
- n - El número del día que se está calculando dentro del año (por ej. 10 de febrero es Nº 32 y 15 de marzo es Nº 74).
- 365 - El total de los días del año.

Recordemos que la declinación es positiva de marzo a setiembre y negativa de setiembre a marzo.

En Planilla Nº 1 -II se han determinado las declinaciones diarias.

(Ver pág. II- 10 y II - 11).

2.4.- Latitud.

Denominamos latitud a la distancia en grados del arco de circunferencia que existe entre un punto determinado y el plano del Ecuador. (Considerando que un plano que contiene al punto determinado interseca al plano del Ecuador en el centro de la tierra). A los efectos prácticos la latitud se define por los paralelos y su signo es negativo en el hemisferio sud y positivo en el hemisferio Norte. (Santiago-Capital se halla entonces a $-27^{\circ} 46'$ de latitud).

2.5.- Trayectorias aparentes del sol.

Para un observador situado en la tierra el sol realiza una trayectoria que varía constantemente durante el día y también durante los distintos días del año. Esto, que denominamos trayectoria aparente del sol, significa que el recorrido del sol solo se repite (para el observador) luego de transcurrido un ciclo determinado, que es de 6 meses para cualquier recorrido excepto para los recorridos extremos (los solsticios de verano e invierno) que se producen una vez cada año.

Para el observador, apoyado en un aparente plano horizontal, la posición del sol queda definida entonces por dos variables: la altura solar y el acimut. Fig. 4-II.

Llamamos altura solar al ángulo que forman el plano horizontal y el que pasa, también en forma horizontal, por el sol y el ojo del observador.

Llamamos acimut, al ángulo que forman dos planos uno vertical, que pasa por el observador y por los polos Norte y Sur (llamado meridiano del lugar) y otro, que pasa verticalmente por el observador y el sol.

La altura solar será de signo positivo siempre que el sol se encuentre por encima del horizonte y, por convención, al acimut se lo considera cero (0°) al Sur, tomando luego valores positivos al Este y negativos al Oeste hasta llegar a los 180° al Norte.

Esta definición de la posición de sol es la llamada horizontal y si queremos establecer los recorridos aparentes mediante métodos analíticos o gráficos precisos, deberemos determinar el punto de observación por sus coordenadas geográficas (Latitud y Longitud) y la hora de observación por el ángulo que forma el meridiano que corresponde a

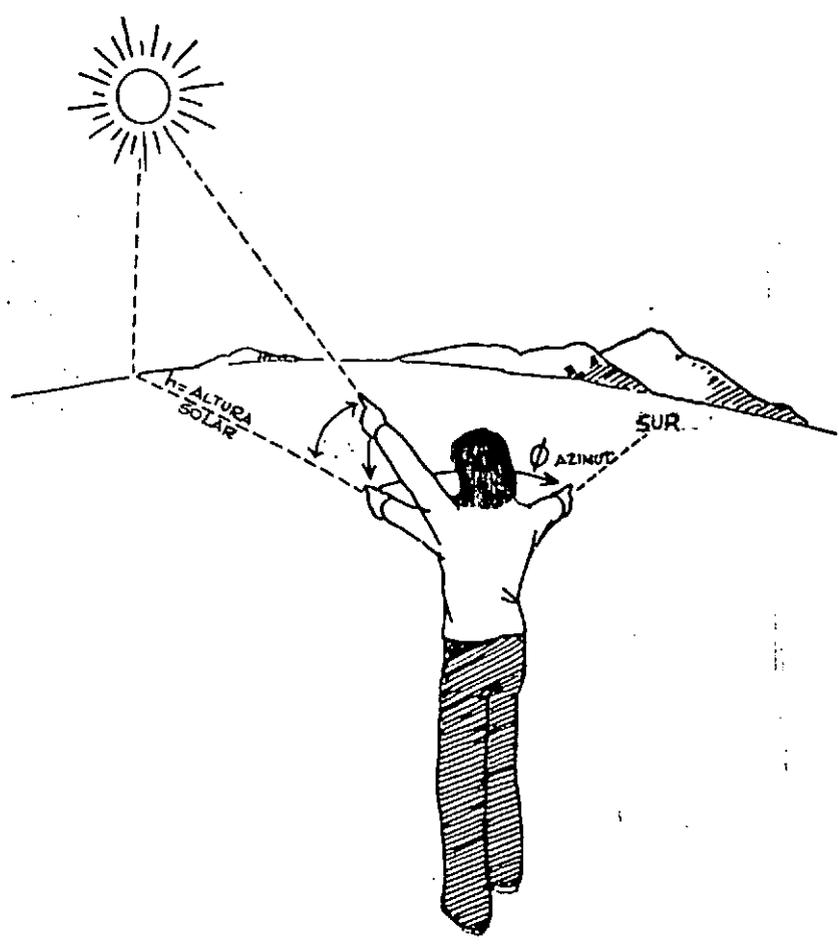


Fig. 4-II

esa hora solar con respecto al meridiano del lugar (que es el que determina a las 12 hs. solares y el momento de la mayor altura solar). Este ángulo se denomina ángulo horario y es 0° en el meridiano solar (Norte para el hemisferio Sud) y positivo hacia el Este y negativo hacia el Oeste, siendo su valor el correspondiente a 15° por cada hora de diferencia con respecto a las 12 hs. solares.

Definidos los elementos principales, veamos entre que límites visualiza las trayectorias aparentes del sol un observador situado respectivamente : en el Ecuador, en el Trópico de Capricornio (que atraviesa el Norte de nuestro país) en el Círculo Polar Antártico y en el polo Sur.

Fig. 5-II.

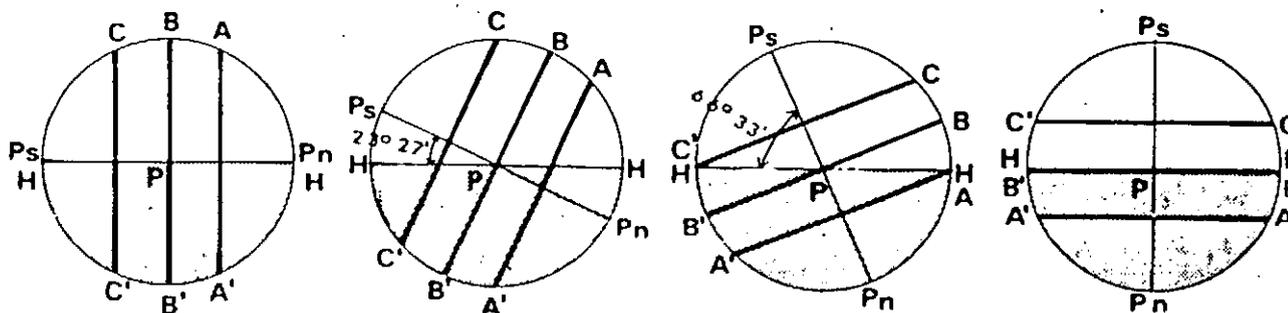


Fig. 5-II

En la fig. 5-II se han dibujado las trayectorias aparentes del sol para un observador situado en las latitudes $\phi = 0^\circ$, $\phi = 23^\circ 27' S$, $\phi = 66^\circ 33' S$ y $\phi = 90^\circ S$.

2.6.- Relación entre sistema horizontal y ecuatorial.

Resumiendo, dijimos que en el sistema horizontal la posición del sol está determinada por la Altura Solar y el Acimut.

Pero, con respecto a un punto de la Tierra, la posición del Sol en un día determinado y a una hora determinada está definida por la Latitud, la Declinación y el Angulo Horario.

Este último sistema se llama ecuatorial. Veamos como se relaciona un sistema y otro.

En la fig. 6-II se observan en perspectiva los elementos principales del problema. Busquemos de precisar adecuadamente los detalles - esenciales :

- el observador se encuentra en el punto P, centro de la esfera celeste; su plano de horizonte es NESO; el conit, T y el nadir, R.
- el eje de rotación de los astros, $P_S P_n$, forma un ángulo ϕ con el plano horizontal igual a la latitud del lugar. Las trayectorias aparentes del sol AA', BB', CC', tienen sus planos perpendiculares a ese eje. La circunferencia BB', por pasar por el centro P es el ecuador celeste. La trayectoria correspondiente a un día determinado se ubica en función de la declinación δ que presenta el sol en esa fecha - (ver planilla Nº 1 - II, pag. II-10 y II 11).
- el plano vertical que contiene al eje del mundo es el meridiano del lugar; este plano es el $P_S T N P_n$ que intercepta al horizonte según la línea NS que señala las direcciones Norte y Sur para el observador.- La recta OE perpendicular a NS en P indica los rumbos Este y Oeste; esta línea es también la intersección del plano del ecuador con el horizontal;
- cuando un astro cruza el meridiano del lugar se dice que culmina pues alcanza su mayor altura respecto del observador;
- la velocidad angular del sol puede considerarse constante. Si esta-

blecemos que el sol describe un giro completo en 24 horas solares, - tendremos que su velocidad angular es de 15° por hora. Se llama círculo horario el plano que contiene al eje PsPn y al astro, conviniéndose que la hora solar 12 ocurre en el momento de culminación del sol. En la figura se ha dibujado el círculo horario correspondiente a la hora solar 10 que forma, con el de las 12, un ángulo de 30° ;

- lo que hemos visto nos permite decir que el día 22 de junio el sol sale en el punto D, entre el Este y el Norte, a una hora solar posterior a las 6 y se pone en F. El 23 de setiembre y el 21 de marzo el sol sale exactamente por el E a las 6 y se pone en el Oeste a las 18. En el período comprendido entre el 23 de setiembre y el 21 de marzo el sol sale antes de la hora solar 6 en un punto del horizonte situado entre el Este y el Sur;
- el meridiano divide a las trayectorias del sol en dos partes prácticamente iguales; esto significa que tendremos posiciones simétricas en relación con aquel plano. Así, el rayo de sol, a las 9 hora solar, es simétrico respecto al meridiano del que recibimos a las 15;
- salvo las fechas extremas - 22 de junio y 22 de diciembre - siempre será posible encontrar dos días al año cuyas trayectorias aparentes - sean sensiblemente las mismas.

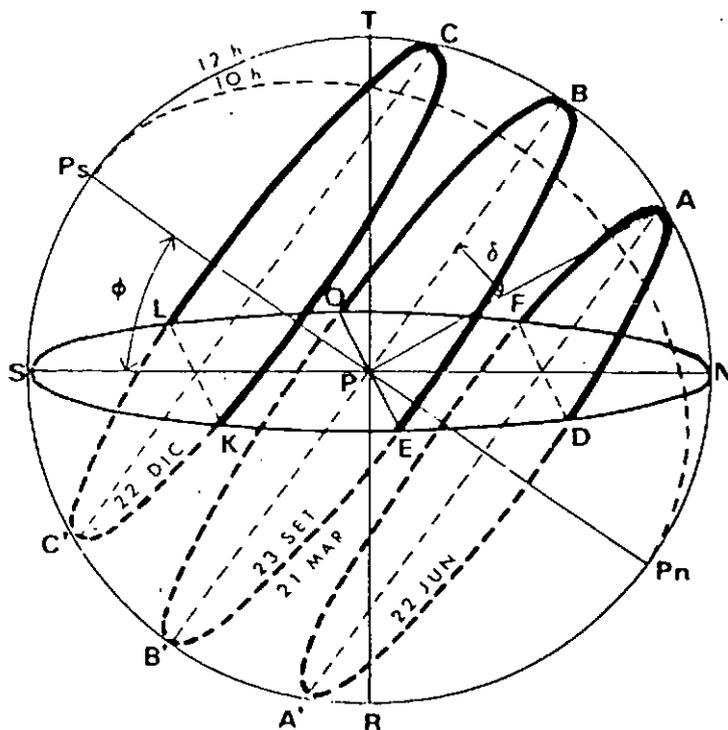


Fig. 6-II

PLANILLA Nº 1 - II

DECLINACION DEL SOL.

Los valores que se transcriben a continuación corresponden al año 1980. La declinación del sol varía anualmente, puede estimarse que en un plazo de 10 años no se producirá una variación superior a 15' para un mismo día, diferencia que es de poca significación para nuestros problemas.

<u>DIA</u>	<u>ENERO</u>	<u>FEBRERO</u>	<u>MARZO</u>	<u>ABRIL</u>	<u>MAYO</u>	<u>JUNIO</u>
1	-23°03'	-17°17'	-7°50'	+ 4°18'	+14°53'	+21°58'
2	-22°59'	-17°00'	-7°27'	+ 4°41'	+15°11'	+22°00'
3	-22°53'	-16°42'	-7°04'	+ 5°04'	+15°29'	+22°02'
4	-22°47'	-16°25'	-6°41'	+ 5°27'	+15°47'	+22°22'
5	-22°41'	-16°07'	-6°18'	+ 5°50'	+16°04'	+22°29'
6	-22°34'	-15°49'	-5°55'	+ 6°13'	+16°21'	+22°35'
7	-22°27'	-15°30'	-5°31'	+ 6°35'	+16°38'	+22°42'
8	-22°20'	-15°11'	-5°08'	+ 6°58'	+16°55'	+22°47'
9	-22°12'	-14°52'	-4°45'	+ 7°20'	+17°11'	+22°53'
10	-22°03'	-14°33'	-4°21'	+ 7°43'	+17°27'	+22°58'
11	-21°54'	-14°14'	-3°58'	+ 8°05'	+17°43'	+23°03'
12	-21°45'	-13°54'	-3°34'	+ 8°27'	+17°58'	+23°07'
13	-21°35'	-13°34'	-3°10'	+ 8°49'	+18°14'	+23°11'
14	-21°25'	-13°14'	-2°47'	+ 9°11'	+18°28'	+23°14'
15	-21°14'	-12°54'	-2°23'	+ 9°32'	+18°43'	+23°17'
16	-21°03'	-12°33'	-1°59'	+ 9°54'	+18°57'	+23°20'
17	-20°52'	-12°12'	-1°36'	+10°15'	+19°11'	+23°22'
18	-20°40'	-11°51'	-1°12'	+10°36'	+19°25'	+23°24'
19	-20°28'	-11°30'	-0°48'	+10°57'	+19°38'	+23°25'
20	-20°15'	-11°09'	-0°25'	+11°18'	+19°51'	+23°26'
21	-20°02'	-10°47'	-0°01'	+11°39'	+20°03'	+23°27'
22	-19°49'	-10°25'	+0°23'	+11°59'	+20°16'	+23°27'
23	-19°35'	-10°04'	+0°46'	+12°19'	+20°27'	+23°26'
24	-19°21'	- 9°42'	+1°10'	+12°39'	+20°39'	+23°26'
25	-19°07'	- 9°20'	+1°34'	+12°59'	+20°50'	+23°25'
26	-18°52'	- 8°57'	+1°57'	+13°18'	+21°01'	+23°23'
27	-18°37'	- 8°35'	+2°21'	+13°38'	+21°11'	+23°21'
28	-18°22'	- 8°12'	+2°44'	+13°57'	+21°22'	+23°19'
29	-18°06'		+3°08'	+14°16'	+21°31'	+23°16'
30	-17°50'		+3°31'	+14°35'	+21°41'	+23°13'
31	-17°33'		+3°54'		+21°50'	

PLANILLA Nº 1 - II - (continuación).

<u>DIA</u>	<u>JULIO</u>	<u>AGOSTO</u>	<u>SETIEMBRE</u>	<u>OCTUBRE</u>	<u>NOVIEMBRE</u>	<u>DICIEMBRE</u>
1	+23°09'	+18°11'	+8°31'	- 2°56'	-14°14'	-21°42'
2	+23°05'	+17°56'	+8°09'	- 3°20'	-14°33'	-21°52'
3	+23°01'	+17°41'	+7°47'	- 3°43'	-14°52'	-22°01'
4	+22°56'	+17°25'	+7°25'	- 4°06'	-15°11'	-22°00'
5	+22°51'	+17°09'	+7°03'	- 4°29'	-15°29'	-22°00'
6	+22°45'	+16°53'	+6°41'	- 4°52'	-15°48'	-22°25'
7	+22°40'	+16°36'	+6°19'	- 5°15'	-16°06'	-22°32'
8	+22°33'	+16°20'	+5°56'	- 5°38'	-16°23'	-22°39'
9	+22°26'	+16°03'	+5°34'	- 6°01'	-16°41'	-22°46'
10	+22°19'	+15°45'	+5°11'	- 6°24'	-16°58'	-22°51'
11	+22°12'	+15°28'	+4°48'	- 6°47'	-17°15'	-22°57'
12	+22°04'	+15°10'	+4°25'	- 7°09'	-17°32'	-23°02'
13	+21°56'	+14°52'	+4°03'	- 7°32'	-17°48'	-23°07'
14	+21°47'	+14°34'	+3°40'	- 7°54'	-18°04'	-23°11'
15	+21°38'	+14°15'	+3°17'	- 8°17'	-18°19'	-23°14'
16	+21°28'	+13°57'	+2°54'	- 8°39'	-18°35'	-23°17'
17	+21°19'	+13°38'	+2°30'	- 9°01'	-18°50'	-23°20'
18	+21°09'	+13°19'	+2°07'	- 9°23'	-19°05'	-23°22'
19	+20°58'	+12°59'	+1°44'	- 9°45'	-19°19'	-23°24'
20	+20°47'	+12°40'	+1°21'	-10°07'	-19°33'	-23°25'
21	+20°36'	+12°20'	+0°57'	-10°28'	-19°47'	-23°26'
22	+20°25'	+12°00'	+0°34'	-10°50'	-20°00'	-23°27'
23	+20°13'	+11°40'	+0°11'	-11°11'	-20°13'	-23°27'
24	+20°00'	+11°20'	-0°13'	-11°32'	-20°25'	-23°26'
25	+19°48'	+10°59'	-0°36'	-11°53'	-20°38'	-23°25'
26	+19°35'	+10°38'	-0°59'	-12°14'	-20°49'	-23°23'
27	+19°22'	+10°18'	-1°23'	-12°34'	-21°01'	-23°21'
28	+19°08'	+ 9°57'	-1°46'	-12°54'	-21°12'	-23°19'
29	+18°54'	+ 9°35'	-2°10'	-13°15'	-21°22'	-23°16'
30	+18°40'	+ 9°14'	-2°33'	-13°34'	-21°33'	-23°13'
31	+18°26'	+ 8°53'		-13°54'		-23°09'

3.- El Sol y la hora.

3.1.- Hora Solar y Legal - Ecuación del Tiempo.

La hora solar o tiempo solar verdadero, según hemos visto, se determina por el ángulo horario del astro, suponiendo que una trayectoria de 360° se cumple en 24 horas y que las 12 corresponde al instante en que el sol cruza el meridiano del lugar. Llamamos hora legal en cambio, a la hora oficial que cada país adopta y que es la que marcan nuestros relojes. En ambos casos se considera al día compuesto por 24 hs.

Sin embargo, el tiempo actual entre los tránsitos del sol sobre el meridiano está sujeto a pequeñas variaciones, llamadas la "ecuación de tiempo". Esto no es debido a la rotación de la tierra alrededor de su propio eje, que es perfectamente regular, sino a) al movimiento orbital de la tierra alrededor del sol y, b) a la inclinación del eje relativo de la tierra a la eclíptica.

Discutamos primero el efecto del movimiento de la tierra. El punto sobre la tierra, marcado por una flecha en la figura, en el que se ve al sol en la posición del mediodía en verano, está en la posición de medianoche seis meses más tarde después de un número de rotaciones completas de la tierra. Pero este punto sobre la tierra debe girar 180° adicionales, o 12 horas más para estar de nuevo en el mediodía. Por esto, en todo un año, el punto tiene que girar 360° adicionales, o 24 horas más. De aquí que la duración de una rotación plena de tierra sea más corta, $\frac{365}{360}$ o alrededor de 1° , unos 4 minu-

tos, que el tiempo entre dos puntos culminantes de sol; una rotación plena de la tierra necesita 23 h. 56 min. 45 seg. Fig. 7-II.

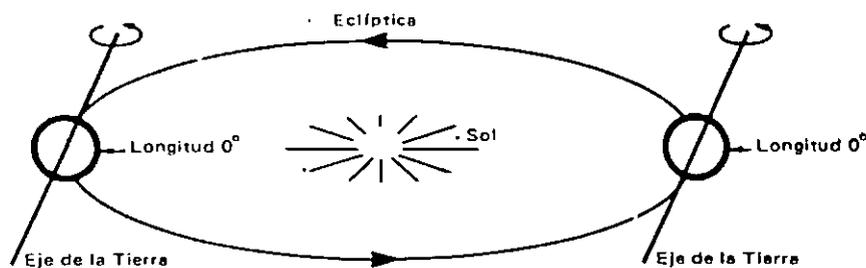


Fig. 7-II

Las desviaciones de la diferencia media de tiempo de 24 h entre dos culminaciones del sol surgen del hecho de que la velocidad angular de la tierra alrededor del sol no es absolutamente regular. Esto es evidente cuando se observa que la órbita de la tierra es elíptica; en enero, cuando el sol está relativamente cerca, la tierra se mueve 61' por día, en julio, cuando el sol está más lejos, la tierra se mueve solo 57' por día sobre su órbita de 360° alrededor del sol.

La segunda desviación aparece a partir de la inclinación del Ecuador de la tierra, relativo a la eclíptica en verano y en invierno.

En las proyecciones de ambos planos dados arriba, uno para la eclíptica y el otro para el Ecuador, se puede ver que, como resultado de la rotación de la tierra a velocidad constante, se recorren iguales distancias a , a lo largo del círculo ecuatorial por unidad de tiempo; pero las correspondientes distancias a' a lo largo de la proyección de la eclíptica sobre el plano ecuatorial son desiguales; así, a un observador sobre el Ecuador le parece que hay una ligera modulación de la velocidad angular del sol. Este efecto es máximo en los solsticios de verano e invierno; en los equinoccios se convierte en cero, ya que la proyección de la eclíptica coincide con el Ecuador. A menudo, cuando el reloj marca mediodía, el sol puede no haber alcanzado su mediodía real o punto culminante por encima del horizonte de un día particular.

Fig. 8-II.

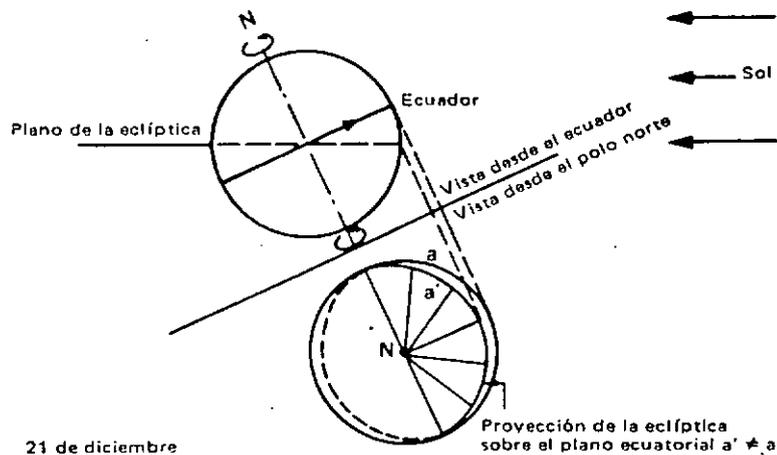


Fig. 8-II.

El gráfico muestra la desviación del mediodía real del mediodía (indicado por el reloj) para el año 1926 en el meridiano de Greenwich. Los relojes normales no son, por tanto, apropiados para usarlos como aparatos de seguimiento, para los que se necesita una orientación exacta en la escala de algunos minutos de arco. Para el seguimiento, sin -

embargo, sería fácil programar relojes electrónicos digitales de tal modo que indicaran el tiempo real del sol. Fig. 9 - II.

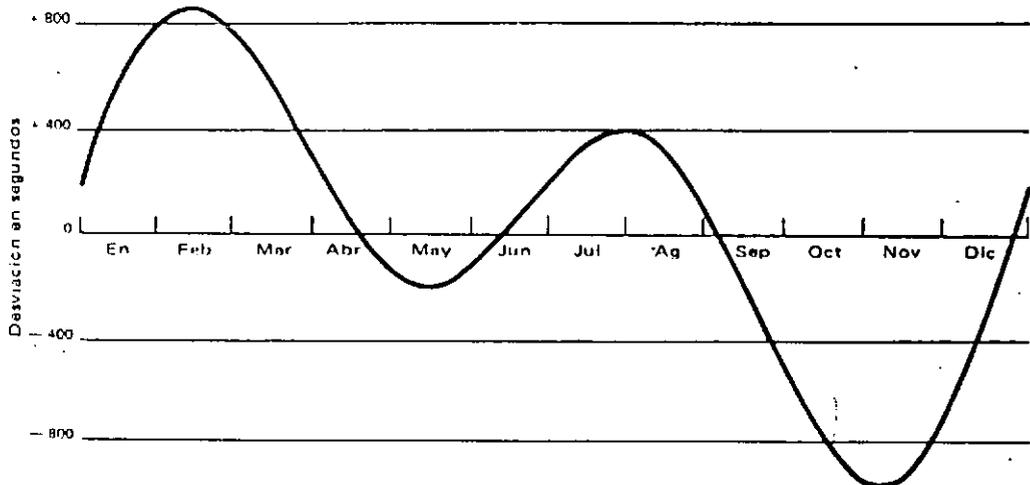


Fig. 9-II

3.2.- Cálculo del tiempo Solar Verdadero.

De todo lo anterior deducimos que para cada día del año, el sol culminará por el meridiano de un lugar determinado de nuestro país a una hora diferente con respecto a la que marcan nuestros relojes y que podemos calcular el tiempo solar verdadero (TSV) mediante la fórmula siguiente :

$$\begin{aligned} \text{TSV} &= \text{HL} \pm \text{ET} + (\text{Long. lugar} - 45^{\circ}) \\ \text{HL} &= \text{Hora legal.} \\ \text{ET} &= \text{Ecuación del tiempo (ver planilla N}^{\circ} \text{ 2-II - pag. II - 15 y} \\ &\quad \text{II - 16).} \\ 45^{\circ} &= \text{Huso horario adoptado por la Argentina.} \\ &\quad \text{(corresponde a 3 hs. de diferencia con Greenwich).} \end{aligned}$$

Para Santiago-Capital tenemos, por ej., que el día 15 de marzo el sol pasará por el meridiano del lugar a las 13 hs. 9' 37" hs. de nuestro reloj.

$$\begin{aligned} \text{ET} &= -9\text{m. } 11\text{s. para el 15/marzo.} \\ \text{Sgo. Cap. Long.} &= 64^{\circ} 18' \text{ Oeste} \\ \text{Dif.} &= (64^{\circ} 18' - 45^{\circ} 00') = 19^{\circ} 42' = 1 \text{ h. } 18 \text{ m. } 48 \text{ s.} \\ \therefore &= 1 \text{ h. } 18 \text{ m. } 48 \text{ s.} - 9 \text{ m. } 11 \text{ s.} = 1 \text{ h. } 9 \text{ m. } 37 \text{ s.} \\ &\text{o sea las 13 hs. } 9 \text{ m. } 37 \text{ s. de nuestros relojes.} \end{aligned}$$

PLANILLA Nº 2 - II
ECUACION DEL TIEMPO

mes dia	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Sepbre.		Oct.		Nov.		Dic.	
	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
1	-03	15	-13	32	-12	33	-04	08	+02	49	+02	21	-03	37	-06	19	+00	14	+10	03	+16	21	+11	14
2	-03	44	-13	40	-12	21	-03	50	+02	56	+02	12	-03	49	-06	16	+00	04	+10	23	+16	23	+10	52
3	-04	12	-13	47	-12	09	-03	33	+03	03	+02	02	-04	00	-06	11	+00	23	+10	42	+16	24	+10	29
4	-04	39	-13	54	-11	56	-03	15	+03	09	+01	53	-04	11	-06	07	+00	43	+11	01	+16	24	+10	05
5	-05	07	-14	00	-11	43	-02	57	+03	15	+01	43	-04	22	-06	01	+01	03	+11	19	+16	23	+09	41
6	-05	34	-14	04	-11	30	-02	40	+03	20	+01	32	-04	32	-05	55	+01	23	+11	37	+16	22	+09	16
7	-06	00	-14	08	-11	16	-02	22	+03	25	+01	22	-04	42	-05	49	+01	43	+11	55	+16	19	+08	51
8	-06	26	-14	11	-11	01	-02	05	+03	29	+01	10	-04	52	-05	41	+02	03	+12	13	+16	16	+08	25
9	-06	51	-14	14	-10	47	-01	49	+03	33	+00	59	-05	01	-05	34	+02	24	+12	29	+16	12	+07	59
10	-07	16	-14	15	-10	31	-01	32	+03	36	+00	48	-05	10	-05	25	+02	45	+12	46	+16	07	+07	32
11	-07	40	-14	16	-10	16	-01	16	+03	38	+00	36	-05	19	-05	16	+03	06	+13	02	+16	02	+07	05
12	-08	04	-14	16	-10	00	-01	00	+03	40	+00	24	-05	27	-05	07	+03	27	+13	17	+15	55	+06	37
13	-08	27	-14	16	-09	44	+00	44	+03	42	+00	11	-05	34	-04	57	+03	48	+13	32	+15	47	+06	09
14	-08	49	-14	14	-09	28	+00	29	+03	42	00	00	-05	42	-04	46	+04	09	+13	47	+15	39	+05	41
15	-09	11	-14	12	-09	11	+00	14	+03	42	+00	13	-05	48	-04	35	+04	30	+14	01	+15	30	+05	12
16	-09	33	-14	09	-08	54	00	00	+03	42	+00	26	-05	55	-04	24	+04	51	+14	14	+15	20	+04	43

PLANILLA Nº 2 - II - (continuación)

mes dia	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septbre		Oct.		Nov.		Dic.	
	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
17	-09	53	-14	06	-08	37	+00	14	+03	41	+00	39	-06	00	-04	12	+05	13	+14	27	+15	09	+04	14
18	-10	13	-14	02	-08	20	+00	28	+03	39	+00	52	-06	06	-03	59	+05	34	+14	39	+14	57	+03	45
19	-10	32	-13	57	-08	02	+00	42	+03	37	-01	05	-06	10	-03	46	+05	55	+14	50	+14	44	+03	15
20	-10	51	-13	51	-07	45	+00	55	+03	34	-01	18	-06	15	-03	32	+06	16	+15	01	+14	31	+02	46
21	-11	09	-13	45	-07	27	+01	07	+03	31	-01	31	-06	18	-03	18	+06	38	+15	12	+14	17	+02	16
22	-11	26	-13	38	-07	09	+01	20	+03	27	-01	44	-06	21	-03	04	+06	59	+15	22	+14	02	+01	46
23	-11	42	-13	31	-06	51	+01	31	+03	22	-01	57	-06	24	-02	48	+07	20	+15	31	+13	46	+01	16
24	-11	57	-13	22	-06	33	+01	43	+03	17	-02	10	-06	26	-02	33	+07	41	+15	39	+13	30	+00	46
25	-12	12	-13	14	-06	15	+01	53	+03	12	-02	23	-06	27	-02	17	+08	02	+15	47	+13	13	+00	17
26	-12	26	-13	04	-05	57	+02	04	+03	06	-02	36	-06	28	-02	00	+08	22	+15	54	+12	55	+00	12
27	-12	39	-12	54	-05	39	+02	14	+02	59	-02	49	-06	28	-01	44	+08	43	+16	00	+12	36	-00	42
28	-12	51	-12	44	-05	21	+02	23	+02	53	-03	01	-06	27	-01	26	+09	03	+16	06	+12	16	-01	11
29	-13	03	-12	37	-05	03	+02	32	+02	45	-03	13	-06	26	-01	09	+09	24	+16	11	+11	56	-01	40
30	-13	13			-04	44	+02	41	+02	37	-03	26	-06	25	+00	51	+09	44	+16	15	+11	35	-02	10
31	-13	23			-04	26	+02	29	+02	29			-06	22	+00	33			+16	18			-02	30

4.- Métodos para estudiar el movimiento aparente del sol.

4.1.- Clasificación. Los métodos conocidos son muy numerosos, la mayoría de ellos responden a la necesidad de hallar una respuesta rápida a un problema determinado. Escapa a los propósitos de este curso la realización de un análisis detallado de cada uno de ellos. Sólo formularemos una ordenación según sus características.

La clasificación es la siguiente :

Métodos	Gráficos	geométricos	proyección ortogonal " estereográfica " cilíndrica método de la varilla
		no geométricos	Burnett Sunfinder otros
	Análíticos	Mediante la resolución de triángulos esféricos - Existe software al respecto.	
	Instrumentales	simulación de movimientos	heliodon solarscopio
fotográfico		globoscopio	
		directos	reloj de sol

Métodos gráficos. Son aquellos que representan gráficamente las trayectorias del sol sobre un plano. Se aplican a las proyecciones utilizadas corrientemente por el arquitecto, siempre que se trate de problemas no muy complejos pero que requieran cierto grado de precisión.

En los métodos geométricos las trayectorias aparentes del sol se trazan mediante proyecciones bien determinadas. Si tomamos como referencia a la fig. 6-II se plantean las siguientes posibilidades :

- proyección ortogonal. Las trayectorias y círculos horarios se proyectan ortogonalmente en el plano horizontal donde obtenemos elipses (fig. 10-II). Tiene el inconveniente de que las elipses son tangentes a la circunferencia que representa al plano horizontal dando lugar a una zona con poca precisión. Es conveniente aclarar que las proyecciones se realizan corrientemente sobre el plano horizontal ya que así pueden aplicarse a la mayoría de los casos que se presentan; pero a veces se

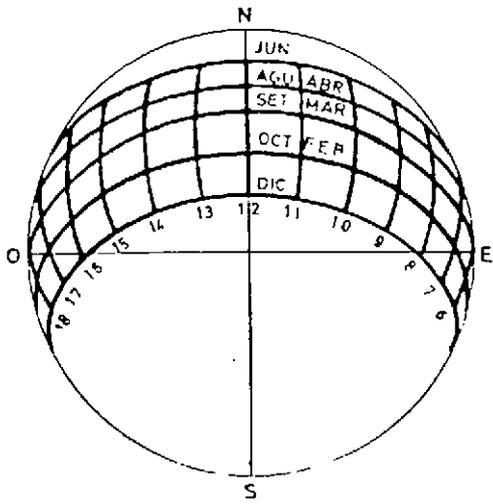


Fig. 10-II

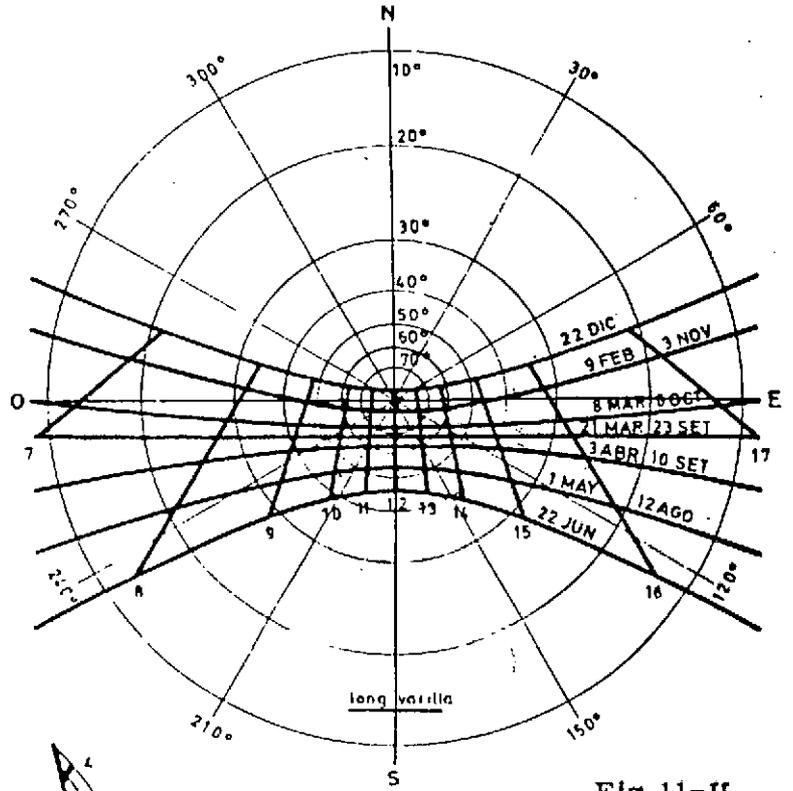


Fig. 11-II

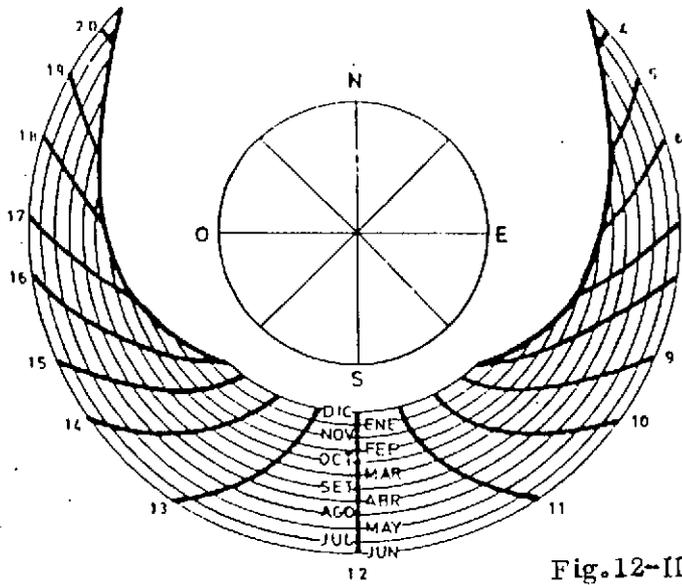


Fig. 12-II

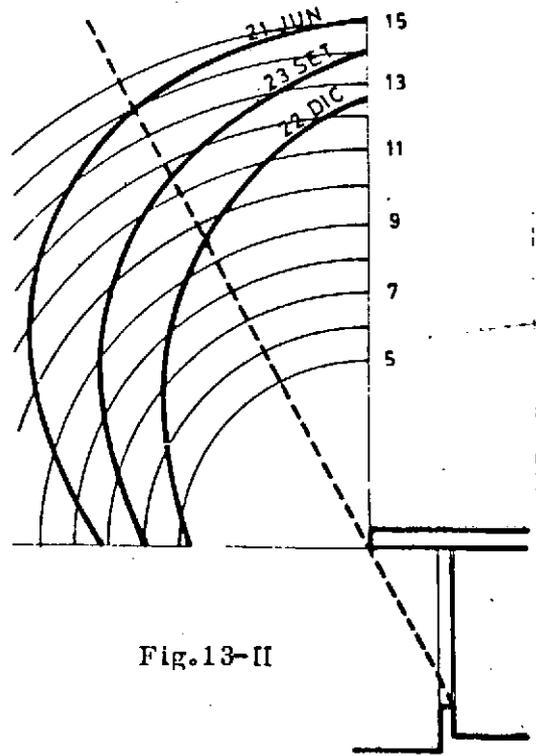


Fig. 13-II

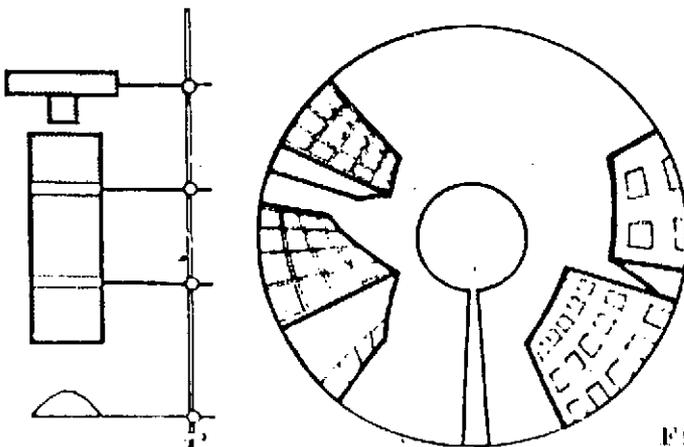


Fig. 14-II

ejecutan sobre otros planos para el estudio de problemas particulares;

- proyección estereográfica : Sobre ella hacemos un estudio especial mas adelante.

- proyección cilíndrica : El método es complejo y ya no es usado; - consiste en proyectar las trayectorias sobre un cilindro que luego se desarrolla en un plano;

- método de la varilla. Da la sombra arrojada en el plano horizontal (fig. 11-II) por el extremo superior de una varilla de longitud conocida. Dichas sombras se obtienen mediante la intersección de un cono de revolución por el plano horizontal; en la mayoría de los casos son hipérbolas. Las líneas horarias son rectas y se unen en un punto. - Presenta una serie de ventajas pero también el inconveniente de no permitir la graficación fácil de puntos cuya altura es menor de 15° . En los métodos no geométricos la representación de las trayectorias del sol obedece a un sistema arbitrario fijado por el autor. Podemos mencionar :

- diagramas de Burnett. Se parte de una serie de circunferencias concéntricas (fig. 12-II) igualmente espaciadas que corresponden a días determinados del año. Las alturas se dan en gráfica aparte. Facilita una medición precisa del acimut y la altura en los casos de latitudes próximas al ecuador con el sol cerca del cenit;

- "Sunfinder". Obedece a un sistema similar al anterior.

- Diagramas sobre planos verticales. Dan las posiciones de los rayos del sol (fig. 13-II) proyectados en determinados planos verticales. Se requiere un diagrama para cada orientación; ellos permiten hallar de inmediato la penetración de un rayo de sol así como la protección que se logra con un dispositivo horizontal.

- Métodos Analíticos : Mediante fórmulas trigonométricas se define la posición del sol. Excepto cuando se usan computadoras es un método engorroso aunque de absoluta precisión.

- Métodos instrumentales : La mayoría de ellos se usan para trabajar en modelos aplicándose a problemas complejos en que los trazados gráficos suponen una tarea excesivamente larga. Presentan además la ventaja de que el arquitecto puede en ese mismo momento modificar la - disposición de los volúmenes y observar los resultados.

Dentro de este grupo tenemos a los instrumentos que reproducen los movimientos relativos del sol :

- el "heliodon" tanto en su versión inglesa como en la francesa. Consiste, en principio, en una tabla donde se apoya el modelo, con movimientos sobre ejes que permiten ajustar la latitud, el día y la hora. - La lámpara que simula el sol está colocada a una cierta distancia y permanece fija; (Fig. 15-II). -

- el "solarscopio" construido en Australia basado en un principio diferente, mantiene fija la plataforma donde está el modelo y hace mover la lámpara; al brazo de ésta se le agrega un espejo para duplicar la

Fig. 15-II
Heliodón

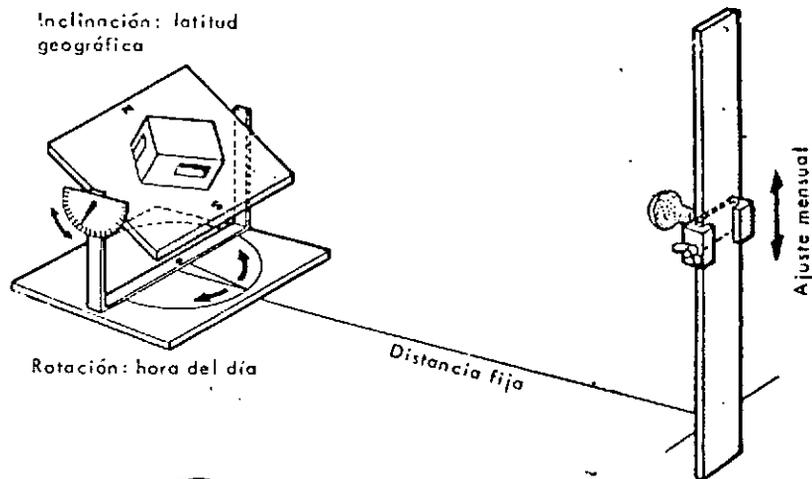
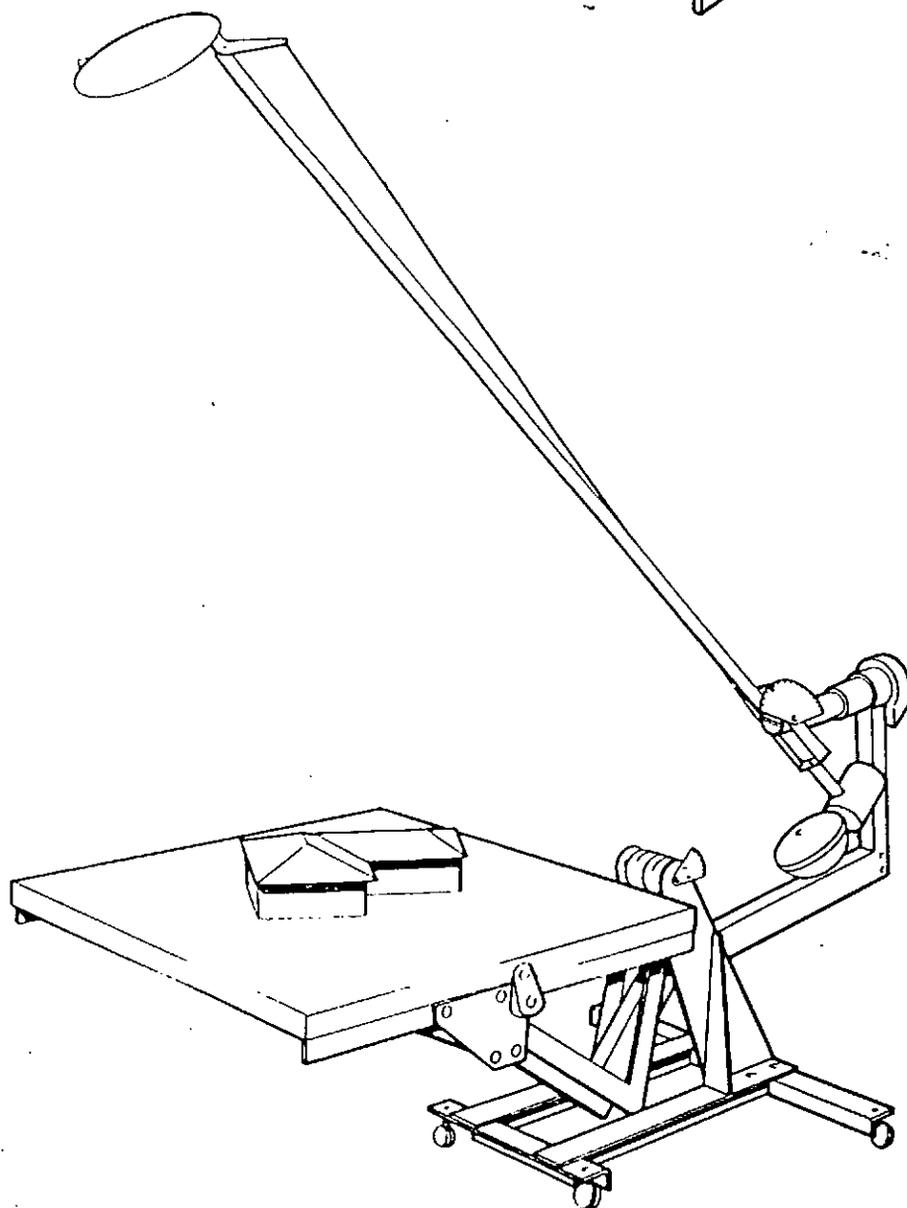


Fig. 16-II
Helioscopio -A-
(Desarrollado por la
Commonwealth
Experimental Building
Station, Sydney,
Australia)



distancia al modelo y disminuir la divergencia de los rayos. Fig. 16-II.

El "globoscopio" está basado en una cámara fotográfica (fig. 14-II) que recoge la imagen reflejada en un paraboloides muy pulido. Se obtiene así una proyección estereográfica de los volúmenes que rodean al punto que permite, como lo veremos más adelante, definir las condiciones de asoleamiento de ese punto. El globoscopio es un instrumento muy eficaz para estudiar esos problemas en áreas urbanas de edificación compleja.

Finalmente tenemos el reloj de sol sobre el cual hay diferentes tipos. Con un poco de ingenio y paciencia, cualquiera de estos instrumentos puede ser fabricados y constituyen auxiliares sumamente útiles del diseño.

4.2.- Proyección Estereográfica.

La proyección estereográfica es un método para proyectar los puntos que pertenecen a una superficie esférica.

La explicación detallada de los mecanismos de proyección es compleja. Por lo tanto la pasaremos por alto para señalar las características y ventajas que tiene con respecto a los objetivos propuestos.

- En una proyección estereográfica, las trayectorias solares son sectores de circunferencias.

- El observador se considera ubicado en el centro del diagrama. La altura solar se obtiene por lectura directa o bien mediante el uso de un compás de punta seca. (Está indicada por circunferencias).

- El acimut es la lectura que se hace uniendo el centro con el día y hora buscados mediante una recta que se prolonga hasta el borde del diagrama (donde se hace la lectura).

- Existe un diagrama diferente para cada latitud (se adjunta el correspondiente a Latitud 28°S) y las horas indicadas en el diagrama son de tiempo solar verdadero. (TSV) - Fig. 17 - II.

- Todo plano inclinado o recta contenida en un plano inclinado se proyecta como una semi-circunferencia o sector de la misma (ver gráfica auxiliar).

- Con un trazado estereográfico de la trayectoria solar se pueden obtener sombras, máscaras y determinar la incidencia solar que ve o penetra por una abertura. Constituye entonces un buen auxiliar para el diseño. Para su empleo debemos contar con una gráfica auxiliar. Fig. 18 - II.

4.3.- Uso de los diagramas para obtener sombras y máscaras.

Norte geográfico y Norte magnético. La orientación de un edificio se determina generalmente por medio de una brújula. Debe recordarse -

que este instrumento señala la dirección del Norte magnético mientras que los diagramas están referidos al Norte geográfico. La diferencia entre ambas direcciones, para nuestro país, es pequeña ya que es atravesado por la línea que indica una desviación de 0° . De todas maneras, cuando se desea alcanzar una buena precisión debe averiguarse ese dato que es variable de año en año.

Sombra de una vertical. Sea una vertical MN (fig. 19-II) cuya sombra, en el plano horizontal, queremos hallar para un instante A. Colocada esa vertical en P la prolongación de AP nos indica la dirección de la sombra buscada. La altura del rayo la hallamos tomando $BP = AP$, leyendo en la escala allí dibujada la altura H correspondiente. Con el auxilio de las marcas en grados dibujadas alrededor de los diagramas construimos el triángulo NMQ. Finalmente hacemos $PC = MQ$.

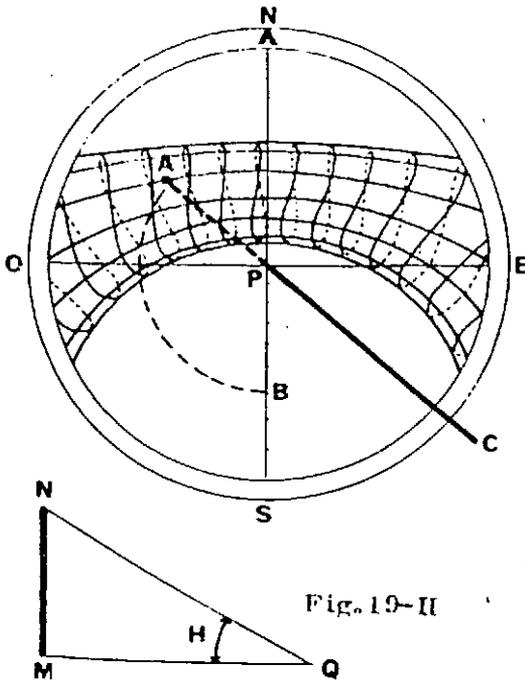


Fig. 19-II

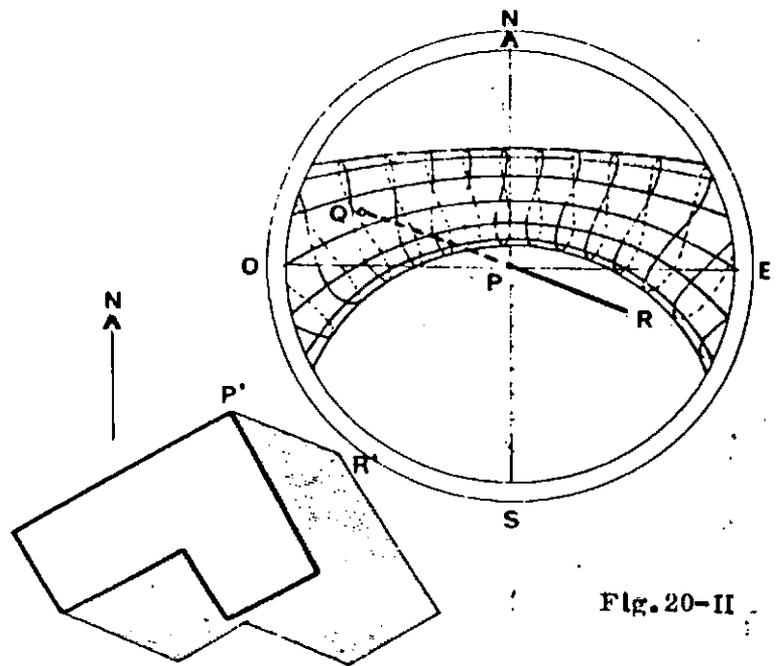


Fig. 20-II

Sombra de un volumen. Para hallar la sombra de un volumen (fig. 20-II) en el plano horizontal, ubicamos la planta de modo que su dirección N corresponda con la del diagrama. Si Q es la fecha elegida, determinamos la sombra PR de una línea vertical cuya dimensión corresponda a la escala del dibujo, el trazado se realiza tomando $P'R' = PR$ y terminando el estudio mediante procedimientos de geometría descriptiva elementales.

Asoleamiento de un plano vertical. Supongamos que se desea determinar los días y horas en que el plano vertical orientado al NE recibe los rayos directos del sol. En ese caso el centro P de la esfera (fig. 21-II) estará situado en dicho plano, el que se proyectará estereográficamente según la línea AB. Por lo tanto, cuando el sol se encuentre en un punto cualquiera de la superficie MRST su acimut será tal que los rayos del sol podrán incidir en el plano considerado. De la misma manera, el área restante del diagrama, MVQT, señalará los momentos en que el sol ilumina al plano vertical orientado al SO.

Asoleamiento de un plano inclinado. Sea el caso presentado en la fig. 22-II en que se trata de determinar el asoleamiento del plano AB. Tomamos un punto P de su superficie para una mejor comprensión del problema. Si ese punto es el centro de nuestra esfera y miramos en la dirección PQ, la parte de cielo visible se determina trazando la curva o en el diagrama auxiliar; será la superficie OGKM. Colocamos la orientación N y transportamos el dibujo al correspondiente diagrama solar, obteniendo la respuesta al problema planteado. Puede observarse que la línea α divide al diagrama en 2 partes : una de ellas es la que determina los momentos en que el sol ilumina la cara superior del plano AB; la otra, a la cara inferior.

Ejercicios : Hallar los días y horas en el año en que el punto P (fig. 23-II) de un local ubicado en Monte Quemado, puede recibir los rayos directos del sol.

Estudiaremos, en primer lugar, la abertura que se encuentra arriba del punto P. Hallamos los ángulos α y ω y dibujamos las líneas respectivas en la gráfica auxiliar. Para trazar QS podríamos hallar el ángulo que le corresponde mediante un corte transversal; pero es más rápido y sencillo determinar la proyección estereográfica de la vertical QT, que es paralela a P'Q', definiendo así la posición del punto Q. Por este punto debe pasar la proyección estereográfica de QS que dibujamos sobre la gráfica auxiliar. Podemos verificar este trazado determinando el punto S por el mismo procedimiento. Hacemos algo similar para la horizontal AB que de acuerdo a lo estudiado se proyectará, en nuestra gráfica auxiliar, según un arco de círculo que pase por F y G, siendo FG paralela a A'B'. Determinamos primero el punto A mediante la horizontal AM y la vertical AC. La proyección buscada deberá pasar por A, F y G. El resto del trazado no presenta dificultades, debiéndose tomar el diagrama solar que corresponda al sitio de referencia.

El ejemplo de la fig. 24-II presenta la dificultad de la proyección estereográfica de las líneas inclinadas del techo. Según lo que estudiamos en el caso de la recta AB hallamos su intersección con el plano horizontal que pasa por P; en la gráfica auxiliar tomamos FG paralela

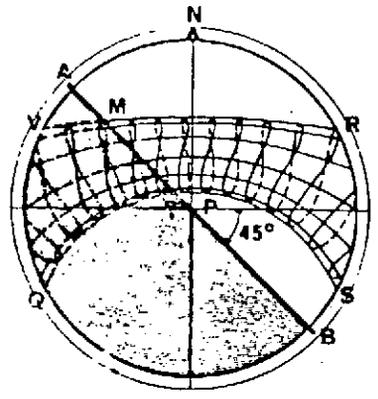


Fig. 21-II

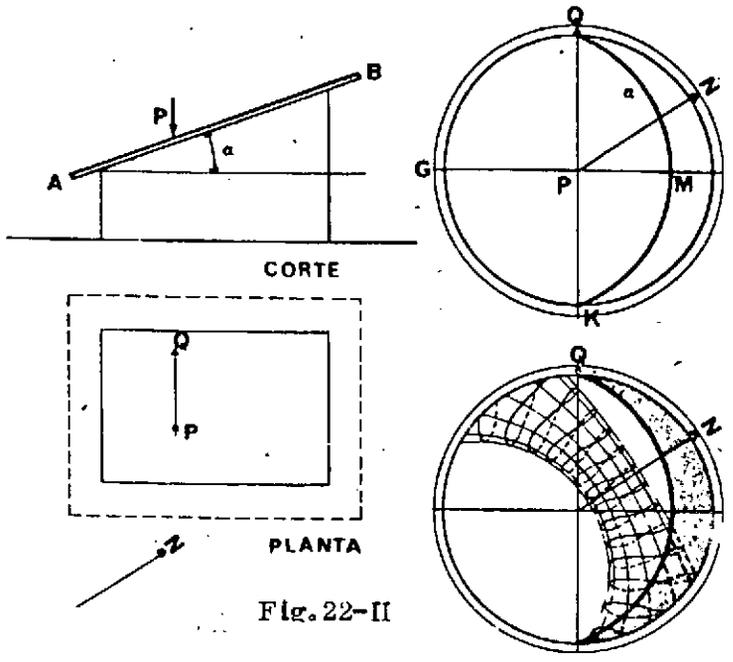


Fig. 22-II

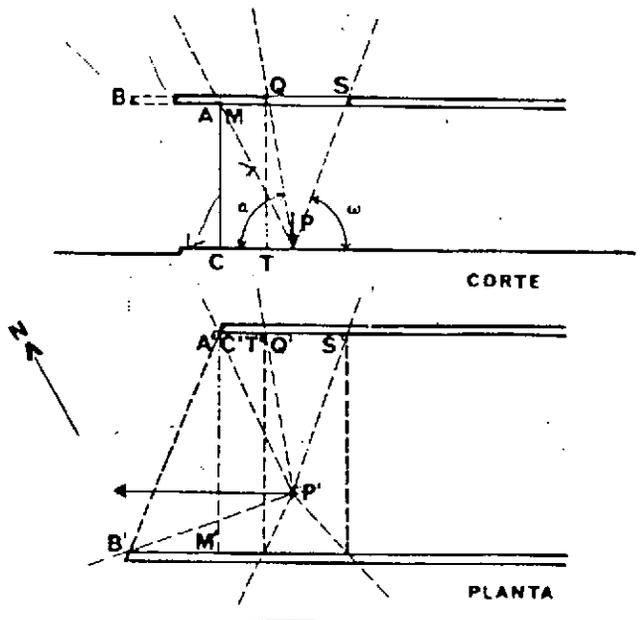


Fig. 23-II

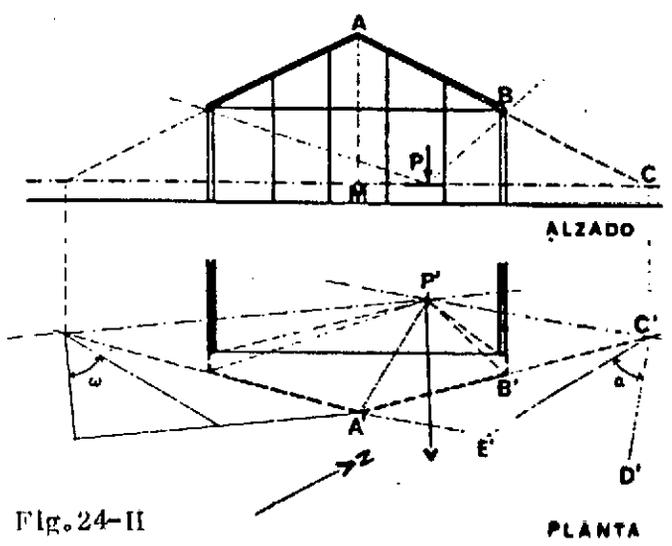
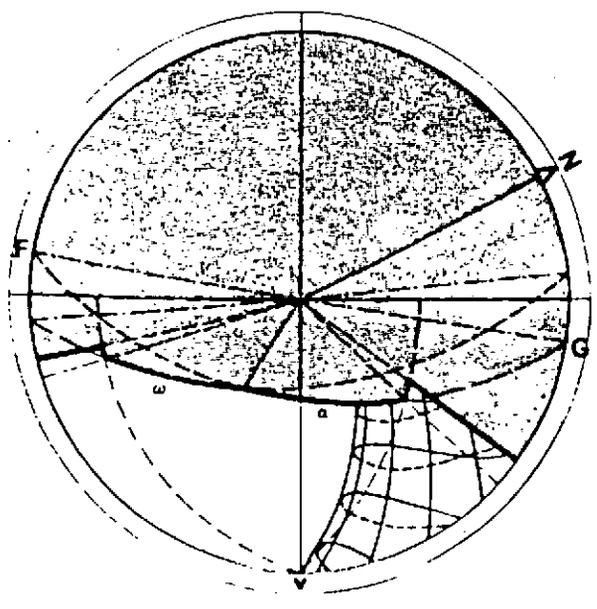
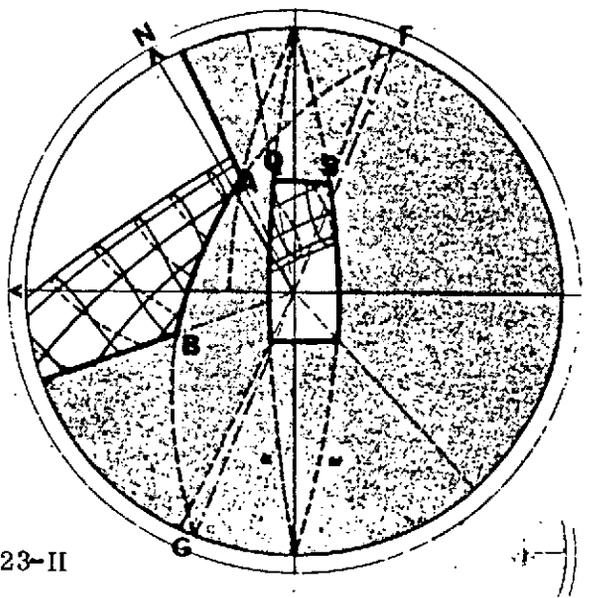


Fig. 24-II

a P'C', determinando así los puntos F y G por donde pasará la proyección estereográfica buscada. Debemos ahora hallar el ángulo que forma el plano determinado por la recta AB y el punto P con el horizontal. Según vimos, nos auxiliamos con un plano perpendicular a P'C' y efectuamos luego un rebatimiento. Estas operaciones se simplifican trazando C'D', perpendicular a P'C'; trazamos A'D', perpendicular a C'D'; tomamos D'E' = MA, obteniendo el ángulo α buscado. En la figura se puede seguir todo el proceso para hallar la contestación al problema planteado.

En el ejercicio de la fig. 25-II se evidencia la posibilidad de simplificar un trazado. En efecto : aquí es suficiente con medir los ángulos α y ω . Trazadas las proyecciones de esas líneas determinamos los puntos C, F y G mediante la intersección de las rectas anteriores con las correspondientes verticales. Por esos puntos deberán pasar las proyecciones de las líneas horizontales restantes. Este procedimiento indirecto puede introducir pequeños errores debido a imprecisiones en el dibujo. Cuando se tenga duda sobre la exactitud del trazado se comprobará con la proyección de otro punto.

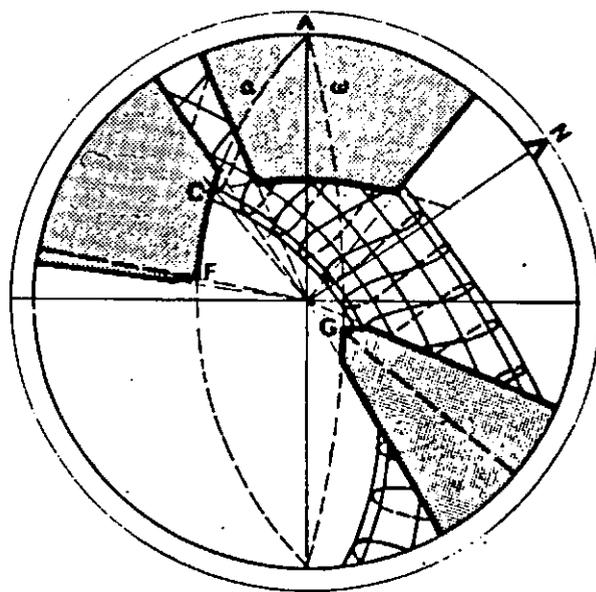
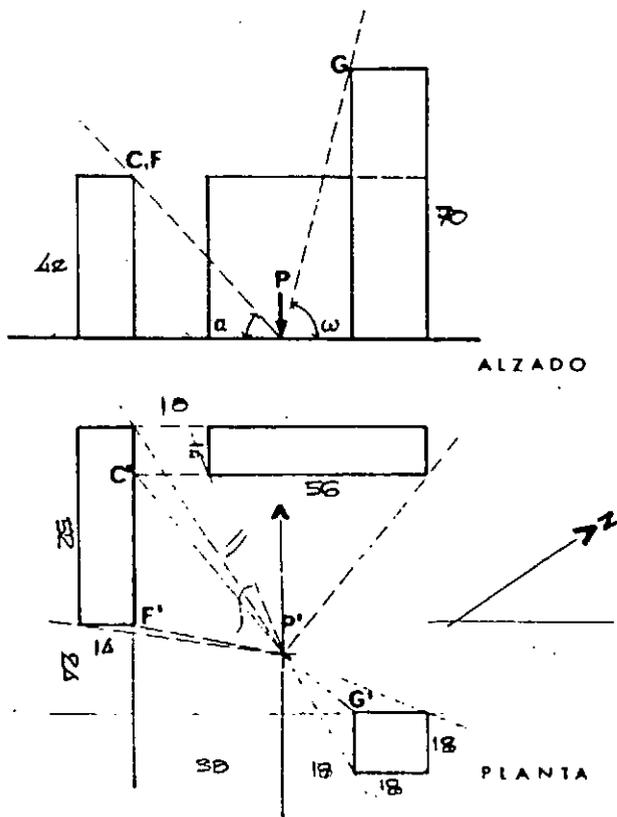


Fig. 25-II

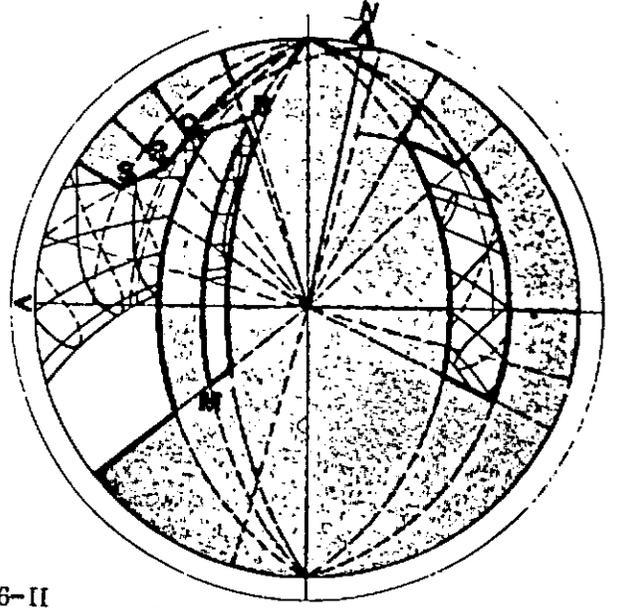
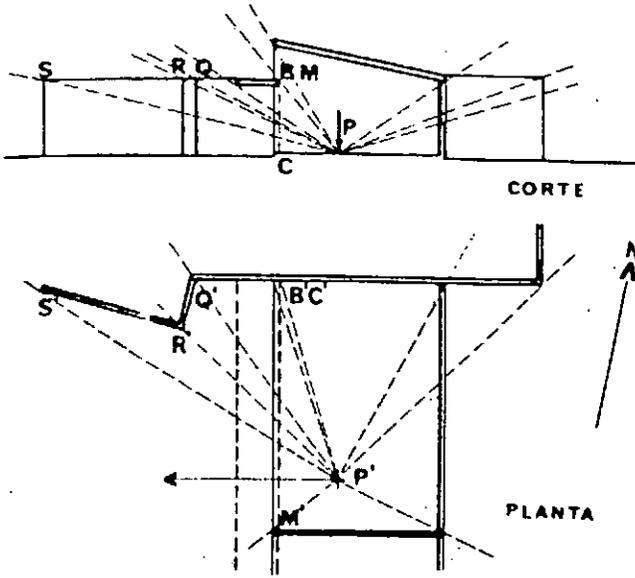


Fig. 26-II

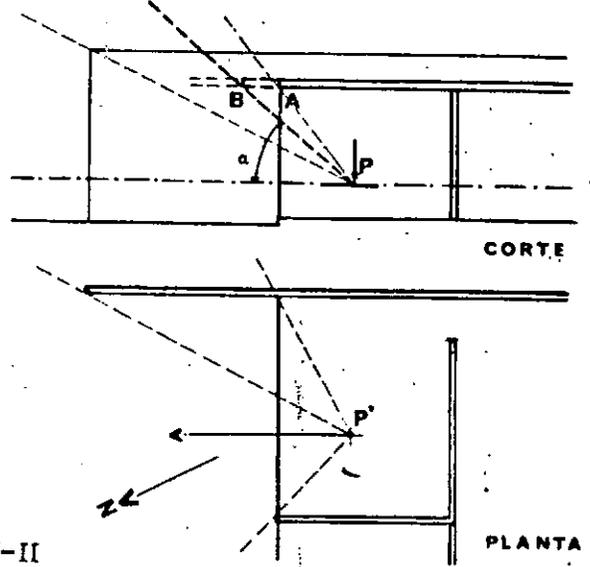
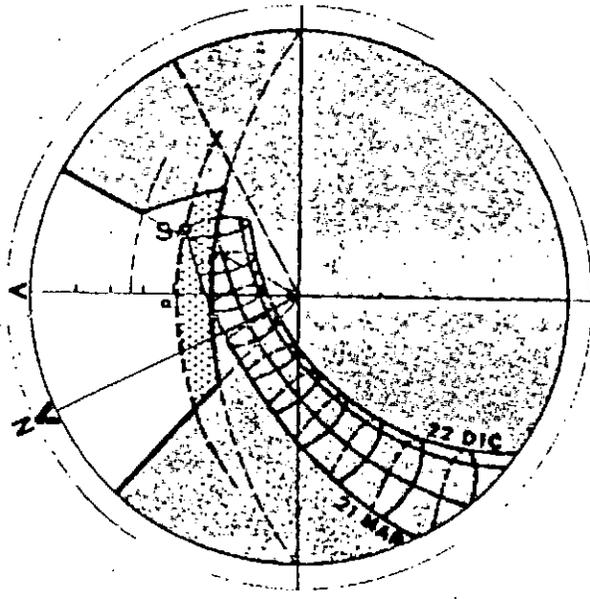


Fig. 27-II

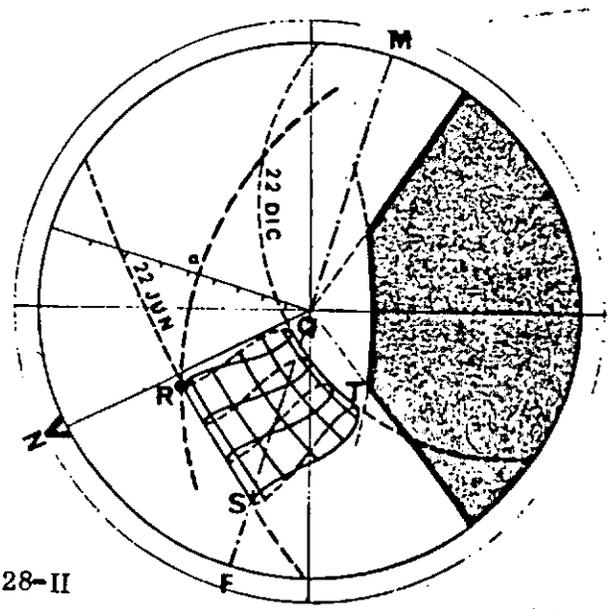
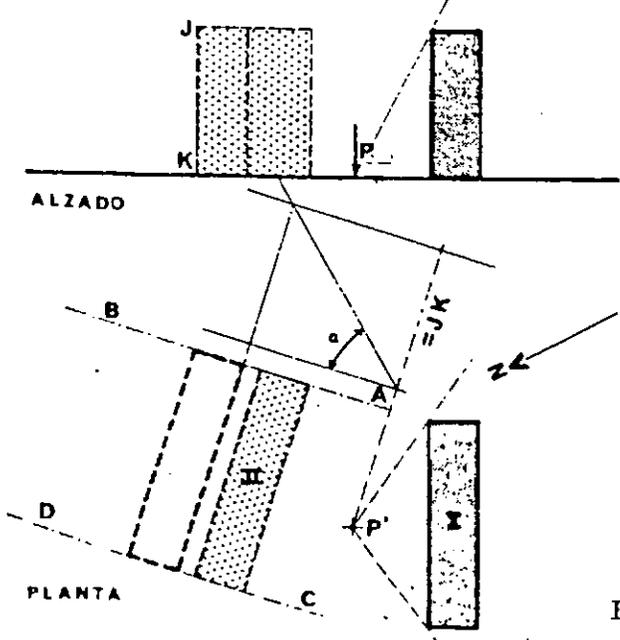


Fig. 28-II

En el ejercicio de la fig. 26-II se aplican los conocimientos ya utilizados. La línea BQ se traza determinando primero el punto B por la intersección de BM y BC. Un procedimiento similar se sigue con RQ. Se pide dimensionar el alero AB (fig. 27-II) de modo que el punto P no reciba los rayos directos del sol a partir de la hora legal 10 en el período comprendido entre el 23 de noviembre y el 21 de marzo.- Trazamos la proyección estereográfica de la ventana sin alero y de la obstrucción; ponemos la orientación N y dibujamos la parte del diagrama solar que debemos eliminar con el alero. Hallamos así el punto S como posición del sol que iluminará al punto P; trazamos la curva α por ese punto, transportando ese ángulo a nuestro dibujo definiendo la dimensión AB del alero.

En el ejercicio de la fig. 28-II se pide determinar la ubicación del volumen II, que puede ser desplazado a lo largo de AB y CD, de manera que el punto P reciba los rayos directos del sol entre las 13 y las 16 horas todos los días del año.

Proyectamos el volumen I, indicamos la orientación N y dibujamos el área QRST del diagrama solar correspondiente que debe estar libre de obstrucciones. Tomamos el eje MF, paralelo al volumen II y trazamos la curva α pasando por el extremo R. El ángulo correspondiente lo transportamos al dibujo, en la forma que se indica, definiendo así la posición buscada.

4.4.- Estudio de parasoles fijos.

Parasoles horizontales. Uno de los estudios que puede realizarse con estas proyecciones es el de determinar en qué momentos un sistema de control de la radiación solar compuesto por elementos fijos permite el paso de los rayos directos del sol.

Supongamos un parasol horizontal como el de la fig. 29-II. Nuestro problema no es ahora comprobar el asoleamiento de un punto sino precisar en qué momentos los rayos del sol pasan por la abertura AC, penetrando al local. Aparentemente, la solución consistiría en verificar el comportamiento de varios puntos de AC, aunque el problema es mucho más simple. Si hallamos la proyección estereográfica para los puntos B y C observamos que C es el punto que permite ver una mayor cantidad de cielo y, por consiguiente, más recorrido del sol. Por lo tanto, la proyección desde C permite dividir al diagrama solar en dos partes, como se muestra en la figura para el caso de un parasol orientado al NE; la zona sombreada señala los instantes en que los elementos del dispositivo detienen los rayos del sol, mientras que la restante indica los momentos en que pasan al interior del local. Debe observarse que sólo estamos determinando si la energía solar directa pasa por los elementos de protección, sin precisar si el fenómeno tiene poca o mucha entidad.

Parasoles verticales. Cuando tenemos parasoles verticales (fig.30-II) supuestos de longitud infinita, sin obstrucciones, se observa que no po

demo ya tomar un solo punto, el A o el B, desde que pueden haber momentos en que uno de ellos esté iluminado por el sol y el otro esté en la sombra. Lo que corresponde, en realidad, es construir y adicionar las proyecciones estereográficas para A y B. Para el punto A la parte de cielo vista sería PQR y para B, PQM. Cualquier otro punto que tomemos del espacio AB no agregaría ninguna nueva porción de cielo. Dibujada la orientación, superponemos la figura en el diagrama solar correspondiente obteniendo la contestación buscada.

Parasoles cruzados : En el caso de tener elementos horizontales y verticales simultáneamente la solución se obtiene mediante un razonamiento análogo, superponiendo los dos procedimientos anteriores.

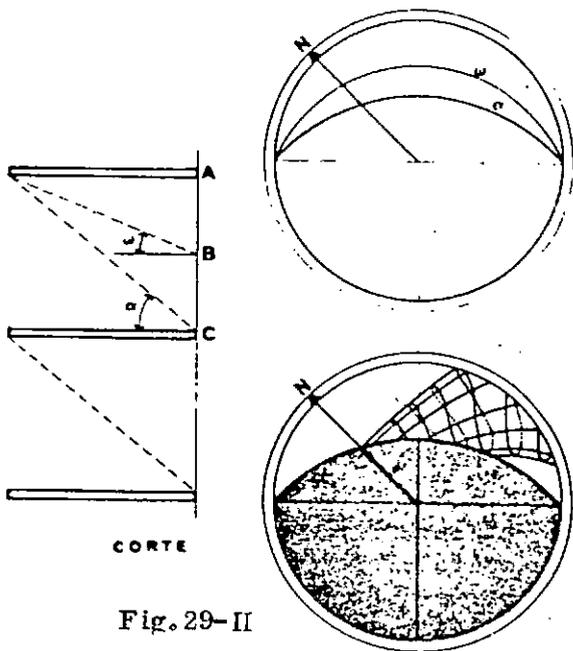


Fig. 29-II

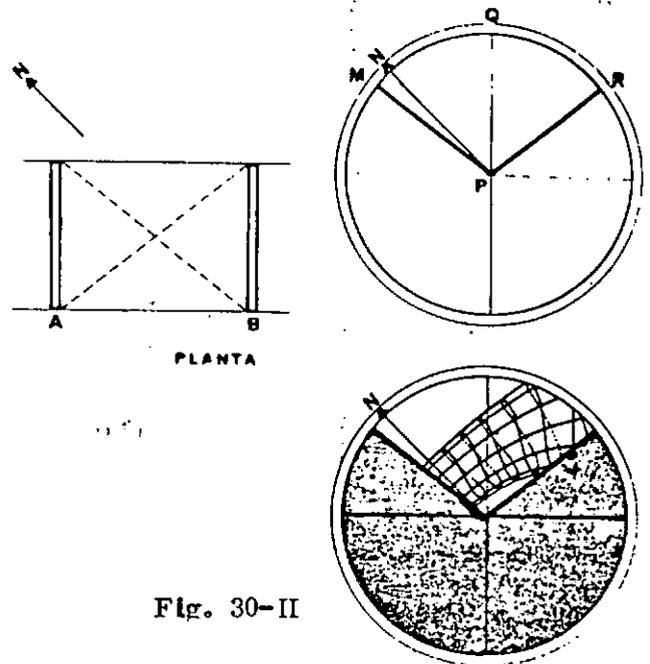
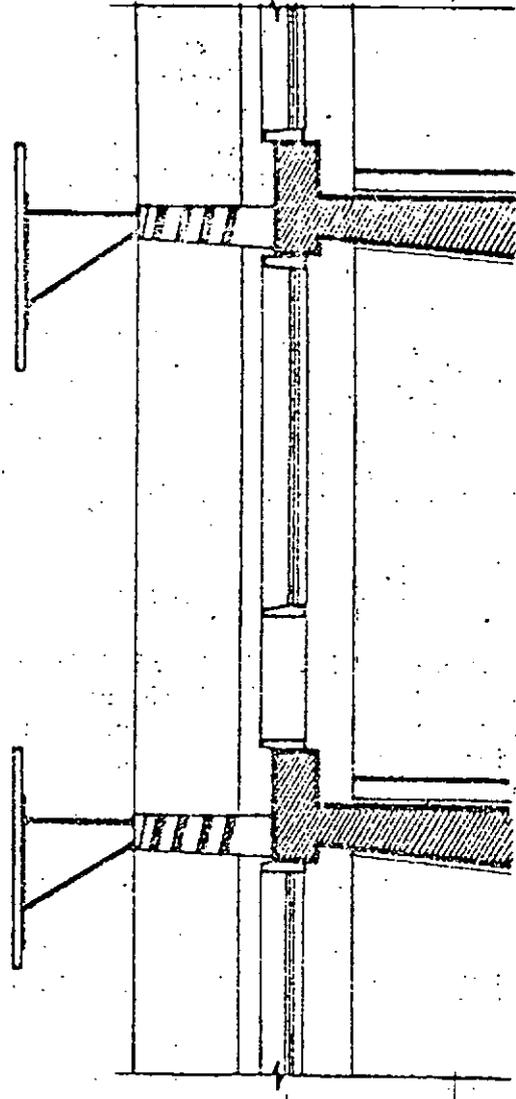
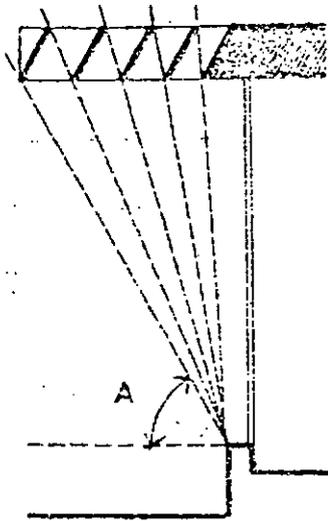


Fig. 30-II

Ejercitaciones : Determinar el control de la radiación solar directa de los siguientes parasoles ubicados en Salavina.

Diseño formado por varios elementos fijos.
Definir dimensiones y orientación.



4.5.- Los cálculos analíticos. Para realizar los cálculos analíticos es suficiente poder contar con una calculadora del tipo científica. Sin entrar al desarrollo detallado de las fórmulas, damos a continuación las más usadas.

- Altura solar

$$\text{Sen } h = \text{Sen } \varphi \cdot \text{Sen } \delta + \text{cos } \varphi \cdot \text{cos } \delta \cdot \text{cos } \omega$$

donde :

φ	=	latitud
δ	=	declinación
ω	=	Angulo Horario
h	=	altura Solar

Atención con los signos (positivos o negativos de c/valor).

- Acimut (γ)

$$\text{Sen } \gamma = - \frac{\text{Sen } \omega \cdot \cos \delta}{\cos h}$$

- Angulo de incidencia sobre un muro vertical.

$$\begin{aligned} \text{Cos } \theta &= \text{sen } \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \gamma - \cos \delta \cdot \text{sen } \varphi \cdot \\ &\cos \gamma \cdot \cos \omega - \cos \delta \cdot \text{sen } \gamma \cdot \text{sen } \omega \end{aligned}$$

donde : θ = Es el ángulo de incidencia del plano que contiene a los rayos solares con respecto al plano vertical.

Ejercicios

Determinar altura solar y acimut del sol el día 20 de abril a las 11 y 30 hs. (hora legal) en Campo Gallo.

MODULO 3

NOTA : Para trabajar con este Módulo deberá adjuntarse la Norma IRAM Nº 11601-74/77.

TRANSFERENCIA Y CONSERVACION DE LA ENERGIA EN RELACION CON LA ARQUITECTURA.

1. Principios básicos de la transferencia del calor.

1.1. Temperatura : La temperatura no es realmente una magnitud física, pero se puede considerar como un síntoma - como la apariencia externa del estado térmico de un cuerpo -. Si se comunica energía a un cuerpo, aumenta el movimiento molecular dentro del cuerpo y se pone más caliente. Si este movimiento molecular se extiende a otros cuerpos (por ejemplo, al aire) su intensidad dentro del cuerpo disminuye y éste se enfría. La temperatura se mide con la escala Celsius. Esta escala se construye tomando los puntos de congelación y ebullición del agua (a la presión atmosférica normal) como puntos fijos y dividiendo el intervalo en 100 grados.

Cualquier posición sobre esta escala, es decir la temperatura de un objeto se anota °C, pero un intervalo o diferencia de temperaturas se representa en grados C°.

Así si la temperatura interior es	22°C
y la exterior	40°C
la diferencia de temperatura es	<u>18 grados C</u>

o si la máxima diurna es	36°C
y la mínima nocturna	12°C
la variación diaria	<u>24 grados C</u>

En los trabajos científicos se suele utilizar la escala Kelvin, en la que el intervalo de temperatura es igual al de la escala Celsius, pero el punto de partida -el cero- es el "cero absoluto" que vale - 273,15°C.

Así N grados C = N grados K
pero N °C = N + 273,15° K

1.2.- Calor : El calor es una forma de energía que aparece como movimiento molecular en las sustancias o como "calor radiante" (una banda de longitudes de onda de radiación electromagnética en el espacio (700 a 10.000 nm). Como tal se mide en unidades de energía :

El joule se deriva de tres unidades fundamentales :

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

y de un modo lógico y coherente como sigue :

siendo :

a : velocidad - un movimiento de longitud unidad en la unidad de tiempo
metros por segundo m / s

b : aceleración - variación unidad en la velocidad por unidad de tiempo,

$\frac{m/s}{s} = \text{metro por segundo cuadrado} : \quad m/s^2$

c : fuerza - la que puede producir la aceleración unidad en un cuerpo que tenga una masa unidad $m/2 \times kg = kg \text{ m/s}^2$. Esta unidad recibe el nombre especial de "Newton" : N

Adviértase que como la aceleración de la gravedad es de $9,8 \text{ m/s}^2$, la fuerza gravitatoria que actúa sobre 1 kg de masa, es decir el "peso" de 1 kg o 1 kgf (kilogramo-fuerza), es 9,8 N. Sería aconsejable suprimir por completo la palabra "peso" del vocabulario (y hablar de masa o fuerza) porque así no se confundirían las unidades de masa kg o lb con las unidades de fuerza kgf o lbf. El peso es, en realidad, la fuerza que ejerce la aceleración gravitatoria sobre una masa unidad.

d trabajo - se realiza el trabajo unidad cuando una fuerza unidad actúa en una unidad de longitud (es decir, si se da a un cuerpo de 1 kg. masa una velocidad de 1 m/s en un segundo, con movimiento de 1 m) así la unidad de trabajo es $N \times m = kg \text{ m/s}^2 \times m = kg \text{ m}^2/\text{s}^2$ y esta unidad recibe el nombre especial de : Joule J

e energía - es el potencial o capacidad para realizar cierto trabajo, y por eso se mide en la misma unidad de trabajo : Joule J

Previamente a su aceptación universal y científica se utilizaron unidades especiales para la medida del calor, incluso cuando el joule se utilizaba para medir otras clases de energía.

La British Thermal Unit (Btu) se define como la cantidad de calor necesaria para elevar 1 grado F la temperatura de 1 lb de agua.

La kilocaloría se define como la cantidad de calor necesaria para elevar 1 grado C la temperatura de 1 kg de agua.

Ahora han quedado ambas anticuadas. Se puede convertir utilizando los siguientes factores de conversión :

$$1 \text{ Btu} = 1055,06 \text{ J}$$

$$1 \text{ kcal} = 4186,8 \text{ J}$$

1.3.- Calor Específico - Calor latente - Capacidad Calorífica y Potencia Calorífica: Antes de continuar conviene definir otras magnitudes térmicas, a las cuales se hace referencia en las siguientes secciones :

El calor específico de una sustancia es la cantidad de energía calorífica necesaria para incrementar en una unidad de temperatura la masa unidad de la sustancia. Se mide en : $J/kg \text{ grado } C$

Cuanto más elevado es el calor específico de una sustancia más calor absorberá para un incremento dado de temperatura. El agua, entre todas las sustancias comunes, es la que tiene el calor específico más elevado: $4187 J/kg \text{ grado } C$.

Para los gases el calor específico volumétrico se expresa en :

$J/m^3 \text{ grado } C$

El calor específico volumétrico del aire es de unos $1300 J/m^3 \text{ grado } C$ (varía con la presión y la humedad).

El calor latente de una sustancia es la cantidad de energía calorífica absorbida por unidad de masa de la sustancia durante un cambio de estado (de sólido a líquido o líquido a gas) sin que haya cambio de temperatura. Se mide en :

J/kg

Para el agua el calor latente es :

de fusión (hielo a $0^{\circ} C$ a agua a $0^{\circ} C$)	335 kJ/kg
de evaporación a $100^{\circ} C$	2261 kJ/kg
(de evaporación a unos $20^{\circ} C$)	2400 kJ/kg

Durante los cambios de estado en sentido inverso se desprende la misma cantidad de calor.

La capacidad calorífica de un cuerpo es el producto de su masa por el calor específico de su materia. Se mide como la cantidad de calor necesaria para producir en el cuerpo el incremento de una unidad de temperatura, en unidades $J/\text{grado } C$

La potencia calorífica es la cantidad de calor desprendido por unidad de masa de un combustible o un alimento en su combustión completa y se mide en

J/kg

La potencia calorífica por volumen se mide en

J/m^3

1.4.- Flujo calorífico : La energía calorífica tiende a distribuirse hasta conseguir formar un campo térmico uniforme perfectamente difundido. Tiende a fluir de las zonas de temperatura alta a las de temperatura baja, por alguno o por todos los sistemas siguientes :

conducción

convección

radiación

La "fuerza motriz" del flujo calorífico de cualquiera de estas formas es la diferencia de temperatura entre las dos zonas o áreas consideradas.- Cuanto mayor es la diferencia de temperatura más rápido es el flujo calorífico.

En los párrafos siguientes se hace un bosquejo de los principios físicos y de las magnitudes implicadas.

1.5.- Tasa de flujo calorífico. Potencia : La potencia es la capacidad para llevar a cabo cierto trabajo en la unidad de tiempo : se mide en joules por segundo, J/s, y recibe el nombre especial de "watio" : W

Si se realiza el trabajo unidad en el tiempo unidad o se consume la unidad de energía en la unidad de tiempo, tenemos la potencia unidad.

Por eso si pensamos en la potencia como la tasa de consumo energético se observará que se puede utilizar la misma unidad para medir la tasa de flujo energético. Este flujo energético puede ser el flujo de calor a través de una pared; el calor desprendido de una planta de refrigeración, el flujo de calor radiante de un radiador eléctrico, el flujo de electricidad a través de una lámpara, la energía sónica (acústica) emitida por un altavoz, la energía rotatoria (mecánica) de un motor eléctrico o incluso de un motor de automovil. En todos estos casos la energía fluye o se consume, y es la tasa de este flujo la que medimos en watios.

El watio tiene las mismas dimensiones físicas que el Btu/h, la kcal/h, el ergio/s o el caballo de vapor (hp). Para convertir antiguas unidades en watios se deben utilizar los siguientes factores de conversión :

- 1 hp (británico) = 745,7 W
- 1 CV (métrico) = 735,5 W
- 1 Btu/h = 0,293 W
- 1 kcal/h = 1,163 W
- 1 erg/s = 0,0000001 W (10^{-7} W)
- 1 ton de refrigeración = 3516 W (aproximadamente 3,5 kW)

El elemento común de todas estas unidades es que todas son unidades de energía por unidad de tiempo, que puede ser un segundo, una hora o un día, como en el último caso. (Un ton de refrigeración es la potencia refrigerante de 1 ton (ton pequeña Americana de 2000 lb) de hielo fundente durante 24 horas. Como 1 lb de hielo requiere 144 Btu de calor para pasar a agua a la misma temperatura :

$$1 \text{ ton de refrigeración} = \frac{2000 \times 144}{24} = 12000 \text{ Btu/h} = 12000 \times 0,293 \text{ W} = 3516 \text{ W}.$$

En la práctica se utiliza con mayor frecuencia el múltiplo del watio, "el kilovatio", que se representa kW (1 kW = 1000 W).

- 1.6.- Densidad de la tasa del flujo calorífico : Cuando hay que medir la tasa total del flujo calorífico con una unidad identificable (por ejemplo, la pérdida de calor de un edificio, la salida de una caldera, la radiación a través de una ventana o el calor desprendido de una planta de refrigeración), la unidad que se utiliza es el W o el kW.

Sin embargo, en muchos casos no existe un área definida a través de la cual pueda considerarse el flujo calorífico, por ejemplo, la radiación solar o el flujo calorífico a través de una pared de tamaño inespecífico.

En tales casos se puede medir la tasa de flujo calorífico en relación con la unidad de área, es decir la densidad de esa tasa de flujo calorífico - (por analogía : densidad de población, habitantes por unidad de área). La unidad de medida es el watio por metro cuadrado : W/m^2 .

(A menudo se utiliza la palabra intensidad como sinónima de densidad, por lo que la intensidad de un sonido o la intensidad de radiación solar se mide en W/m^2).

- 1.7.- Conductividad : En la conducción a través de un cuerpo o a través de cuerpos en contacto directo, la propagación del movimiento molecular constituye el flujo calorífico. La velocidad a la cual se propaga tal movimiento molecular varía con el material y se describe como una propiedad del material - su conductividad térmica (k). Se mide como la tasa de flujo calorífico (flujo de energía por unidad del material, cuando existe una unidad de diferencia de temperatura entre ambos lados. La unidad de medida sería así $W \times m/m^2$ grado C, que se simplifica a W/m grado C. Su valor varía entre 0,03 W/m grado C para materiales aislantes y por encima de 400 W/m grados C para los metales. Cuanto más baja es la conductividad, mejor aislante es el material.

La resistividad es el recíproco de esa magnitud ($1/k$) medida en :
 $m \text{ grad C/W}$

Los mejores aislantes tendrán los valores de resistividad altos.

Para ver valores de conductividad y resistividad de diversos materiales adoptamos las de la norma IRAM 11.601.

- 1.8.- Importancia de la densidad : Debe advertirse que con frecuencia se toma la densidad como indicador de la conductividad; los materiales de mayor densidad tienen normalmente una conductividad más alta, pero no existe relación directa o causal entre las dos magnitudes. La relación aparente se debe al hecho de que el aire tiene una conductividad muy baja y como los materiales ligeros suelen ser porosos, y, en consecuencia, contienen más aire, su conductividad suele ser baja. Sin embargo, existen muchas excepciones, por ejemplo :

	densidad kg/m ³	conductividad W/m grado C
Ebonita dilatada	64	0,029
Manta de lana de vidrio	24	0,042
Hormigón alveolar de escorias	1280	0,338
Cemento arcilloso expandido	1200	0,460
Acero	7800	58
Aluminio	2700	220

De los tres pares, el segundo elemento es más ligero, pero tiene una conductividad más alta.

La relación es cierta para materiales de la misma clase, pero de densidades variables o para el mismo material con diferentes densidades debido a variaciones en el contenido de humedad.

El agua tiene una conductividad de 0,580 W/m grado C
mientras que el aire sólo tiene 0,026 W/m grado C

Por consiguiente, si se sustituye el aire en los poros de un material por agua, su conductividad aumenta rápidamente. Los ensayos realizados con una placa de abesto dieron los siguientes resultados (ver. ref. 2).

	densidad kg/m ³	conductividad W/m grado C
Seco	136	0,051
Mojado	272	0,144
Empapado	400	0,203

Cuanto más poroso es un material, mayor será el incremento de conductividad con el contenido de humedad.

- 1.9.- Conductancia : Si bien la conductividad y resistividad son propiedades de un material, las correspondientes propiedades de un cuerpo de un espesor dado se conocen por conductancia (C) o su recíproco, resistencia (R) : $C = \frac{1}{R}$

Conductancia es la tasa de flujo calorífico a través de la unidad de área del cuerpo (es decir, la densidad de la tasa del flujo calorífico) cuando la diferencia de temperaturas entre las dos superficies es de 1 grado C.

La unidad de medida es :
y la resistencia se mide en :

W/m² grado C
m²/grado C/W

La resistencia de un cuerpo es el producto de su espesor por la resistividad del material :

$$R = b \times \frac{1}{k} = \frac{b}{k}$$

donde b es el espesor en metros (dimensión : m x m grado C/W = m² grado C/W).

- 1.10.- Cuerpo de varias capas : Si un cuerpo consta de varias capas de materiales distintos, su resistencia total será la suma de las resistencias individuales de las capas. La conductancia de un cuerpo de varias capas (C_b) se calcula hallando su resistencia total R_b y tomando su recíproco :

$$R_b = R_1 + R_2 + R_3 \dots = \frac{b_1}{k_1} + \frac{b_2}{k_2} + \frac{b_3}{k_3} \dots$$

$$= \sum \frac{b}{k}$$

$$C = \frac{1}{R} = \frac{1}{\sum b/k}$$

Adviértase que las conductancias no son aditivas, sólo lo son las resistencias.

- 1.11.- Conductancia superficial : Además de la resistencia de un cuerpo al flujo calorífico, se ofrece otra resistencia en la superficie del cuerpo, donde una delgada película de aire separa el cuerpo del aire del entorno. Recibe el nombre de resistencia superficial y vale $1/f$ (m² grado C/W) siendo f la conductancia superficial (W/m² grado C).

La conductancia superficial comprende las componentes convectiva y radiante del intercambio calorífico en las superficies.

En los párrafos anteriores se consideró el flujo calorífico desde una superficie del cuerpo a otra superficie (por eso se tomó la diferencia de temperaturas entre las dos superficies). La conductancia se definió en esos términos. Si se considera el flujo calorífico desde el aire de una parte, a través del cuerpo, al aire de la otra parte, habrá que tener en cuenta ambas resistencias superficiales.

La resistencia total aire a aire (R) es la suma de las resistencias del cuerpo y las resistencias superficiales :

$$R_a = \frac{1}{f_i} + R_b + \frac{1}{f_o}$$

donde $1/f_i$ = resistencia superficial interna
 R_b = resistencia del cuerpo
 $1/f_o$ = resistencia superficial externa
 (todas las resistencias en m^2 grado C/W).

La conductancia superficial (f) es función de la calidad superficial y de la velocidad del aire que pasa por la superficie. También en este caso adoptamos los de la Norma IRAM 11.601.

1.12.- Transmitancia: El recíproco de la resistencia aire a aire es la transmitancia aire a aire, que se representa por U:

$$U = \frac{1}{R_a}$$

Su unidad de medida es igual que la de la conductancia -W/m² grado C- con la única diferencia de que habrá que considerar la diferencia de temperatura del aire (y no la diferencia de temperatura superficial).

En esta la magnitud más utilizada en los problemas de pérdida y ganancia de calor en los edificios, ya que su empleo simplifica grandemente los cálculos.

1.13.- Cámaras: Si dentro de un cuerpo existe un espacio de aire, o cámara, a través del cual se considera la transferencia de calor, eso supondrá otra barrera al paso del calor. Se denomina resistencia de la cámara (R_c) y se puede sumar a las otras resistencias descritas anteriormente. Como máximo el valor de R_c de una cámara vacía puede ser la suma de una resistencia superficial interna y otra externa (0,176 m² grado C/W). pero a menudo suele ser inferior si la cámara es más estrecha de 50 mm o si se desarrollan dentro de la cámara fuertes corrientes de convección. Su valor puede mejorar significativamente colgando libremente una hoja de aluminio dentro de la cámara. La función de esta hoja se explicará al estudiar los efectos de la radiación.

1.14.- Convección: Por convección el calor se transmite mediante el movimiento corpuscular de un medio portador, normalmente un gas o un líquido.- Este movimiento puede ser autogenerado, es decir debido solo a fuerzas térmicas (las diferencias de temperatura y, en consecuencia, las diferentes densidades dan lugar a corrientes de convección, como en la generación de vientos) o puede ser propulsado mediante una fuerza aplicada.-

La tasa de transferencia calorífica por convección depende de tres factores :

- 1 - diferencia de temperaturas (diferencia en el medio entre los puntos más caliente y más frío).
 - 2 - velocidad de movimiento del medio portador en función de kg/s o m³/s
 - 3 - calor específico del medio portador en J/kg grado C o J/m³ grado C.
- Estas magnitudes se utilizarán en los cálculos de pérdida de calor por ventilación o refrigeración. (El flujo calorífico de convección de un cuerpo, a través de un medio, hacia otro cuerpo, se expresa con una ecuación muy compleja que no es necesaria para nuestro propósito).

1.15.- Radiación - Absorbancia - Emitancia - Reflectancia : En la transferencia calorífica por radiación, el flujo de calor depende de las temperaturas de las superficies emisora y receptora y de ciertas calidades de estas superficies : la emitancia y la absorbancia.

La radiación que llega a una superficie puede ser parcialmente absorbida y parcialmente reflejada : la proporción de estas dos componentes se expresa mediante los coeficientes de absorbancia (a) y reflectancia (r). La suma de los dos coeficientes es siempre la unidad :

$$a + r = 1$$

Las superficies claras, lisas y brillantes suelen tener reflectancia elevada. La superficie blanca teórica de perfecta reflectividad tiene : $r = 1$, $a = 0$.

El absorbente perfecto, el teórico "cuerpo negro", tiene los coeficientes :

$$r = 0, a = 1.$$

El coeficiente emitancia (e) expresa la cantidad de calor disponible que será emitido (en relación con el "cuerpo negro", para el cual $e = 1$). Su valor es el mismo de la absorbancia en la mayoría de los casos.

$$a = e.$$

para la misma longitud de onda de radiación, pero pueden ser distintos si se trata de longitudes de onda diferentes. La longitud de onda de la radiación emitida depende de la temperatura del emisor. El sol, cuya superficie está a unos 5600°C, emite radiación infrarroja de onda corta (y a longitudes de onda más cortas, luz y radiación ultravioleta), pero los objetos a temperatura terrestre (0 a 50°C) emiten sólo radiación infrarroja de onda larga. Así la absorbancia para la radiación solar no será igual a la emitancia a temperaturas terrestres, por ejemplo :

	a (solar)	e (terrestre)
Superficie pintada de blanco	0,1 - 0,3	0,8 - 0,9
Metales brillantes	0,1 - 0,3	0,05 - 0,2

El significado práctico de esto es que si ambas superficies están expuestas a la radiación solar, ambas reflejarán y absorberán la misma cantidad de calor, pero la superficie pintada de blanco reemitirá gran parte del calor absorbido, mientras la superficie metálica brillante, no. Por consiguiente, esta última alcanzará mayor temperatura.

Se utilizan con éxitos hojas metálicas brillantes para aislar en situaciones donde el calor se transmite principalmente por radiación. Una hoja libre en una cámara reflejará la mayor parte del calor radiante incidente, pero si absorbe algo, poco de lo absorbido reirradiará.

1.16.- Medida de la radiación : Se puede medir instrumentalmente la radiación incidente sobre una superficie plana y su intensidad vendrá en W/m². Si las fuentes son muchas, dan lugar a un diagrama complejo por interreflexión y el estudio de tal situación sería largo y engorroso. Esta situación se puede describir en función de la temperatura radiante media (TRM) o de las lecturas del termómetro de esfera.

1.17.- Temperatura sol-aire : Con fines de diseño de edificios resulta útil combinar el efecto calorífico de la radiación incidente sobre un edificio con el efecto del aire caliente. Esto se puede conseguir utilizando el concepto de temperatura sol-aire. Se halla un valor de la temperatura que produciría el mismo efecto térmico que la radiación incidente en cuestión y este valor se añade a la temperatura del aire :

$$T_s = T_o + \frac{I \times a}{f_o}$$

donde T_s = temperatura sol-aire, en °C

T_o = temperatura del aire exterior, en °C

I = intensidad de la radiación, en W/m²

a = absorbancia de la superficie

f_o = conductancia superficial (exterior), W/m² grado C.

El concepto de conductancia superficial ya se ha explicado en 1.11. Sin embargo, es necesario señalar que mientras en un clima frío un valor más pequeño de f_o , contribuiría a reducir la pérdida de calor, en un clima cálido (con una situación de ganancia calorífica solar) conviene un valor mayor de f_o para reducir el sobrecalentamiento solar. La razón es

que la radiación incidente aumenta la temperatura superficial por encima de la temperatura del aire, por lo que parte de calor se disipa al aire externo inmediatamente. Cuanto mayor es el valor de f_0 más calor se disipará antes de que pueda transmitirse por conducción a través del material de la pared.

1.18.- Factor de ganancia solar : Podría resultar útil considerar el efecto combinado de las superficies reflectantes y el aislamiento térmico. Para reducir la ganancia calorífica solar, una superficie oscura de gran absorción con buen aislamiento puede ser tan eficaz como una más reflectante, pero menos aislada. (Naturalmente, una superficie bien aislada y muy reflectante resultará mejor que ambas).

De la ecuación de temperatura sol-aire anterior, el equivalente de temperatura de la ganancia de radiación (el "exceso sol-aire") es :

$$T_s - T_o = \frac{I \times a}{f_0}$$

Así el flujo calorífico extra (q) por unidad de área (causado por la radiación) es :

$$q = \frac{I \times a}{f_0} \times U \text{ (en W/m}^2\text{)}$$

De aquí el "factor de ganancia solar", es :

$$\frac{q}{I} = \frac{a \times U}{f_0} \quad \frac{\text{(W/m}^2\text{)}}{\text{(W/m}^2\text{)}} = \text{sin dimensiones}$$

Este factor de ganancia solar se define como el flujo calorífico a través de la construcción debido a la radiación solar expresado como fracción de la radiación solar incidente. Como este valor puede estar relacionado con el aumento de la temperatura superficial interna, se puede establecer un requisito de acción basado en la experiencia en función de este factor de ganancia solar.

Su valor no debe exceder de 0,04 en los climas templado-húmedos, o de 0,03 en la estación cálido-seca de los climas compuestos, cuando la ventilación es reducida.

Es razonable suponer un valor constante para la conductancia superficial externa tal como $f_0 = 20 \text{ W/m}^2 \text{ grado C}$, porque así podemos establecer valores indicadores para el producto $a \times U$:

	factor de ganancia solar	$a \times U$
Para climas templado-humedo	0,04	0,8
Estación cálido-seca (climas compuestos)	0,03	0,6

2.- Comportamiento térmico de los edificios.

2.1.- Procesos de intercambio de calor.

En el Modulo I (parte 3) el cuerpo humano se consideró como una unidad definida y se analizaron los procesos de su intercambio calorífico con el ambiente. Análogamente se considera el edificio como una unidad definida y se pueden examinar los procesos de su intercambio calorífico con el ambiente exterior (véase figura 1-III).

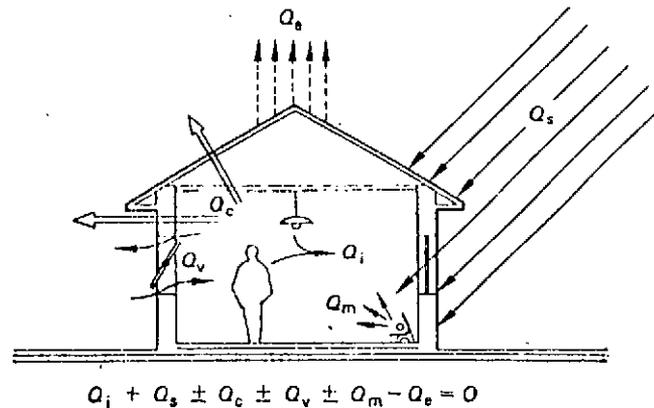


Fig. 1 - III - Intercambio calorífico de un edificio.

a - Se produce conducción de calor a través de las paredes hacia dentro o hacia afuera, cuya medida se representará por Q_c (las componentes convectiva y radiante en la transferencia del mismo calor a las superficies están incluidas en el término; transmitancia).

b - Los efectos de la radiación solar sobre superficies opacas se pueden incluir en el apartado anterior utilizando el concepto de temperatura solar, pero si es a través de superficies transparentes (ventanas) la ganancia de calor solar debe considerarse por separado. Se representa por Q_s .

c - El intercambio de calor en ambos sentidos se produce con el movimiento del aire, es decir con la ventilación y su medida se representa por Q_v .

d - Ganancia interna de calor puede producirse por emisión calorífica del cuerpo humano, lámparas, motores y mecanismos. Se puede representar por Q_i .

e - Puede producirse deliberadamente un aporte o eliminación de calor

(calentamiento o enfriamiento), utilizando alguna fuente externa de energía. El flujo calorífico de estos controles mecánicos se representa por Q_m .

f - Finalmente, se produce evaporación en las superficies del edificio (por ejemplo, en el tejado) o dentro de él (sudor humano o agua de una fuente) y se elimina el vapor, se producirá un efecto de enfriamiento, que se representará por Q_e .

El balance térmico, es decir la condición térmica existente se manifiesta así:

$$Q_i + Q_s \pm Q_c \pm Q_v \pm Q_m - Q_e = 0$$

Si la suma de esta ecuación es menor que cero (negativa), el edificio se enfriará y si es mayor que cero, la temperatura del edificio aumentará. Estos factores se examinan en los párrafos siguientes.

2.2.- Conducción: La medida de flujo calorífico por conducción a través de una pared de área dada se puede expresar mediante la ecuación:

$$Q_c = A \times U \times \Delta T$$

donde: Q_c = medida de flujo calorífico por conducción, en W
 A = área, en m².
 U = transmitancia, en W/m² grado C
 ΔT = diferencia de temperaturas.

Para un edificio rodeado por varios elementos y con diferencias de temperaturas que varían de lado a lado, la ecuación anterior se resuelve para cada elemento y se suman los resultados.

Si se considera la pérdida de calor de un edificio:

$$\Delta T = T_i - T_o$$

Si se calcula la ganancia de calor en edificios con aire acondicionado:

$$\Delta T = T_o - T_i$$

y, por último, si una superficie está también expuesta a la radiación solar:

$$T = T_s - T_i$$

en donde T_i = temperatura del aire interior.

- 2.3.- Convección: El flujo calorífico por convección entre el interior de un edificio y el aire libre, depende de la ventilación, es decir del intercambio de aire. Este intercambio puede deberse a una infiltración de aire involuntario o a una ventilación deliberada. La ventilación se expresa en m³/s. La medida del flujo térmico de ventilación se realiza mediante la ecuación:

$$Q_v = 1\ 300 \times V \times \Delta T$$

donde: Q_v = medida del flujo calorífico de ventilación, en W
 1 300 = calor específico volumétrico del aire, J/m³ grado C
 V = ventilación, en m³/s
 ΔT = diferencia de temperatura, grados C

Si se da el número de renovaciones de aire por hora (N) la ventilación se halla por:

$$V = \frac{N \times \text{volumen de la habitación}}{3\ 600}$$

(3 600 es el número de segundos de 1 hora).

- 2.4.- Radiación a través de ventanas: Si se conoce la intensidad de la radiación solar (I) que incide sobre el plano de la ventana - expresada como densidad de flujo energético (W/m²) - sólo habrá que multiplicarla por el área del hueco (m²) para obtener el flujo calorífico en vatios. Esto daría el flujo calorífico a través de una abertura sin cristal. Para ventanas con cristales se reduce este valor por medio de un factor de ganancia solar (θ) que depende de la calidad del cristal y del ángulo de incidencia. Por consiguiente, la ecuación del flujo calorífico solar queda establecida:

$$Q_s = A \times I \times \theta$$

donde A = área de la ventana, en m².
 I = densidad del flujo calorífico de radiación, en W/m²
 θ = factor de ganancia solar del cristal de la ventana.

- 2.5.- Ganancia interna de calor: El desprendimiento de calor de un cuerpo - (dentro de un edificio) es un aporte de calor para el edificio. En consecuencia, debe seleccionarse la adecuada tasa de calor desprendido y multiplicarse por el número de ocupantes. El resultado en vatios será un componente significativo de Q_i ..

La cantidad total de emisión de energía de las lámparas eléctricas debe considerarse como un aporte interno de calor. La mayor parte de esta energía se emite en forma de calor (95% para las lámparas incandescentes y 79% para las fluorescentes) y la parte emitida como luz, cuando incide en las superficies, se convertirá en calor. En consecuencia, hay que añadir la potencia total en vatios de todas las lámparas del edificio (cuando están encendidas) a la Q_i

Si en el mismo espacio hay un motor eléctrico y una máquina por él movida (actuando), hay que tomar como Q_i la potencia total en vatios del motor. (Si se reconoce la potencia en CV del motor, su potencia en vatios se halla : $W = 736 \times CV$).

Si en el espacio considerado está sólo el motor y su eficacia es ϵ entonces su potencia útil $W \times \epsilon$ se utiliza en otra parte, pero el flujo calorífico $W (1 - \epsilon)$ contribuirá a aumentar la Q_i .

2.6.- Calefacción y refrigeración : El flujo calorífico de estos sistemas está sujeto a la voluntad del proyectista y puede controlarse deliberadamente. Por ello puede tomarse en la ecuación como variable dependiente, es decir puede ajustarse de acuerdo con el balance de los demás factores.

2.7.- Evaporación : La tasa de enfriamiento por evaporación sólo puede calcularse si se conoce la propia tasa de evaporación. Si ésta se expresa en kg/h, la pérdida de calor correspondiente será :

$$Q_e = 666 \times \text{kg/h}$$

como el calor latente de evaporación del agua a unos 20°C es aproximadamente 2 400 kJ/kg, será :

$$2\,400\,000 \text{ J/h} = \frac{2\,400\,000}{3\,600} \text{ J/s} = 666 \text{ W}$$

El cálculo de la tasa de evaporación es una labor más difícil y en raras ocasiones se puede llevar a cabo con cierto grado de exactitud (excepto bajo condiciones controladas mecánicamente), ya que depende de muchas variables, tales como : humedad disponible, humedad del aire, temperatura de la propia humedad y del aire y velocidad del movimiento de éste. Puede determinarse indirectamente, por ejemplo midiendo la reducción de la cantidad de agua en una vasija abierta, o puede estimarse a partir del número de personas que hay en la habitación, su actividad y su sudor probable (valor que oscila entre 20 g/h y 2 kg/h).

Normalmente en los cálculos no se tiene en cuenta la pérdida de calor por evaporación (excepto en las instalaciones mecánicas) o se maneja -

sólo cuantitativamente :

El enfriamiento por evaporación se utilizará para reducir la temperatura del aire "cuanto sea posible".

- 2.8.- Cálculo de la pérdida de calor para el caso de una instalación de calefacción : El propósito del cálculo de la pérdida de calor es normalmente - el diseño de instalaciones de calefacción. Se calcula la pérdida de calor en condiciones que resulten ser las más frías el 90% de las veces. Entonces se diseña la instalación de calefacción para producir calor según la misma proporción que lo pierde.

Bajo condiciones menos severas la instalación puede trabajar a capacidad reducida. Condiciones más frías en el 10% de las veces restantes suelen ocurrir normalmente en cortos períodos y pueden salvarse merced a la inercia térmica del edificio y mediante una "capacidad de sobrecarga" de la instalación. En el Reino Unido es frecuente tomar -1°C ó 0°C como "temperatura exterior de diseño" (T_0).

El método de cálculo se comprende mejor con un ejemplo sencillo :

Una oficina de 5 x 5 m y 2,5 m de alto está situada en un piso intermedio de un gran edificio; por consiguiente, sólo tiene una pared expuesta al sur, siendo todas las demás contiguas a otras habitaciones que se mantienen a la misma temperatura : $T_i = 20^{\circ}\text{C}$.

La ventilación es de tres renovaciones por hora.

Tres bombillas de 100 W están siempre encendidas para iluminar la parte posterior, que se utiliza para alojar a cuatro empleados.

La pared expuesta de 5 x 2,5 m consta de una ventana sencilla de cristal de 1,5 x 5 m = 7,5 m²; $U = 4,48 \text{ W/m}^2 \text{ grado C}$.

y una pared de cemento clinker, de 200 mm. enlucida y enyesada, de 1x5 m = 5 m²; $U = 1,35 \text{ W/m}^2 \text{ grado C}$.

Solución :

Diferencia de temperatura (ΔT) = $20^{\circ}\text{C} - (-1^{\circ}\text{C}) = 21 \text{ grado C}$.

$$Q_c = (7,5 \times 4,48 + 5 \times 1,35) 21$$

$$= (33,60 + 6,75) 21 = 40,35 \times 21 = \underline{847 \text{ W}}$$

el volumen de la habitación es $5 \times 5 \times 2,5 = 62,5 \text{ m}^3$.

Así la tasa de ventilación es :

$$\frac{62,5 \times 3}{3\ 600} = \frac{187,5}{3\ 600} = 0,052 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_v = 1\ 300 \times 0,052 \times 21 = \underline{1\ 420 \text{ W}}$$

Las tres bombillas y las cuatro personas producen :

$$Q_i = 3 \times 100 + 4 \times 100 = 300 + 560 = \underline{860 \text{ W}}$$

Como no hay radiación solar y no se consideran las pérdidas por evaporación (véase 2.1.), la ecuación de balance térmico es :

$$Q_i - Q_c - Q_v + Q_m = 0$$

sustituyendo los valores calculados :

$$860 - 847 - 1420 + Q_m = 0$$

$$1.407 + Q_m = 0$$

$$Q_m = 1407 \text{ W}$$

La instalación de calefacción debería proporcionar calor según esta proporción, o redondeando, a una tasa de 1,5 kW.

- 2.9.- Cálculo de la ganancia de calor para el caso de instalaciones de aclimata-
tamiento : La ganancia de calor se calcula generalmente con el fin de
 diseñar instalaciones de aire acondicionado. Es obvio que esta instala-
 ción debe hacer frente a las más agobiantes condiciones con su capaci-
 dad máxima. De nuevo se toma como "temperatura exterior del diseño"
 la temperatura más alta que se obtenga el 90% de las veces y la inten-
 sidad de la radiación solar se fundamenta sobre una base análoga.
 Utilizaremos el ejemplo anterior a excepción de :

$T_o = 26^{\circ}\text{C}$ y la radiación incidente	$(I) = 580 \text{ W/m}^2$
absorbancia de la superficie de la pared	$a = 0,4$
conductancia superficial	$f_o = 10 \text{ W/m}^2 \text{ grado C}$
factor de ganancia solar de la ventana	$\theta = 0,75$

Solución :

La diferencia de temperatura es $(\Delta T) = 26^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} = 6 \text{ grados C}$ para
 la conducción a través de la ventana y para el flujo calorífico de ventila-
 ción, pero hay que hallar la temperatura sol-aire para la superficie opa-
 ca (véase 1.18) :

$$T_s = 26 + \frac{580 \times 0,4}{10} = 26 + 23,2 = 49,2^{\circ}\text{C}$$

Así para la pared de antepecho $\Delta T = 49 - 20^{\circ}\text{C} = 29 \text{ grados C}$.

$$\begin{aligned}
 Q_c &= (7,5 \times 4,48 \times 6) + (5 \times 1,35 \times 29) \\
 &= (33,60 \times 6) + (6,75 \times 29) = 201,6 + 195,75 = \underline{397 \text{ W}} \\
 Q_s &= 7,5 \times 580 \times 0,75 = \underline{3\,270 \text{ W}} \\
 Q_v &= 1\,300 \times 0,052 \times 6 = \underline{405 \text{ W}} \\
 Q_i &= (\text{como antes}) \quad \underline{860 \text{ W}}
 \end{aligned}$$

Como no se consideran pérdidas por evaporación, la ecuación del balance término es (véase 2.1).

$$Q_i + Q_s + Q_c + Q_v + Q_m = 0$$

sustituyendo los valores calculados :

$$\begin{aligned}
 860 + 3.270 + 397 + 405 + Q_m &= 0 \\
 4.932 + Q_m &= 0 \\
 Q_m &= -4.932 \text{ W}
 \end{aligned}$$

El sistema de aire acondicionado debe ser capaz de eliminar calor en esa proporción o, redondeando, 5 kW.

2.10.- Refrigeración por aire : Si hay que eliminar calor en esa proporción mediante aire frío circulante, la cuestión es : ¿Cuál ha de ser la tasa de intercambio de aire?

El abastecimiento de aire, para evitar corrientes frías, debe hacerse a unos 16°C; este aire, mezclado con el de la habitación, debe mantener la temperatura interior a 20°C. Por consiguiente, la diferencia de temperatura (aire de retorno menos aire suministrado) es

$$\Delta T = 20^\circ\text{C} - 16^\circ\text{C} = 4 \text{ grados C}$$

Q_v tiene que ser 5.000 W. Así la ecuación :

$$Q_v = 1.300 \times V \times 4 = 5.200 \times V$$

Por consiguiente, el caudal de abastecimiento de aire (V) tendrá que ser :

$$V = \frac{5.000}{5.200} = 0,962 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para evitar corrientes, hay que limitar la velocidad de entrada del aire aproximadamente a 2 m/s y el orificio de entrada tendrá que ser de :

$$\frac{0,962 \text{ m}^3/\text{s}}{2 \text{ m/s}} = 0,481 \text{ m}^2 \text{ (por ejemplo, } 1 \text{ m} \times 481 \text{ mm)}$$

Si se rebaja la temperatura del aire suministrado aproximadamente a 12°C (utilizando como unidad de inducción o un difusor), la diferencia de temperatura se duplica (8 grados C), y el caudal de aire puede reducirse a la mitad :

$$V = 0,481 \text{ m}^3/\text{s}$$

Comparando este flujo de aire con el necesario para la ventilación, el suministro de aire puro y las tres renovaciones por hora (0,052 m³/s), es evidente que la función refrigeradora establecerá un flujo de aire mucho mayor que el que se utiliza para la ventilación con aire puro (eliminación de olores y suministro de aire rico en oxígeno).

- 2.11.- Calefacción por aire : Si en el primer ejemplo (2.8) hubiera que suministrar el calor requerido de 1,5 kW mediante calefacción por aire caliente, el problema sería similar; habría que suministrar aire como medio portador de calor.

De nuevo aquí se toma la temperatura del aire de retorno como temperatura ambiente (20°C), pero la temperatura del aire suministrado tendrá que ser más alta si queremos aportar calor a la habitación. Con difusores de entrada de aire normales resultará aceptable una temperatura de 26°C para el aire suministrado; con unidades de inducción se requieren normalmente 30°C . Así, con una diferencia de temperatura de 10 grados C, el caudal de aire suministrado será :

$$Q_v = 1.300 \times V \times \Delta T$$

$$1.500 = 1.300 \times V \times 10$$

$$V = \frac{1.500}{13.000} = 0,115 \text{ m}^3/\text{s}$$

- 2.12.- Transmitancia de paredes compuestas : Si no se puede encontrar en la norma IRAM la transmitancia (U) de la pared que se intenta construir, se calcula como se indica en el siguiente ejemplo :
supongamos una pared orientada a poniente que conste de los siguientes elementos :

(Valores estimados fuera de norma IRAM 11601

114 mm de ladrillos prensados	$k = 1,150 \text{ W/m grado C}$
50 mm de cámara	$R_c = 0,176 \text{ m}^2 \text{ grado C/W}$
100 mm de bloques de hormigón denso	$k = 1,440 \text{ W/m grado C}$
25 mm de plancha de lana de vidrio	$k = 0,093 \text{ W/m grado C}$
12 mm de enlucido	$k = 0,461 \text{ W/m grado C}$
resistencia superficial	$1/f_o = 0,076 \text{ m}^2 \text{ grado C/W}$
	$1/f_i = 0,123 \text{ m}^2 \text{ grado C/W}$

Como primera etapa se deberán obtener los datos anteriores de las tablas. Después se calculan (en m² grado C/W) las resistencias de las capas individuales procediendo de fuera adentro (en m² grado C/W) :

superficie	$1/f_o$	= 0,076
ladrillo	$\frac{b}{k} = \frac{0,114}{1,150}$	= 0,099
cámara	R_c	= 0,176
hormigón	$\frac{b}{k} = \frac{0,100}{1,440}$	= 0,069
lana de vidrio	$\frac{b}{k} = \frac{0,025}{0,093}$	= 0,269
yeso	$\frac{b}{k} = \frac{0,012}{0,461}$	= 0,025
superficie	$1/f_i$	= <u>0,123</u>
resistencia total : R_a		= <u>0,837</u>

$$U = \frac{1}{R_a} = \frac{1}{0,837} = 1,19 \text{ W/m}^2 \text{ grado C}$$

2.13.- Gradientes térmicos : En algunos casos (por ejemplo para predecir la condensación) será necesario conocer la temperatura de cualquier punto interior a la pared, es decir el gradiente térmico a través de la pared o de otros elementos de la construcción.

Esto se puede conseguir de una manera sencilla mediante un método gráfico, como se muestra mediante un ejemplo, utilizando el análisis de la pared del párrafo anterior :

supongamos que la temperatura interna $T_i = 20^{\circ}\text{C}$

y la temperatura exterior $T_o = 0^{\circ}\text{C}$

Se traza una sección transversal de la pared (figura 2-III) a una escala que represente las resistencias de las capas individuales en lugar de su espesor. Una escala en la que 1 mm = 0,01 m² grado C/W será adecuada; por consiguiente, la resistencia de la superficie exterior se representa por 7,6 mm y la del ladrillo por 9,9 mm, etc. Al lado de esto se dibuja una sección transversal de la pared a una escala de 1:10.

Establezcamos una escala de temperatura vertical para aplicar a ambas secciones (3 mm = 1 grado C).

Pongamos los puntos T_0 y T_i al frente de la sección de resistencia y conectemos estos puntos con una línea recta. Los puntos de intersección de esta línea con las diversas capas se proyectan ahora horizontalmente sobre las capas correspondientes de la sección normal. La línea que une los puntos proyectados representa el α gradiente térmico a través de la pared.

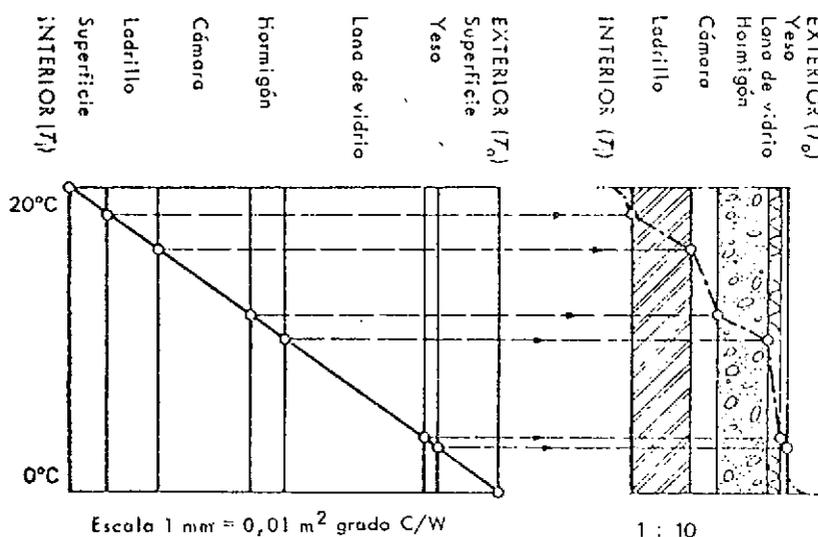


Fig. 2-III - Gradiente de temperatura a través de una pared compuesta (no está a escala).

2.14.- **Condensación:** Ya se ha dicho que la humedad relativa es función de la temperatura, y que cuando el aire se enfría, sin cambiar el contenido de humedad, su HR aumenta. Cuando la HR alcanza el 100%, es decir la saturación, aparecerá el rocío o condensación. La temperatura a la cual esto ocurre se conoce por "temperatura de rocío" o "punto de rocío". Con el diagrama psicrométrico se puede hallar la temperatura de rocío para un aire con cualquier contenido de humedad. Por ejemplo, para aire a una TBS = 20°C y una HR = 60 %, se halla la intersección de la línea vertical de los 20°C con la curva del 60% de HR, se proyecta este punto hacia la izquierda hasta cortar a la curva del 100% de HR y la proyección vertical de este punto dará la lectura: $12,3^{\circ}\text{C}$. Esta es la temperatura de rocío del citado aire. (ver fig. 35- D).

Si este aire entra en contacto con la superficie que tenga una temperatura

ra inferior a $12,3^{\circ}\text{C}$, se producirá condensación superficial. Esto es un acontecimiento familiar en el espejo del cuarto de baño o en la cara interior del cristal de una ventana. En las paredes frías esta condensación superficial puede penetrar en el material de la pared, pero si la superficie es impermeable escurrirá por ella.

La mayor parte de los materiales de construcción son porosos y ofrecen poca resistencia al paso de vapores. Si penetra en la pared el aire húmedo interior, cuando alcanza una capa que tenga una temperatura inferior a su propia temperatura de rocío, se condensará la humedad. Este fenómeno se conoce como condensación intersticial. Su predicción (y manera de evitarlo) es una misión importante del diseñador de edificios en climas o épocas frías. La predicción técnica se basa en establecer la temperatura de rocío del aire y en calcular dónde ésta cortará el gradiente térmico de la pared.

- 2.15.- Diseño térmico : Los ingenieros mecánicos y los diseñadores de calefacción y aire acondicionado hacen uso frecuente de métodos similares a aquellos descritos en 2.8 a 11. Estos pueden ser complicados, perfeccionados o prolijos, pero el principio es el mismo: utilizan parámetros fijos, es decir la ecuación de balance térmico (2.1) :

$$Q_i + Q_s \pm Q_c \pm Q_v \pm Q_m - Q_e = 0$$

todos los factores son, o se supone que son, fijos y determinados, la única variable dependiente (la cual hay que hallar) es la Q_m el flujo calorífico es el que hay que proveer mecánicamente.

El diseño de edificios se enfrenta con una situación mucho más indeterminada. Tiene que tomar decisiones para determinar el tamaño, volumen y construcción del edificio, el tamaño y la orientación de sus ventanas, etc. cualquiera de las cuales influirá en la magnitud de uno o varios de los factores de balance térmico.

Puede que haya o no haya un procedimiento establecido para la secuencia de decisiones a tomar, pero es útil tener presente la ecuación de equilibrio térmico en cualquier decisión, para ver cuál de los factores (y en qué sentido) se afecta a causa de la decisión particular, y para pronosticar las consecuencias de varias soluciones alternativas de diseño.

Q_m -es decir, los controles mecánicos- son costosos : por consiguiente, el diseñador debe tratar de que la suma de la ecuación sea cero sin que intervenga el componente Q_m .-

De aquellos elementos a los que el diseñador puede acudir para proyectar desde el vamos un edificio con un buen comportamiento energético se hace referencia en el Módulo IV.

3.- El Estado Estacionario y el Régimen Periódico

3.1.- Suposiciones sobre el estado estacionario: La ecuación y los métodos de cálculo dados en la Sección 2 son válidos si, y solamente si, las temperaturas exterior e interior son constantes. Como en la naturaleza no se producen condiciones perfectamente estáticas, la base de los métodos anteriores está en la suposición de condiciones de estado estacionario. Es ésta una simplificación evidente de la situación real, pero los resultados pueden considerarse dignos de confianza si las fluctuaciones de temperatura no exceden de ± 3 grados C. Tal situación puede prevalecer en el invierno de los climas moderados cuando el interior se calienta y mantiene a una temperatura dada o en un clima templado-húmedo, en donde la temperatura se mantiene constante por aire acondicionado.

Los cálculos basados en las suposiciones sobre el estado estacionario son útiles para determinar la proporción máxima de pérdida o ganancia de calor, y también con el fin de establecer las dimensiones y capacidad de las instalaciones de calefacción y refrigeración.

Los métodos de cálculo basados en el estado estacionario también pueden considerarse como estudios preliminares que conduzcan a la comprensión de los problemas más complejos de transferencia de calor en régimen no estacionario.

3.2.- Flujo periódico de calor: En la naturaleza, la variación de las condiciones climáticas da lugar a un estado no estacionario. Las variaciones diarias producen un ciclo, que se repite cada veinticuatro horas, de aumento y descenso de temperaturas. El efecto que esto produce en un edificio es que en el período cálido el calor pasa del ambiente al edificio, -

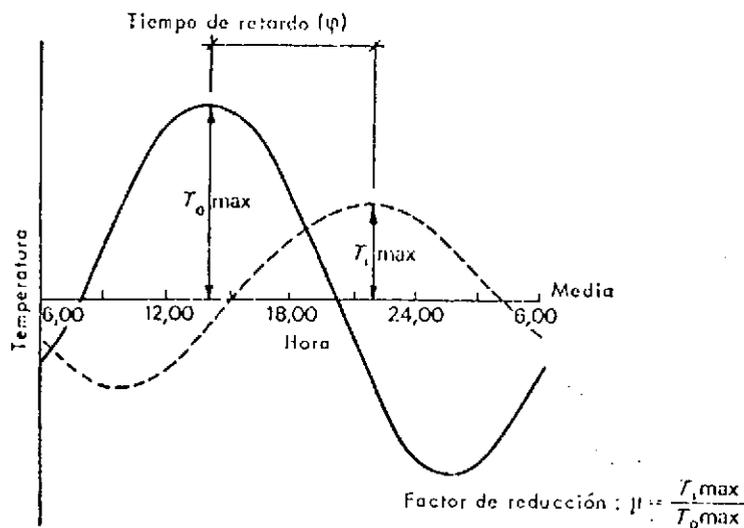


Fig.3-III-Tiempo de retardo y factor de reducción.

donde parte de él se almacena, y por la noche, durante el período frío, el flujo de calor se invierte : pasa del edificio al ambiente. Cuando este ciclo se repite, se denomina flujo periódico de calor.

El diagrama de la figura 3-III muestra las variaciones diarias de las temperaturas externas e internas, según un régimen térmico con cambios periódicos. Por la mañana, al aumentar la temperatura exterior, el calor comienza a atravesar la superficie exterior de la pared. Cada partícula de ésta absorberá cierta cantidad de calor por cada grado de elevación de temperatura, dependiente del calor específico del material de la pared (véase 1.3). El calor de la partícula siguiente sólo se transmitirá después de que haya aumentado la temperatura de la primera partícula. En consecuencia se retardará el incremento correspondiente de la temperatura superficial interna, como se observa por la línea de trazos. La temperatura externa alcanzará su máximo y comenzará a decrecer antes de que la temperatura superficial interna haya alcanzado el mismo nivel. Desde este momento, el calor almacenado en la pared se disipará parcialmente hacia el exterior y parcialmente sólo hacia el interior. Cuando el aire exterior se enfría, fluye hacia el exterior una proporción creciente de este calor almacenado y cuando la temperatura de la pared cae por debajo de la temperatura exterior, se invierte por completo el sentido del flujo calorífico.

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

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

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

Así si k = conductividad (W/m grado C)
 d = densidad (kg/m³)
 c = calor específico (J/kg grado C)

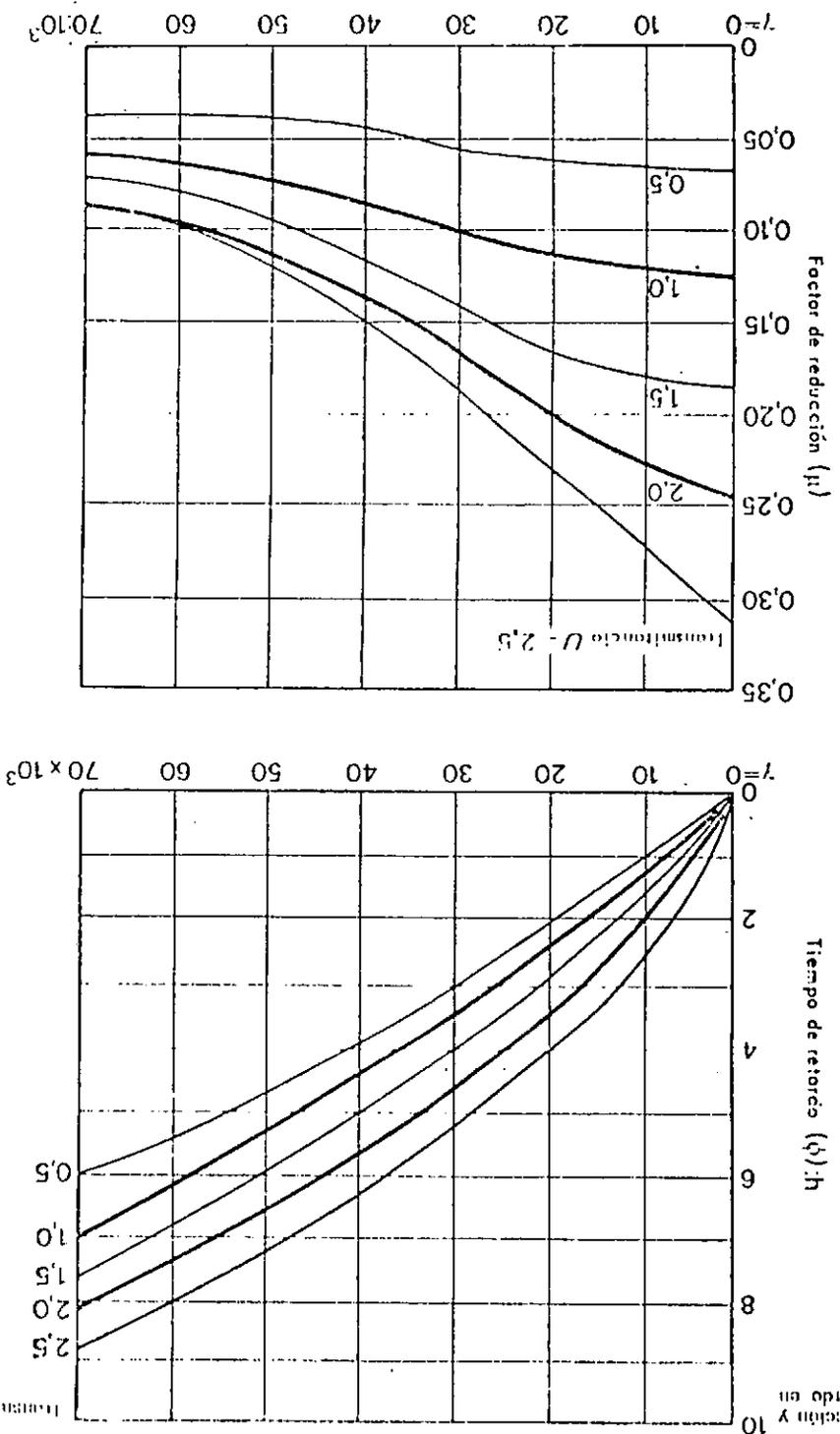
la relación anterior puede expresarse por $k/(d \times c)$: esta cantidad se representa por K y se denomina difusividad térmica o conductividad de temperatura (esta última expresión es más descriptiva).

Las dimensiones de esta magnitud serán :

$$K = \frac{k}{d \times c} = \frac{\text{W/m grado C}}{\text{kg/m}^3 \times \text{J/kg grado C}} = \frac{\text{J/s m grado C}}{\text{J/m}^3 \text{ grado C}} = \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Fig. 4 - III

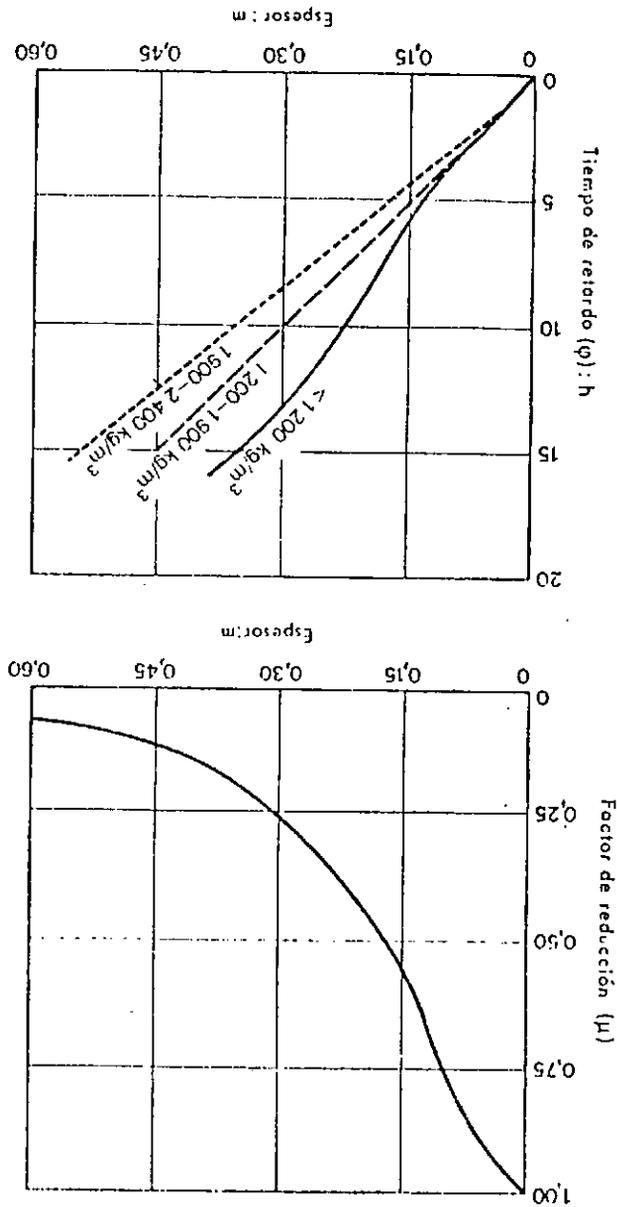
Factor de reducción y tiempo de retardo en función de la conductancia y la capacidad



Conductancia — índice de capacidad: $\gamma = \frac{d \times c \times b^2}{2k} = \frac{2c}{d \times c \times b} = \frac{2k}{b^2}$
 donde d = densidad, kg/m³
 c = calor específico, J/kg grado C
 b = espesor, m
 k = conductividad, W/m grado C

C = conductancia (W/m² grado C) = $\frac{k}{b}$
 K = difusividad (m²/s) = $\frac{k}{d \times c}$

Puede considerarse como el área superficial de una esfera sobre la que se extiende la temperatura en la unidad de tiempo. La figura 4-III da un método para determinar ϕ y μ a partir de la difusividad.



* El producto $d \times c$ se ha denominado en 3.14 «calor específico volumétrico» que tiene una dimensión de $\text{kg/m}^3 \times \text{J/kg grado C} = \text{J/m}^3 \text{ grado C}$.

Fig. 5-III - Factor de reducción y tiempo de retardo para paredes macizas.

3.4.- Uso práctico: En la práctica se utilizan el tiempo de retardo ϕ y el factor de reducción (μ). Se pueden calcular para una construcción determinada, pero el método es algo complicado y no está bien probado.- Los valores de ϕ y μ también pueden determinarse experimentalmente. La figura 5-III indica gráficamente estos valores. Una regla empírica para paredes de mampostería maciza, es $\phi = 7/8$ horas por cada 0,3 m de espesor.

3.5.- Cálculo del flujo periódico de calor: Se puede utilizar la ecuación de régimen estacionario $Q = A \times U \times \Delta T$ para hallar el balance de flujo calorífico medio en un ciclo completo según un régimen térmico con cambios periódicos. Para hallar la tasa instantánea de flujo calorífico, sólo se puede utilizar si la pared o el elemento considerado tiene una capacidad térmica despreciable.

Si se supone constante la temperatura interior (suposición razonable en ambientes controlados), se puede calcular sencillamente la tasa instantánea de flujo si se divide en dos partes:

a - primero se halla el flujo calorífico medio para un ciclo total (un día), utilizando la ecuación de estado estacionario, excepto que se toma la diferencia de temperatura entre la temperatura exterior media diaria y la temperatura interior:

$$Q' = A \times U \times (T_m - T_i)$$

b - se halla la desviación instantánea del flujo calorífico medio: si el tiempo de retardo de la pared es de ϕ horas, el flujo de calor dependerá ahora de la temperatura exterior ϕ horas antes: T_ϕ . Se halla la desviación poniendo la diferencia de temperaturas entre esta T_ϕ y la media. La transmitancia se modifica por el factor de reducción (μ).

$$Q'' = A \times U \times \mu (T_\phi - T_m)$$

Se pueden sumar las dos ecuaciones para obtener la que describe el flujo periódico de calor:

$$Q = A \times U \times (T_m - T_i) + \mu (T_\phi - T_m)$$

donde Q = flujo instantáneo de calor en W

A = área en m²

T_m = temperatura exterior media diaria, °C

T_i = temperatura interior (constante), °C

T_ϕ = temperatura (sol-aire) exterior ϕ horas antes, °C

μ = factor de reducción

ϕ = tiempo de retardo en horas

U = Transmitancia, W/m² grado C

3.6.- Aplicación : Las construcciones pesadas y las livianas : Es importante para el proyectista conocer el factor de reducción (μ) y el tiempo de retardo (ϕ) de diferentes materiales, espesores y combinación de materiales en varios elementos de construcción, intenta conseguir aporte calorífico a través de los elementos de cierre cuando haya pérdidas de calor por otros canales (por ejemplo, ventilación), pero evita tal aporte cuando haya un exceso de flujo calorífico hacia el interior del edificio. De esta forma la selección de una construcción con un tiempo de retardo apropiado es un factor esencial del diseño. El proceso podrá denominarse "balance en el tiempo".

La capacidad térmica es un factor que hay que considerar también en los climas moderados. Las estructuras de baja capacidad térmica o "respuesta rápida" se calientan rápidamente pero también se enfrían con rapidez. Las estructuras con capacidad térmica grande tendrán un "tiempo de calentamiento" mayor pero conservarán el calor después de haberse apagado el foco.

3.7.- Efecto de aislamiento : La posición del aislamiento con respecto a la masa de elevada capacidad térmica tiene un efecto muy significativo sobre el tiempo de retardo y el factor de reducción. En una placa de hormigón de 100 mm. la colocación de 40 mm de lana de vidrio da la siguiente variación :

	tiempo de retardo : h	factor de reducción
Bajo la capa	3	0,450
Encima de la capa	11,5	0,046

La razón de esto es evidente si se observa el mecanismo del proceso - (por ejemplo, en un clima cálido-seco) :

1 - el aislamiento en la parte exterior reduce el flujo calorífico dentro de la masa - entrará menos calor en la masa en un tiempo dado o llevará mucho más tiempo "llenar" la capacidad de almacenaje térmico de la masa.

2 - el aislamiento en la parte interior no afectará el proceso de "llenado" y, aunque reducirá la emisión de calor al espacio interior, no cambiará la periodicidad.

En los climas cálidos el objeto no consiste en almacenar durante el día todo el calor posible que entre por la superficie exterior, sino también en disipar durante la noche todo (o gran parte) este calor almacenado,

de forma que por la mañana la estructura contenga el menor calor posible -para que tenga toda (o la mayor parte) de su capacidad térmica "vacía" dispuesta para absorber la próxima onda de calor.

El aislamiento aplicado no sólo restringirá la entrada sino también la disposición de calor. Si el aislamiento es exterior, el calor almacenado sólo puede disiparse eficazmente hacia el interior. Para eliminarlo se necesitará una buena ventilación de la superficie interna con el aire frío nocturno.

- 3.8.- Efecto de la cámara: Una cámara cerrada es un buen aislante ($R = 0,15$ m² grado C/W), aproximadamente igual a una pared de ladrillo de 180 mm. Como se ha visto que el aislamiento debe estar hacia el exterior de la masa principal, se deduce que ésta debe estar localizada en la cara interna de la pared. La cara externa debe ser de una construcción ligera. Se sugiere que la cara externa debe construirse de bloques o ladrillos huecos, mejorando su aislamiento térmico al reducir su masa. También se ha probado el efecto de ventilar las cámaras y se llegó a la conclusión de que la ventilación no conviene durante el día, pero la ventilación nocturna de la cámara contribuirá al enfriamiento de la pared. El flujo de aire en la cámara debe ser ascendente durante la noche y descendente por el día. Las aberturas inferior y superior deben estar al mismo lado y estarán cerradas durante el día. Si los ventiladores no llevan dispositivo de cierre deben estar abiertos hacia el interior del edificio, que así se ventilará adecuadamente durante la noche. Sin embargo, como una abertura en la cámara ocasionaría la entrada de insectos y bichos, es mejor tener una cámara cerrada, sin ventilación.

Apéndice I - III

Sistema Internacional de unidades
UNIDADES BASICAS SI

Magnitud	Símbolo	Nombre de la unidad	unidades aceptadas	unidades antiguas
LONGITUD	m	metro	km, (cm), mm, µm, nm	1 yarda = 0.915 m 1 milla = 1.609 km
MASA	kg	kilogramo	tonelada (= 1000 kg) g (gramo)	1 onza = 28.35 g 1 libra = 454 g 1 kib = 454 kg 1 ton = 1016 kg
TIEMPO	s	segundo	ms (milisegundo) minuto, hora	
CORRIENTE ELECTRICA	A	amperio		
TEMPERATURA	*K	grado kelvin	1 grado C (celsius) = 1 grado k N *C = N + 273.15 *K	1 grado F = 5/9 grado C N *F = 5/9 (N-32) *C
INTENSIDAD LUMINOSA	cd	candela		

UNIDADES SUPLEMENTARIAS

Magnitud	Símbolo	Nombre de la unidad	definición	unidades aceptadas	unidades antiguas
ANGULO PLANO	rad	radian	ángulo subtendido en el centro del círculo de radio 1 r = 1 r, 6° unidad por un arco de longitud unidad		
ANGULO SOLIDO	sr	estereoradian	ángulo sólido subtendido en el centro de una esfera de radio unidad por una superficie de área unidad		

Prefijos de unidades. — Múltiplos y submúltiplos

Fracción	Nombre	Abreviatura	Fracción	Nombre	Abreviatura
(10 ⁻¹)	deci	d)	(10 ¹)	deca	da)
(10 ⁻²)	centi	c)	(10 ²)	hecto	h)
(10 ⁻³)	milli	m)	(10 ³)	kilo	k)
(10 ⁻⁶)	micro	µ	(10 ⁶)	mega	M)
(10 ⁻⁹)	nano	n)	(10 ⁹)	giga	G)
(10 ⁻¹²)	pico	p)	(10 ¹²)	tera	T)

Apéndice I - III (cont.)

UNIDADES DERIVADAS

Magnitud	Símbolo	Nombre de la unidad	dimensión	definición	unidades aceptadas	unidades antiguas
AREA	m ²	metro cuadrado		cuadrado de lado unidad	1 mm ² = 10 ⁻⁶ m ² 1 ha (hectárea) = 10 ⁴ m ² 1 km ² = 10 ⁶ m ²	1 ft ² = 0.093 m ² 1 acre = 0.405 Ha 1 millar = 2.59 km ²
VOLUMEN	m ³	metro cúbico		cubo de 1 metro de lado	1 litro = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³ 1 cm ³ = 10 ⁻⁶ m ³	1 ft ³ = 0.028 m ³ 1 galón = 4.546 l
DENSIDAD	kg/m ³	kilogramo por metro cúbico		unidad de masa por unidad de volumen	1 g/cm ³ = 1000 kg/m ³	1 lb/ft ³ = 16.019 kg/m ³ 1 lb/in ³ = 27.68 g/cm ³
DENSIDAD SUPERFICIAL	kg/m ²	kilogramo por metro cuadrado		unidad de masa por unidad de área		1 lb/ft ² = 4.882 kg/m ²
VELOCIDAD (LINEAL)	m/s	metro por segundo		movimiento de longitud en la unidad de tiempo	1 km/h = 0.278 m/s	1 mph = 1.609 km/h 1 knot = 1.853 km/h
ACELERACION (LINEAL)	m/s ²	metro por segundo cuadrado		variación de la unidad de velocidad en unidad de tiempo		1 ft/s ² = 0.305 m/s ²
FUERZA	N	newton	kg m/s ²	produce una aceleración en la unidad de masa	kN, MN	1 lbf = 4.448 N 1 kgf = 9.807 N
TRABAJO, ENERGIA	J (N m)	joule	kg m ² /s ²	unidad de fuerza que actúa sobre la unidad de longitud	1 Wh = 3600 J 1 kWh = 3600 kJ	1 Btu = 105.506 J 1 therm = 105,500 MJ 1 hp-h = 2684.5 kJ 1 ft lbf = 1.3553 J
POTENCIA o FLUJO ENERGETICO	W (J/s)	watio	kg m ² /s ³	unidad de energía consumida en la unidad de tiempo	megawatio kilowatio	1 Btu/h = 0.293 W 1 ton refrig = 3.516 kW 1 ft lbf/s = 1.356 W 1 hp = 745.7 W
DENSIDAD DEL FLUJO ENERGETICO (INTENSIDAD)	W/m ²	watios por metro cuadrado	kg/s ³	unidad de flujo energético a través de la unidad de área	kW/m ² , μW/m ² MJ/m ² , día	1 kcal/m ² h = 1.163 W/m ² 1 cal/cm ² h = 1 langley/h = 41.87
PRESION, TENSION	N/m ² (pascal)	newton por metro cuadrado	kg m/s ²	unidad de fuerza que actúa sobre la unidad de área	kN/m ² , MN/m ² 1 bar = 100 kN/m ² 1 m bar = 100 N/m ²	1 lb/ft ² = 55.5 N/m ² 1 kgf/ft ² = 47.88 N/m ² 1 atmósfera = 101.32 kN/m ² 1 m de nivel de agua = 9.8 kN/m ² ; 1 ft de nivel de agua = 2.99 kN/m ²
CAPACIDAD TERMICA	J/grado C			energía requerida para un cuerpo por unidad de incremento de temperatura		1 Btu/grado F = 1899 J/grado C 1 Btu/lb grado F = 4.187 J/kg grado C

Apéndice I - III (cont.)

CALOR ESPECIFICO	J/kg grado C J/m ³ grado C	energía requerida por una sustancia por unidad de incremento de temperatura (por unidad de masa o de volumen)	1 kcal/grado C = 4187 J/grado C 1 Btu/lb grado F = 67 kJ/m ³ grado C	1 kcal/kg grado C = 4,187 kJ/kg grado C 1 kcal/m ³ grado C = 4,187 kJ/m ³ grado C 1 kcal/l grado C = 4,187 MJ/m ³ grado C
CONDUCTIVIDAD TERMICA	W/m grado C	flujo calorífico a través de la unidad de área de espesor unidad de una sustancia con una unidad de diferencia de temperatura entre dos caras	1 Btu.in/ft ² .h.grado F = 0,144 W/m grado C 1 kcal/m.h.grado C = 1,163 W/m grado C	
TRASMISITANCIA TERMICA	W/m ² grado C	flujo calorífico a través de la unidad de área de un cuerpo con una unidad de diferencia en la temperatura del aire a ambos lados	1 Btu/ft ² .h.grado F = 5,67E W/m ² grado C 1 kcal/m ² .h.grado C = 1,163 W/m grado C	
CALOR LATENTE, VALOR CALORICO	J/kg J/m ³	variación del contenido energético en el cambio de estado; o calor producido por combustión (por unidad de masa o volumen)	1 Btu/lb = 2326 J/kg 1 Btu/lp = 37,26 kJ/m ³ 1 Btu/gal = 232 kJ/m ³	1 kcal/kg = 4187 J/kg 1 kcal/m ³ = 4187 J/m ³ 1 kcal/l = 4187 kJ/m ³
FLUJO LUMINOSO	lm	lumen	cd.sr	emitido por una fuente de intensidad unidad en un ángulo sólido unidad
FLUMINANCIA	lx	lux	lm/m ²	unidad de flujo incidente en la unidad de área
LUMINANCIA	cd/m ²	(nit)	asb (apostilb) 1 cd/m ² = 3,14 asb	1 cd/ft ² = 10,76 cd/m ² 1 ft lambert = 10,76 asb = 3,42 cd/m ²

MODULO IV

1.- El diseño en relación con la conservación de la energía.

1.1.- Presentación del problema.

La conservación de la energía en un edificio nuevo o existente, es el paso previo e indispensable antes de pensar en el aprovechamiento de la energía solar. Para que ésto sea factible, hay que apelar a las posibilidades que nos otorga el diseño del edificio, al empleo de determinados materiales y a una cuidadosa ejecución de las especificaciones técnicas.

En el momento de la elaboración del proyecto hay que desarrollar una metodología que permita en primer término, realizar un análisis detallado de las condiciones climáticas y microclimáticas del lugar, luego relevar los elementos del sitio y del medio ambiente que rodeará al edificio (para determinar obstáculos o sombreos) y por último evaluar los elementos arquitectónicos propiamente dichos para utilizarlos u organizarlos de la manera más conveniente.

Estas decisiones a tomar en el momento del diseño abarcan en líneas generales : la opción referente a las orientaciones, las formas del edificio, el tipo de estructuras y materiales a emplear, los tipos de vanos y sistemas de protección y por último los dispositivos auxiliares de control. La información que evaluamos para llegar a la toma del partido puede incluir los siguientes aspectos :

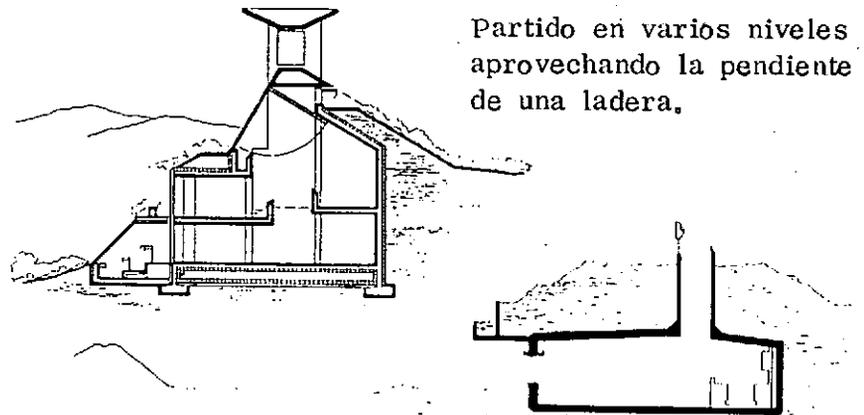
- a) El problema de las formas volumétricas.
- b) El problema de la compactidad y el factor de forma.
- c) La presencia de ejes producidos por la simetría solar.
- d) El empleo de espacios moderadores y diferenciados térmicamente.
- e) Los partidos elementales para algunos tipos de clima.
- f) El uso térmico del color.

1.2.- El problema de las formas volumétricas.

Hay formas que de por sí son conservativas, es decir que permiten conservar las temperaturas interiores según las necesidades de la estación. Esto se logra envolviendo los espacios con el mínimo de superficie expuesta al exterior, reduciendo de esta manera al mínimo el contacto entre interior-exterior y por lo tanto las pérdidas o ganancias de calor.-

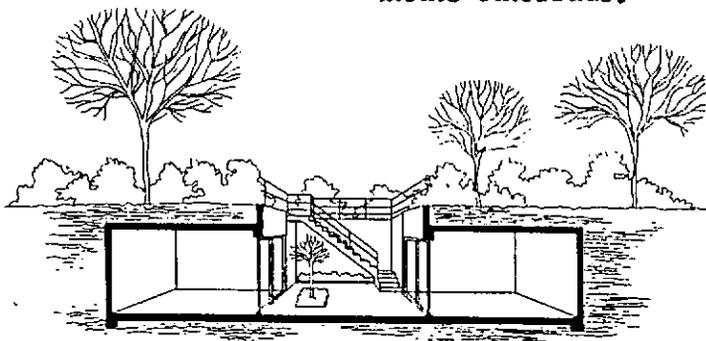
La manera en que un edificio puede vincularse con el paisaje define una forma volumétrica y un perfil de planta. Generalmente cuanto más simple es ese contorno, menor es la exposición. Un edificio bien aislado con un contorno excesivamente recortado puede perder más calor por unidad de volumen que uno pobremente aislado con un contorno simple.

El perfil y la forma es una combinación de estilo, lógica, estructura, ego (gusto personal), funcionamiento y espacio. Cuando un edificio quiere ser conservativo debe reflejar las fuerzas climáticas que actúan en el lugar donde se encuentra. Si un edificio está bien diseñado, su perfil armonizará con el paisaje y se acomodará al clima. (Ejemplo I-IV). Minimizar el intercambio de calor con el exterior es una razón muy importante para simplificar la forma externa. Este mismo objetivo - puede conseguirse por distintos medios, ya sea haciendo mínima la exposición al sur en caso de climas fríos, o por enterramiento para reducir la superficie de envolvente, evitando los vientos fríos prevalecientes en invierno, usando plantas compactas, cubriendo los techos con tierra y pasto, etc. (Fig. 1-IV).



Partido en varios niveles aprovechando la pendiente de una ladera.

Partido de "penetración" parcialmente enterrado.



Partido con patio central y habitaciones enterradas.

Fig. 1-IV

CONSERVACION TERMICA MAXIMA

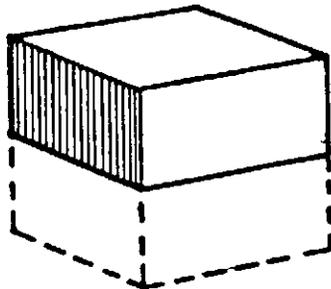
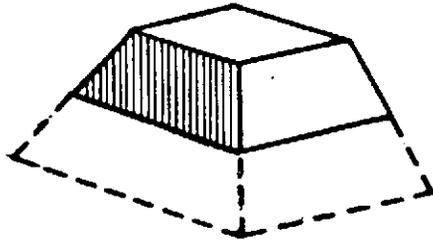
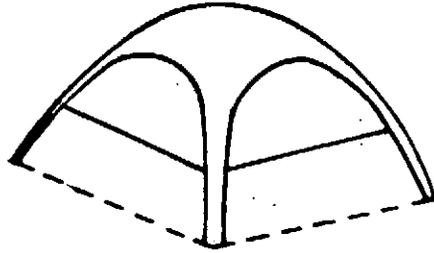
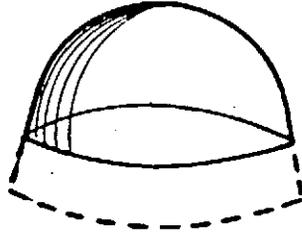


Fig. 2-IV

GANANCIA SOLAR MAXIMA

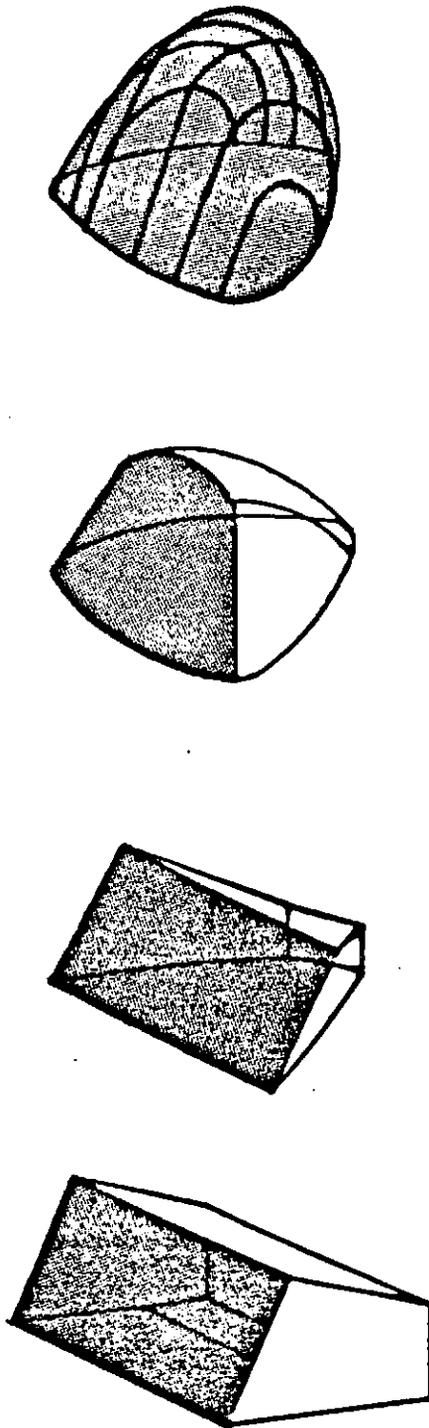


Fig. 3-IV

MINIMO DE RESISTENCIA AL VIENTO

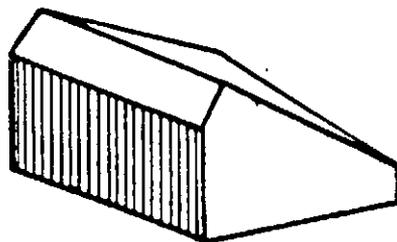
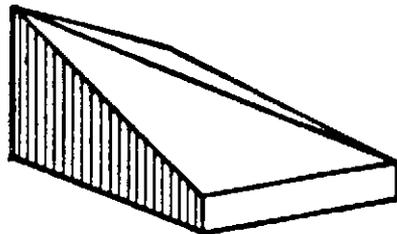
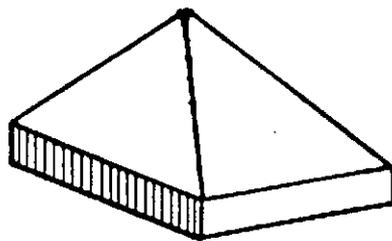
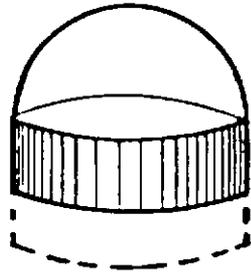


Fig. 4-IV

MAXIMO DE CORRIENTES DE AIRE

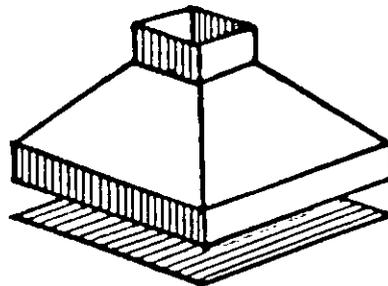
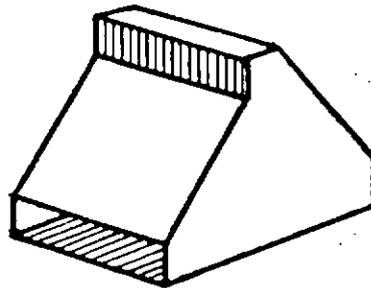
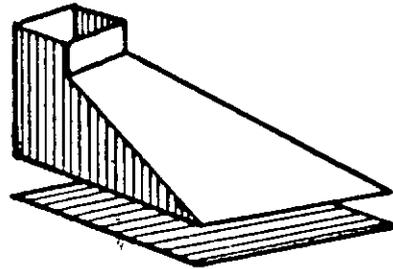
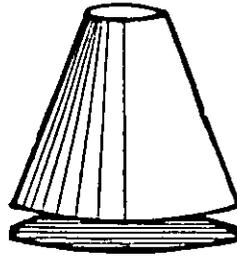


Fig- 5-IV

Pero la conservación de la energía no es la única posibilidad que nos ofrece el manejo de la forma. También hay formas que maximizan la ganancia solar, otras que evitan la influencia de los vientos y por último, hay formas que, al funcionar como chimeneas, favorecen la captación y aprovechamiento de las corrientes de aire. (Ver figs. 2-IV - 3-IV - 4-IV - 5-IV).-

1.3.- Compacidad y Factor de forma

Procuramos disminuir la superficie de contacto interior/exterior para reducir las pérdidas caloríficas. Para determinar la proporción de superficie de envolvente respecto al volumen habitable y así poder apreciar las superficies de intercambio mediante un índice representativo, utilizamos el factor de forma.

El factor de forma es la relación entre las superficies expuestas de la envolvente y el volumen habitable = $\frac{SE}{V}$

Superficies expuestas consideramos al techo y las paredes exteriores (salvo que estén en contacto con otro edificio o enterradas a más de 1 m. de profundidad). El piso no se considera expuesto si está en contacto con el terreno, pues las pérdidas por el suelo no superan, por lo general, al 5% del total de pérdidas en un edificio.

El cociente $\frac{SE}{V}$ será mayor cuanto mayor es el área de superficie ex-

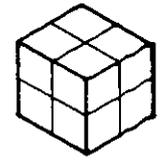
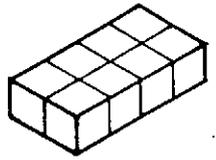
terior en relación con el volumen interior. Es decir, que un bajo cociente indica menor área de pérdida de calor (o ganancia) por unidad de espacio habitable.-

Una esfera es la forma geométrica que posee la menor superficie encerrando el menor volumen interior. (Ejemplo II-IV). Las somiosferas que se apoyan sobre el suelo, tienen un buen comportamiento en este sentido, sin embargo, hay que tener en cuenta que las cúpulas, esferas, etc. son a veces difíciles de construir, sellar en sus juntas y aislar. Con superficies rectangulares o planas la cuestión es minimizar las superficies expuestas, aristas y juntas. Un edificio que es una simple caja tendrá menos pérdidas de calor para un volumen dado que una forma con muchas aristas, superficies y lados. Por supuesto, la arquitectura de la caja simple puede no satisfacer requerimientos funcionales y estéticos. El ideal es minimizar el área de superficie exterior sin dejar de cumplir con requerimientos funcionales, estructurales y estéticos ya sea en vivienda individual o multifamiliar (Fig. 6-IV).

Así como el factor de forma relaciona superficie con volumen, la relación entre perímetro y superficie encerrada, a la que llamamos -

AGRUPAMIENTOS BASICOS

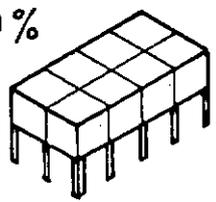
± 0%



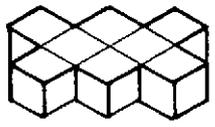
± 0%

AGRUPAMIENTOS DESFAVORABLES

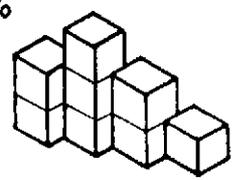
+ 40%



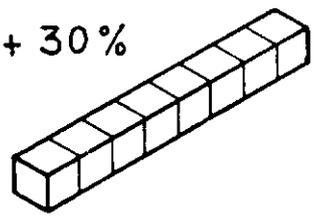
+ 20%



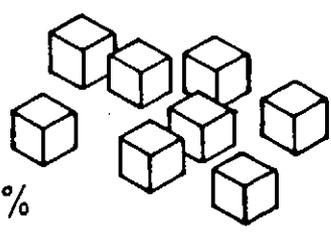
+ 50%



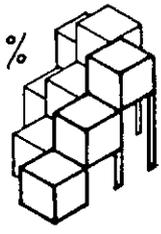
+ 30%



+ 100%

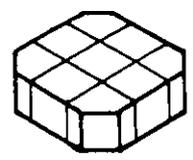


+ 125%

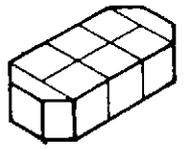


AGRUPAMIENTOS FAVORABLES

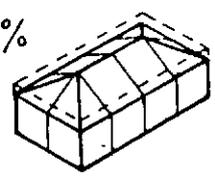
- 8%



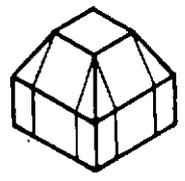
- 8%



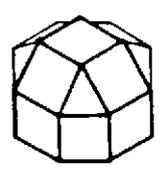
- 10%



- 10%



- 20%



- 25%

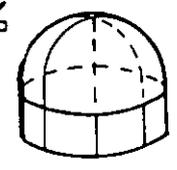
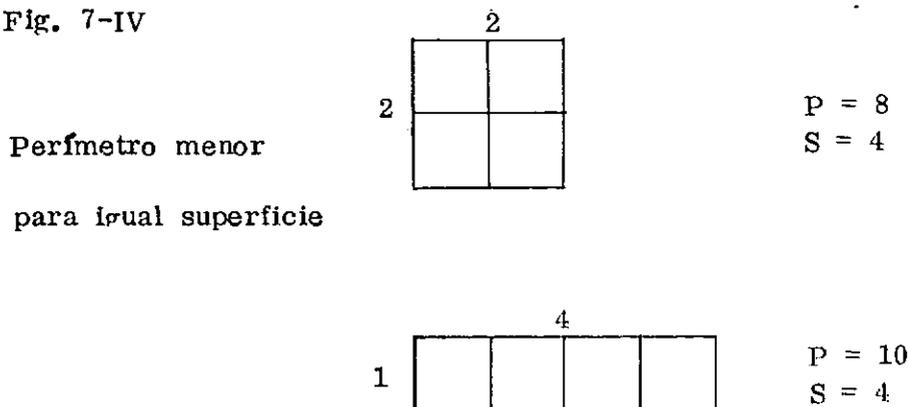


Fig. 6-IV

compacidad, nos ayuda a evaluar el intercambio interior/externo en el caso de edificios en altura o con techos planos. Definimos entonces a compacidad como la relación P/S y en realidad sólo se trata de una consideración respecto a la planta adoptada. Es más compacta la forma de menor perímetro a igual superficie. (Fig. 7-IV).-

Fig. 7-IV



1.4.- Efectos de la simetría solar.

La orientación de una habitación es la dirección a la que miran sus paredes exteriores (aunque por lo general se aplica a las aberturas). La elección de la orientación está sujeta a muchas consideraciones incluyendo : las vistas en diferentes direcciones, la posición del edificio en relación a los caminos cercanos, la topografía del sitio, la localización de las fuentes de ruido y la naturaleza del clima.

La orientación del edificio afecta al clima interior, por la regulación de dos factores climáticos distintos :

- a) La radiación solar y su efecto de calentamiento sobre las paredes y techos.
- b) Los problemas de ventilación asociados con la dirección de los vientos prevalecientes.

Consideraciones de estos dos factores pueden conducir a requerimientos de orientación contradictorios. En un lugar cálido, por ejemplo, una orientación puede proveer los sombros requeridos, mientras que otra puede interesar por la influencia de los vientos. La elección final estará basada en evaluar las ventajas de cada factor.-

Como el recorrido del sol es simétrico respecto del meridiano del lugar, determina un par de ejes que nos ayudarán a orientar teniendo en cuenta las posibilidades de captación del recurso solar, aprovechando las diferentes situaciones de la mañana, mediodía y tarde. Se pue-

den buscar, por ejemplo, las formas capaces de captar el sol en invierno y de protegerse de él en verano, agrandando las fachadas hacia la mejor orientación (con cuidado de no sobredimensionarlas) y cerrándolas hacia las más desfavorables.-

Podemos analizar las ventajas de diseñar de acuerdo a determinados ejes, en el ejemplo de un edificio que se abre hacia el sol siguiendo su trayectoria y se cierra hacia las orientaciones desfavorables. Tal es el caso de la Escuela Albergue en Acoyte, Salta. (Ejemplo III-IV).

1.5.- Espacios tapones y moderadores.

Constituyen otro elemento para tener en cuenta en la toma de partido, que se suma a los ya vistos como el aprovechamiento de los vientos, los ejes, las formas conservadoras y las que favorecen la ganancia solar.

Hace unos años Louis Kahn y Philip Johnson desarrollaron teorías de diseño donde hablaban de espacios sirvientes y servidos, o espacios de servicio y de uso, es decir, ponían el énfasis en la especialización de espacios.

En forma similar podemos hacer en arquitectura solar la diferenciación de espacios térmicos, es decir utilizar como protección o escudo de los espacios de uso común a aquellos otros que normalmente denominamos espacios de servicio para que actúen como amortiguadores del contacto con el exterior.-

Son los llamados espacios tapones. También podemos pensar en utilizar espacios que nos sirvan de elementos moderadores térmicos o de lugares donde se produzcan determinados impactos de ganancias térmicas, sobre todo en climas templados o fríos : ese es el caso típico del invernadero.

El invernadero es un elemento diferenciado térmicamente o energéticamente del resto de la casa, cuya misión es absorber energía y transferirla. Actúa como espacio absorbedor, moderador y de uso diferenciado.

Muchos arquitectos consideran el invernadero como un verdadero colector solar que hace también el papel de espacio-tapón. En realidad, el invernadero deberá funcionar más bien como espacio moderador de las oscilaciones térmicas exteriores.-

A toda captación de la radiación solar debe ir ligado un almacenamiento o por lo menos un sistema de desfasaje y de acumulación para algunas horas. Al ser el aire incapaz de realizar esta función el invernadero debe ir acompañado de una masa térmica absorbente, por ejemplo, un suelo pesado o un muro pesado o un acumulador en agua.

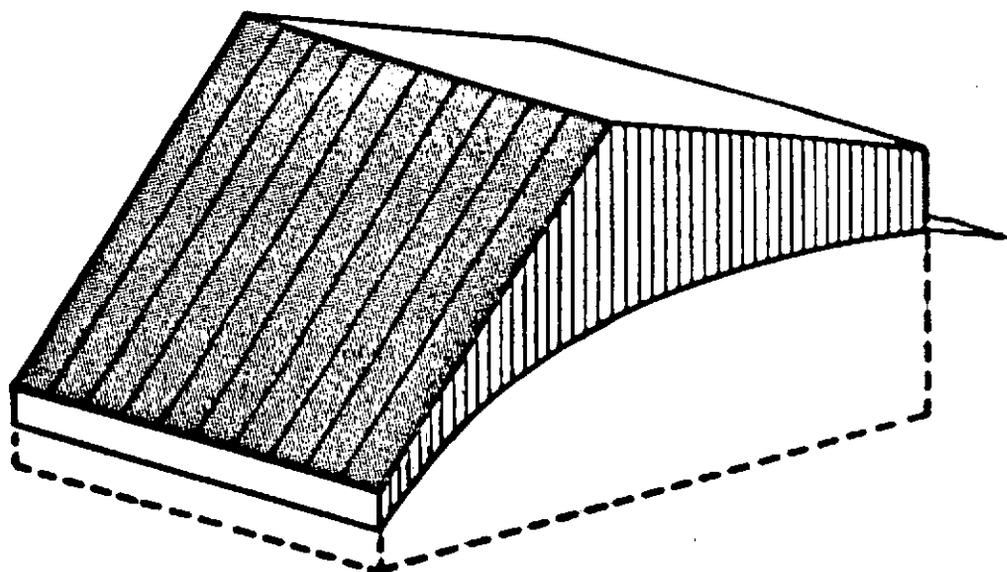
El muro constituye la mejor solución, porque no solo pueden recupe-

rarse más fácilmente sus pérdidas, restituyendo el calor absorbido durante el día a los ambientes habitables, sino que, además, por la noche ofrece una protección con respecto al ambiente bastante frío que reina en el invernadero durante el invierno. (Ejemplo IV-IV). Si el espacio del invernadero no se considera como "habitable" puede decirse que con un mínimo de protección nocturna, el invernadero realizará efectivamente su función de espacio-moderador.

El invernadero es un sistema complejo, difícil de dominar y parece adaptarse mejor a los climas donde domina la radiación difusa. En los otros climas que se distinguen por radiaciones directas intensas, el invernadero exige estar equipado de protecciones térmicas porque puede agravar las condiciones interiores con relación a las del exterior.- Incluso con estas precauciones y con una fuerte inercia térmica interna de los locales adyacentes, hay que prever variaciones térmicas interiores bastante marcadas en los climas donde las variaciones de temperaturas y la intensidad de la radiación solar son fuertes (climas mediterráneos del interior y de la montaña, climas desérticos de altitud).

1.6.- Partidos básicos para diferentes climas. (Fig. 8 - IV - 9-IV - 10-IV y 11-IV).

- 1.6.1.- Clima frío : La reducción de pérdidas imprescindible en climas fríos, puede ser resuelta por una construcción en parte enterrada y favoreciendo la acumulación de nieve contra los muros y techos en aquellos lugares donde nieva. Este tipo de construcciones fueron utilizadas por siglos en los países escandinavos, por ejemplo. Requiere además una solución formal para conseguir la no resistencia al viento y la no exposición a los vientos dominantes.
- 1.6.2.- Climas cálidos y húmedos : Requieren sombreado y una gran ventilación, ya que el aire próximo a la saturación, solo puede recibir pequeñas cantidades de vapor de agua. Es importante que el organismo sienta sensación de confort al poder evaporar la transpiración y esto solo se consigue renovando constantemente la masa de aire. Se pueden adoptar formas de campana de chimenea o elevar las construcciones. Es importante que los muros sean livianos y en lo posible calados.-
- 1.6.3.- Climas templados : La humedad que se acumula en el interior del edificio y de los materiales de construcción debe ser controlada mediante la exposición al sol y al viento. Esto hace desaconsejable las construcciones enterradas que sí son convenientes para los climas más fríos.

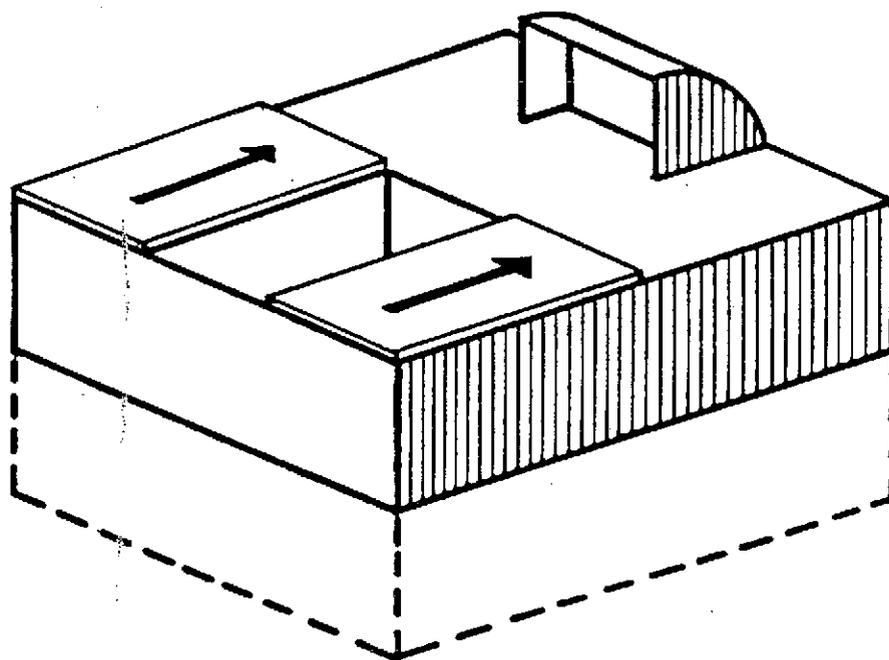
CLIMA FRIO

Máximo de conservación térmica

Máximo de ganancia solar

Mínimo de resistencia al viento

Fig. 8-IV

CLIMA CALIDO Y SECO

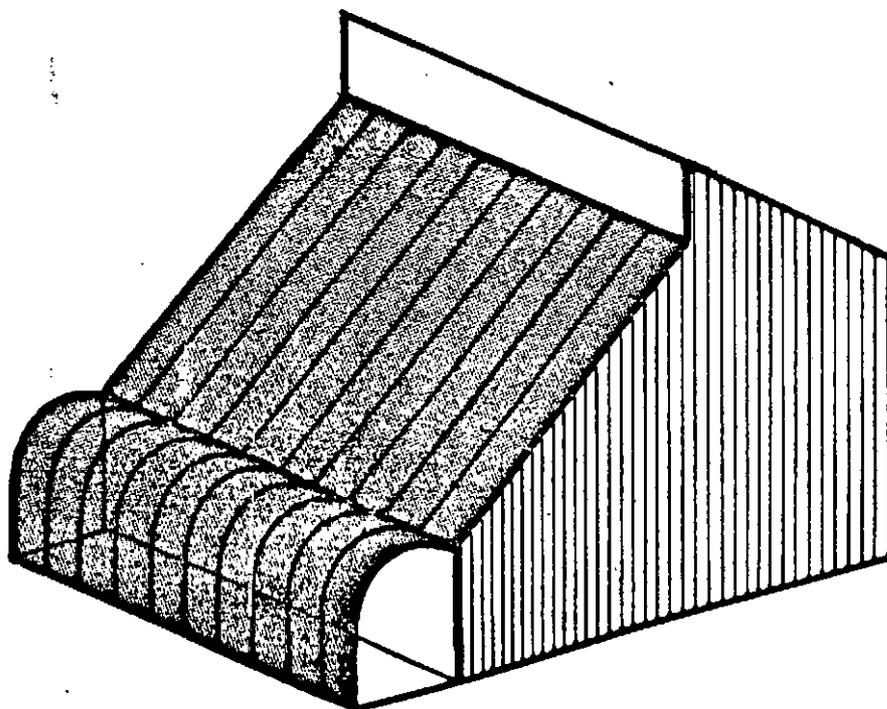
Mínimo de ganancia solar

Resistencia al viento moderada (polvo)

Corriente de aire moderada

Fig. 9-IV

CLIMA TEMPLADO



Conservación térmica moderada

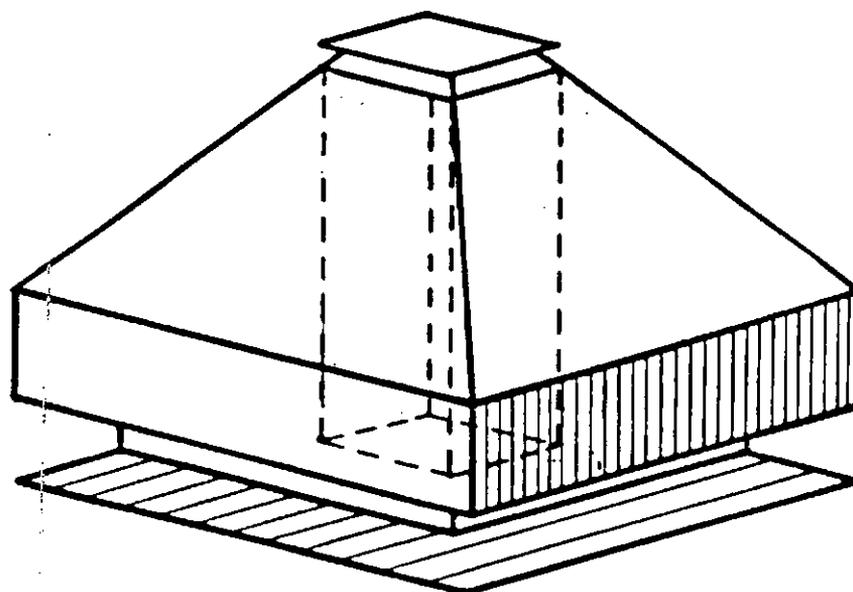
Ganancia solar moderada

Ligera exposición al viento (control de humedad)

Corriente de aire moderada

Fig. 10-IV

CLIMA CALIDO Y HUMEDO



Máximo de resistencia al viento

Máximo de corriente de aire

Los invernaderos y otros dispositivos de calefacción solar pueden usarse ventajosamente. Además el refrescamiento solo es necesario durante una parte del verano y puede estar asegurado por tragaluces o ventanitas en los techos u otros sistemas de ventilación que reduzcan las necesidades energéticas suplementarias. Por su variabilidad constituye un tipo de clima - que presenta dificultades muy serias para soluciones solamente pasivas.

1.6.4.- Climas cálidos y secos : En este caso, el confort diurno depende principalmente de la posibilidad de obtener una reducción adecuada de la radiación solar, tanto directa como reflejada por solados o por las edificaciones vecinas. Se trata principalmente de un problema de protección donde es importante seleccionar bien los materiales de paredes y techumbres. Es aconsejable el empleo de masas importantes. El aire en circulación no ofrece muchas ventajas en interiores a no ser que se enfríe y filtre. Los muros tendrán ventanas pequeñas y persianas que protejan de la radiación diurna. Es aconsejable el empleo de patios con vegetación caduca que aseguran la intimidad y permiten tener asolamiento en invierno. Las lucarnas y tragaluces en techos pueden ser utilizados para ventilar la casa.

1.7.- Uso térmico del color :

El color de una superficie hace variar el coeficiente de absorción de la radiación solar. Esto es importante porque permite diferenciar mediante el color en que casos queremos absorber y en que casos queremos reflejar. Las superficies de colección expuestas a la radiación directa deben absorber la máxima cantidad de energía. El negro no refleja ningún color y absorbe casi toda la luz (90-98%). Inversamente, el blanco brillante refleja casi todas las longitudes de onda, absorbiendo muy poco (15-40%). Todos los otros colores están en porcentajes intermedios, en proporción a su saturación, tono y brillo.-

En una superficie de determinado color, la radiación es absorbida selectivamente de acuerdo con las longitudes de onda incidentes. Entonces una pintura blanca reciente tiene una absorptividad de solo 12% para la radiación solar de onda corta (luz visible), pero la absorptividad para la radiación de onda larga (que puede provenir de otras superficies a temperaturas ordinarias) es alta ($\sim 95\%$). Consecuentemente esta superficie tendrá también una emisividad del 95% para ondas largas y será un buen radiador, perdiendo fácilmente el calor del mismo hacia superficies - más frías (o a la bóveda celeste), siendo al mismo tiempo un buen reflector de la radiación solar.

Por el contrario, un metal pulido tiene muy baja absorptividad y emisividad para la radiación de onda corta y larga. Si bien es un buen reflector de la radiación, es un pobre radiador y pierde difícilmente su propio calor (o el calor del muro o cubierta en contacto) por enfriamiento radiante.

En síntesis, el color de una superficie da una buena indicación de su absorptividad a la radiación solar. La absorptividad decrece y la reflectividad aumenta con la claridad del color. Pero el color no indica el comportamiento de una superficie con respecto a la radiación de onda larga.

Por ejemplo : las pinturas negra y blanca tienen muy diferentes absorptividades para la radiación solar y una superficie negra se vuelve mucho más caliente por la exposición al sol. Pero las emisividades de onda larga de los dos colores son iguales y se enfrían igualmente a la noche por radiación a la bóveda celeste. (Ver fig. 12-IV).

Fig. 12-IV Absorbancia y emitancia de superficies

superficie	absorbancia para radiación solar	a y e 10. a 40 °C
Negra, no metálica	0.85-0.98	0.90-0.98
Ladrillo rojo, piedra, teja	0.65-0.80	0.85-0.95
Ladrillo amarillo y color cuero, piedra	0.50-0.70	0.85-0.95
Ladrillo, piedra, teja color crema	0.30-0.50	0.40-0.60
Cristal de ventana	Transparente	0.90-0.95
Aluminio, oropel o bronce brillantes	0.30-0.50	0.40-0.60
Latón, aluminio mates, acero galvanizado	0.40-0.65	0.20-0.30
Latón, cobre pulidos	0.30-0.50	0.02-0.05
Aluminio, cromo pulidos	0.10-0.40	0.02-0.04

1.8.- Decisiones importantes en el diseño para un clima determinado; Emplazamiento, orientación, inercia, masa, aislación, protección y ventilación. Aplicación a clima cálido-seco.

En un clima cálido seco lo más apropiado es una edificación para uso esencialmente interior (o de lo contrario para un uso fundamentalmente exterior como en la vivienda espontánea de Santiago) y cuya configuración sea compacta. Si hemos de reducir esfuerzos físicos deberemos además prever superficies de fácil limpieza, reducción de distancias entre zonas y evitar escaleras en lo posible, lo que beneficia a los usuarios al reducir movimientos, esfuerzos y fatigas.

Las superficies expuestas al sol deberán reducirse al máximo. La orientación que deben tener las superficies extensas de muros son al Norte y al Sur para que la edificación reciba la mínima acción solar. La peor orientación es la del Oeste (cargas máximas de temperatura sol-aire). Los espacios no habitables en forma permanente como almacenes, servicios, etc. pueden usarse eficazmente como barrera térmica, situándolos en el Oeste y en el Este del edificio.

Es fundamental la existencia de sombras sobre cubiertas, paredes y espacios exteriores.

Se deben emplear materiales de bajo calor específico para apantallar las aberturas con el objeto de asegurar su rápido enfriamiento después de la puesta del sol.

En el caso de conjuntos de viviendas, es aconsejable la alineación de edificios ubicándolos próximos entre sí, con un eje principal orientado Este - Oeste.

En lo posible se buscará agrupar compactamente a los edificios con calles y peatonales estrechas, galerías, recovas, etc. y patios pequeños, con el objeto de conseguir un máximo de sombra y de ambiente fresco. Para conseguir sombras sobre las techumbres un método eficaz es construir una segunda cubierta sobre la primera. Es necesario separarla completamente del tejado principal para disipar el calor mediante el aire que circula por el espacio entre ambas y emplear superficies reflectivas en las dos cubiertas. La superficie del techo inferior deberá reflejar las radiaciones de temperaturas bajas (longitudes de onda infrarroja) emitidas por la cubierta superior calentada por el sol. Es conveniente utilizar superficies metálicas pulidas.

Naturalmente, en la mayor parte de los climas cálidos, casi todas las actividades diarias se realizan en el exterior, por lo que es necesario preparar los espacios exteriores con el mismo cuidado que los edificios.

Los edificios próximos a los espacios abiertos así como los pavimentos y el terreno seco se calientan rápidamente provocando deslumbramientos y haciendo sumamente incómodo el uso de los espacios exteriores durante el día. Durante la noche estas superficies irradian el calor almacenado durante las horas de luz solar. La estrechez de las peatonales o el cerrado de los recintos exteriores con paredes protegidas por sombras, pueden evitar los efectos citados, al tiempo que también protegen del polvo y los vientos cálidos. La existencia de los árboles, plantas y agua en los espacios cercados enfrían el aire por efecto de la evaporación a la vez que evitan el polvo y proporcionan sombra y alivio visual y psíquico.

En este tipo de clima, los patios son los espacios abiertos óptimos. - En ellos se almacena aire frío por ser más denso que el aire caliente que lo rodea. Si el patio es pequeño, es decir tiene un ancho menor que la altura puede el aire frío estratificarse. Las paredes elevadas que lo rodean le proporcionan sombras, quedando grandes áreas del suelo del patio y de las paredes protegidas del sol durante el día. Lo mismo que el aire; las paredes y el terreno a nivel del patio reciben calor radiante del medio que los rodea; pero este calor se vuelve a enviar al cielo abierto durante la noche.

En cuanto a techumbres, paredes y aberturas el método básico de absorber las elevadas variaciones térmicas diurnas, consiste en emplear estructuras de elevada capacidad térmica. (las paredes y en especial

los techos deben estar contruidos con materiales pesados). Es necesario disipar a la noche el calor almacenado durante el día y la disipación de calor por la noche debe activarse mediante una adecuada ventilación.

En cuanto al diseño de las ventanas, éste viene impuesto por dos necesidades :

- 1) Durante el día, provocar ausencia de aberturas o si existen, deben ser pequeñas y en las partes altas de las paredes.
- 2) Durante la noche poder contar con aberturas grandes para ventilar el calor emitido por paredes y techos.-

Una solución clásica de la arquitectura colonial en nuestro país, ha sido en este sentido, el diseñar grandes ventanas con contraventanas interiores de resistencia térmica igual a la de las paredes (con esta solución puede haber problemas de iluminación en el día y de seguridad o aislamiento en la noche, ya que deberán permanecer cerradas en el día y abiertas en la noche). De allí el generalizado uso de las rejas con el que se solucionó el segundo problema.-

También pueden establecerse espacios separados para ser habitados, - algunos en el día y otros por la noche; los primeros contruidos con materiales de elevada capacidad térmica, los segundos contruidos con elementos delgados y materiales ligeros que se enfrían rápidamente - después de la puesta del sol. Hay que tener en cuenta también que el terreno es un valioso medio de almacenamiento y transferencia del calor. El edificio deberá estar en contacto lo más perfecto posible con el terreno y es preferible que los pisos sean macizos.

En ningún caso deberá edificarse sobre pilares. Se obtienen resultados óptimos cuando el terreno que rodea al edificio disfruta de sombra durante el día y está abierto a la radiación al espacio durante la noche. En cuanto a colores y texturas las superficies exteriores pulidas o pintadas en colores claros reflejan gran parte de la radiación solar incidente. Para las techumbres que tienen la posibilidad de irradiar al espacio es más ventajoso el empleo de superficies blancas (tiene mayor emitancia que las superficies metálicas pulidas).

Los colores oscuros deberán evitarse siempre (esto abarca al color natural de cerámicos, lajas, etc.).

Con respecto a la ventilación, ésta deberá ser la mínima compatible con la higiene (durante el día). Las tomas de aire deberán situarse de forma que éste sea lo más limpio de polvo y lo más fresco posible e incluso en caso necesario debe conducirse aire fresco por conductos a los puntos más críticos. De esta forma el ambiente fresco existente en las horas nocturnas se mantiene durante el mayor tiempo posible.- La ganancia interna de calor, debida a cuerpos humanos, cocina e iluminación, puede constituir un problema. La ventilación natural solo puede disipar el calor interno que está a mayor temperatura que la del aire exterior. En lo posible las zonas que son fuentes de calor, deben aislarse y ventilarse independientemente.

En salas o lugares de reunión (escuelas, salas de conferencias, etc.) el calor emitido por los cuerpos es absorbido y acumulado por la envolvente, a partir de cierto punto la temperatura del aire se eleva y cuando supera la temperatura del aire exterior se puede evitar que siga elevándose practicando una amplia ventilación.

Una intensa ventilación de noche es necesaria para disipar el calor almacenado en todos los casos. Será ventajoso que las corrientes de entrada de aire durante la noche recorran primero las superficies interiores que se encuentren a temperatura más alta. Debido a que las superficies más calientes suelen ser los techos o las superficies interiores de los tejados, es conveniente entonces que las aberturas de aire tengan su dintel superior al mismo nivel que los techos.

En un techo doble, la cubierta superior irradiará durante el día a la cubierta inferior. Si el espacio entre ambas cubiertas está cerrado, el aire allí encerrado puede alcanzar temperaturas muy elevadas. Esto se puede evitar manteniendo una amplia ventilación entre las dos cubiertas. Debe aclararse que la ventilación no reduce el calor transmitido por radiación a no ser por el efecto de bajar la temperatura de la superficie radiante hasta la temperatura ambiente. Por lo tanto es importante conseguir que las superficies de ambas cubiertas no estén a temperaturas altas. Otra forma de disminuir el calor transmitido por radiaciones entre las dos superficies consiste en la utilización de materiales de baja emitancia.

Ejemplo síntesis : Proyecto ganador del Concurso Nacional de Anteproyectos para EPEC en Villa Carlos Paz - Córdoba.

Ejemplo I - IV

Casa Karen Terry

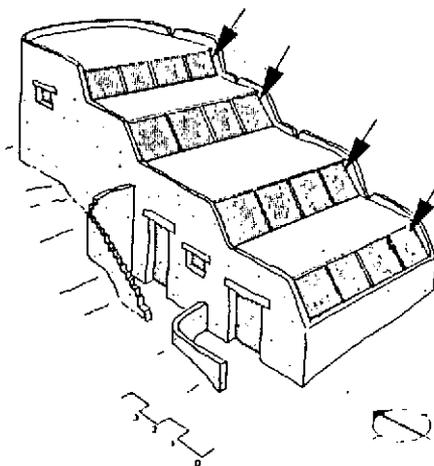
Concebida por D. Wright esta casa tiene una apariencia muy particular. Pero lo pintoresco de ella está enteramente motivado por el clima, la situación, el deseo de utilizar la radiación solar de la forma más sencilla posible y de responder al modo de vida propio de sus ocupantes.

El clima de la región de Santa Fe es el de una región montañosa con contrastes de temperatura bastante fuertes. El invierno es seco y frío mientras que el verano es muy cálido y seco. También existen grandes diferencias de temperatura entre los días y las noches, y aunque la latitud sea elevada, un importante número de horas de sol permiten que éste se utilice para climatizar los edificios.

El paraje donde está situada esta casa es la vertiente de una pequeña colina expuesta al Sur, lo que ha motivado la realización de una sucesión de seminiveles que siguen la pendiente para evitar los pisos que habrían comprometido la utilización del efecto de invernadero.

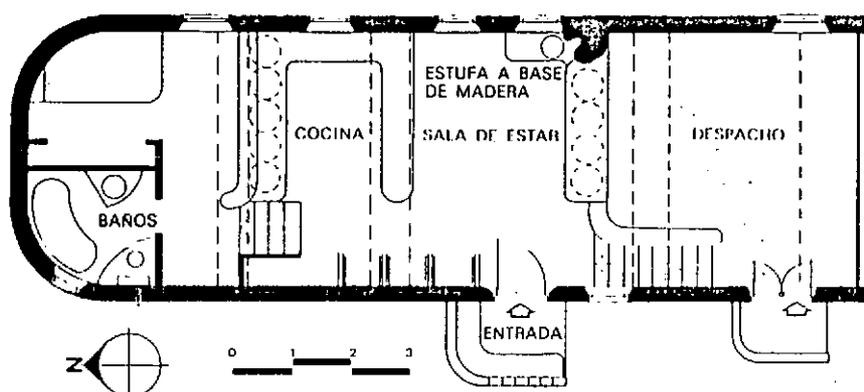
Los elementos de captación son simplemente unas vidrieras inclinadas unos 60° con respecto al sol, de las que la más baja constituye una especie de ventana y las otras tres unos lucernarios entre los techados planos desfasados. La forma de restitución del calor, únicamente por radiación y convección, obliga a crear un espacio interior muy abierto en el que pueda circular el aire calentado.

Las diferentes actividades llevadas a cabo en esta casa producen ellas mismas algo de calor, y cada una sigue unos criterios de bienestar diferentes.-

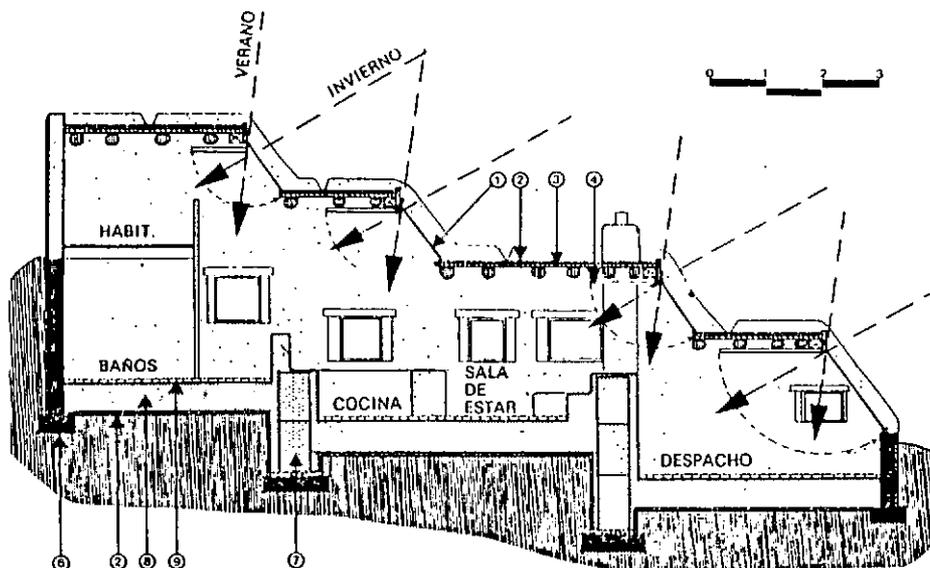


De este modo, la búsqueda del emplazamiento óptimo de cada una de las actividades ha llevado a colocar en la parte de abajo las que producen un calor y oxígeno menos, y hacia lo alto las que producen menos y necesitan más. - Gracias a esta localización, el calor suplementario "recuperado" convecta hacia lo alto de la vivienda en escalera y constituye una aportación complementaria no despreciable.

Desde la parte baja hacia lo alto se suceden : el taller con las máquinas, la sala de estar y la cocina (con la chimenea), después los baños y la habitación situada sobre el tragaluz del fondo.



PLANTA



Sección.

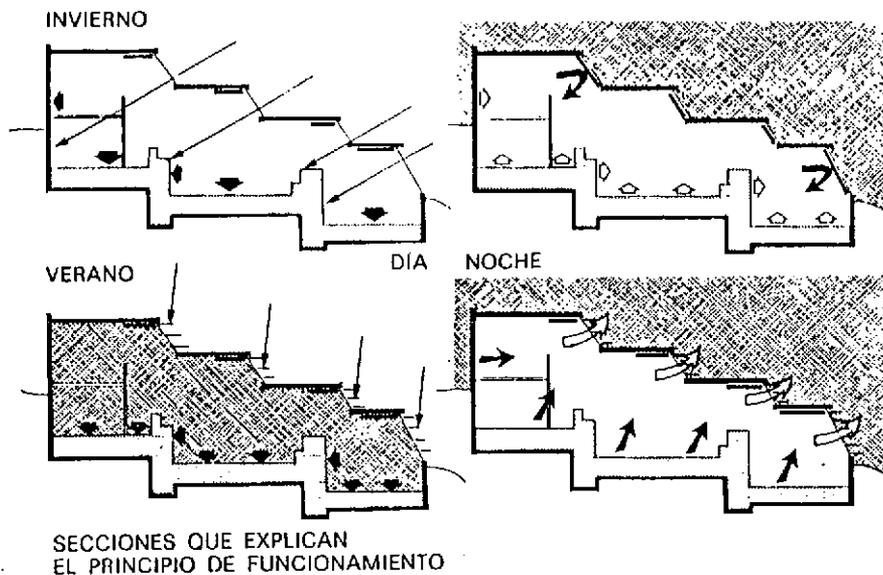
1) vidriera. 2) aislamiento poliestireno. 3) panel de madera. 4) contraventana aislante que se abre. 5) murete de tierra. 6) cimientos y muro de hormigón. 7) bidones de metal de 200 l llenos de agua. 8) tierra compactada. 9) ladrillos de suelo colocados sobre arena.

Unas ocultaciones interiores aislantes permiten cerrar las vidrieras y controlar los intercambios positivos y negativos. Unos parasoles móviles instalados sobre las vidrieras en verano hacen posible impedir la aportación solar, sin molestar a la luz ni a la vista.

El funcionamiento es muy simple, análogo al de todas las casas bioclimáticas. En invierno, la radiación penetra y calienta los muros, suelo y bidones de agua escondidos constituyendo los muretes de separación entre los seminiveles inferiores. Cuando el tiempo es nuboso o por la noche, se bajan los aislamientos interiores para impedir las pérdidas (efecto de invernadero negativo). La masa interior, cuya temperatura se eleva con el sol, restituye su calor y climatiza el interior. Su autonomía cubre un período de unos tres días sin sol; pasado este tiempo, se han de encender las estufas a base de madera.

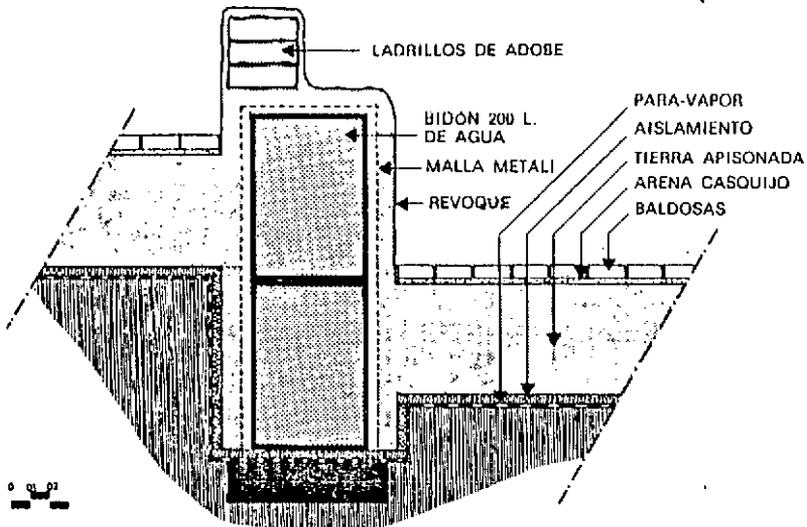
En verano, las necesidades de frescor son menores debido a la inercia de la casa y por la instalación de parasol sobre las vidrieras. Si es necesario, unas válvulas de ventilación permiten refrescar el interior durante la noche, lo que hace bajar suficientemente la temperatura de la masa que durante el día absorbe el excedente de calor.

Hasta ahora, este sistema ha permitido cubrir el 95% de las necesidades de climatización de invierno y la totalidad de la climatización de verano (en que las "necesidades" efectivas se vuelven insignificantes por la concepción misma, climáticamente adaptada).

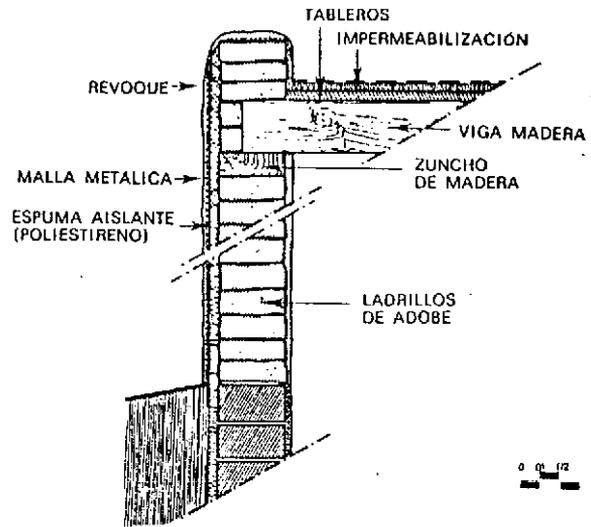


Esta concepción representa una innovación con relación al clásico efecto de invernadero de las casas de adobe (estilo Wright) por la utilización de una

masa suplementaria de agua que aumenta la capacidad térmica y alarga el período de restitución.

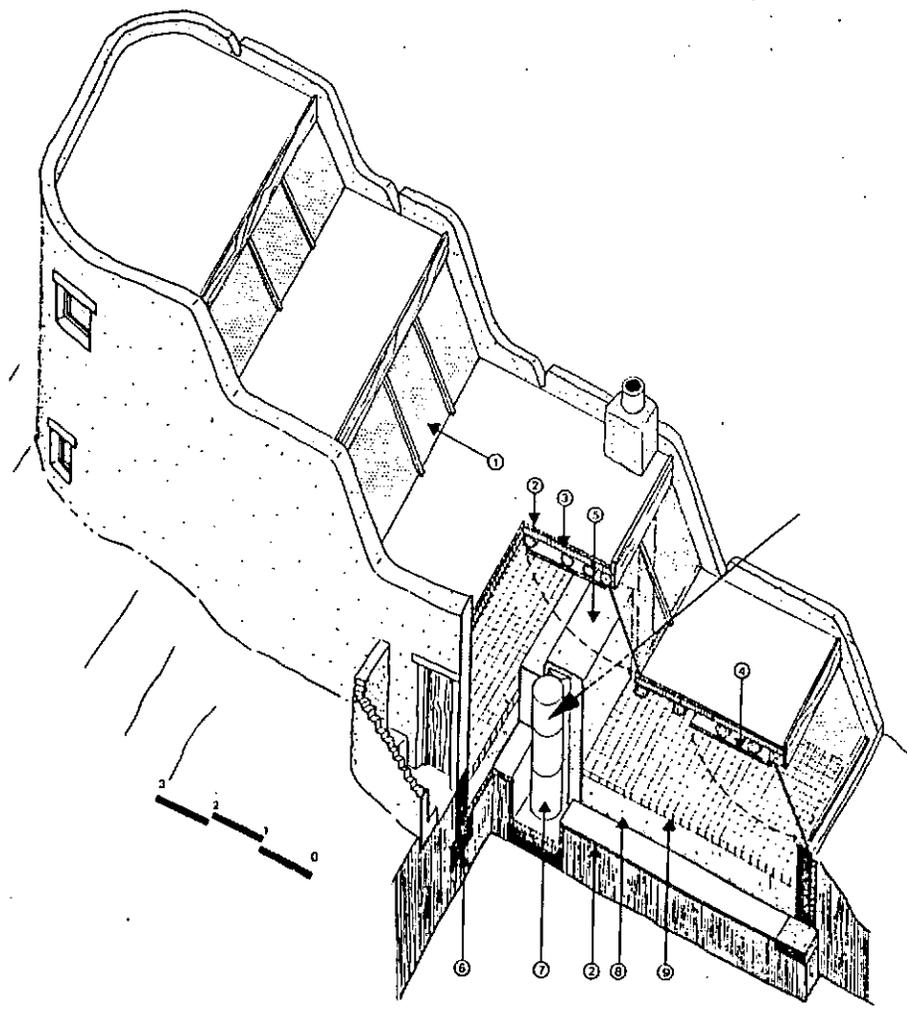


SECCIÓN-DETALLE SOBRE SUELO Y MURETE



SECCIÓN DE DETALLE

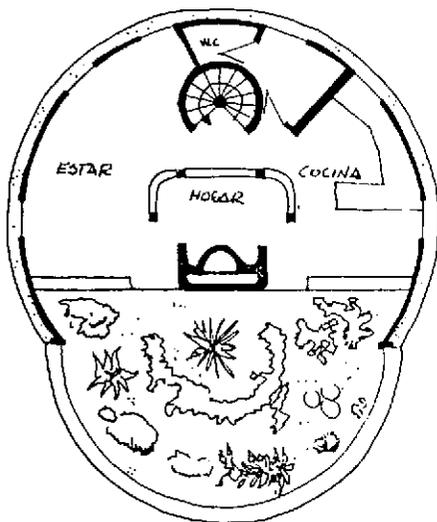
Por otra parte tiene la ventaja de dividir la superficie de aventanamiento en varios elementos en lugar de un solo vano, que por su tamaño puede molestar (falta de intimidad, luz matizada en la casa). En una palabra, sus semi-niveles cortan el inevitable espacio abierto necesario para la buena repartición del calor restituido, y que no siempre es una decisión arquitectónica feliz (no hay diferenciación, espacio demasiado amplio visualmente, etc.).



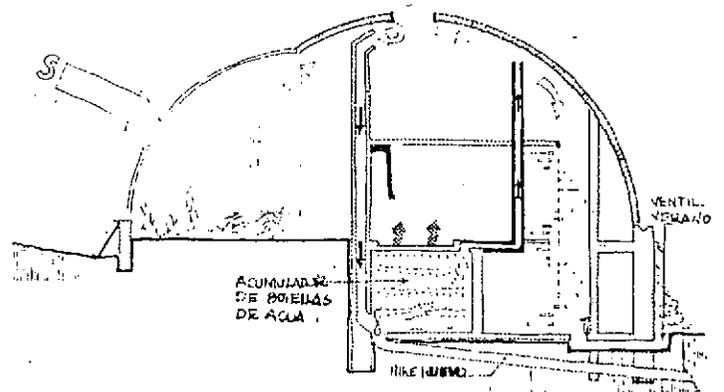
Ejemplo II - IV

Casa Barreau

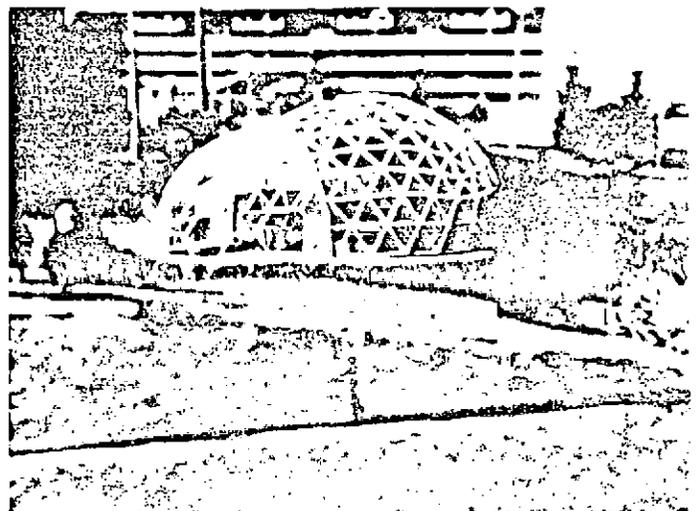
Ejemplo de un volumen que establece el menor contacto con el exterior : casa Barreau, en Lot y Garona, Francia a $44^{\circ} 15'$ Lat. N. Son dos semiesferas que se interceptan, una encierra el espacio de la vivienda y la otra el invernadero. Construidas con un sistema de prefabricación en madera y buenas aislaciones ofrecen óptima resistencia a los vientos. Cuenta con un sistema de acumulación en agua. El aire caliente asciende y es tomado de la parte superior de la cúpula para ser conducido al acumulador donde circula entre botellas de agua, a las que cede su calor, que será reflejado al ambiente por radiación cuando sea necesario. Cuenta además, con una toma de aire subterráneo y una ventilación de verano que incluye la apertura del ojo de la cúpula.



PLANTA BAJA



ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



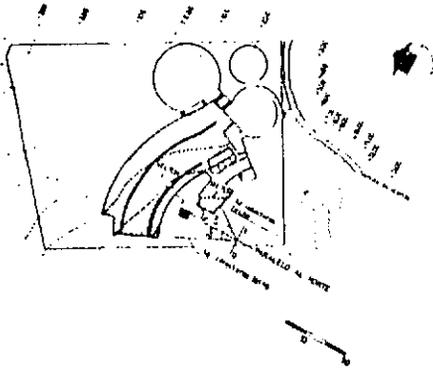
Ejemplo III - IV

Escuela-Albergue en Acoyte - Pcia. de Salta.

El clima y el partido adoptado.

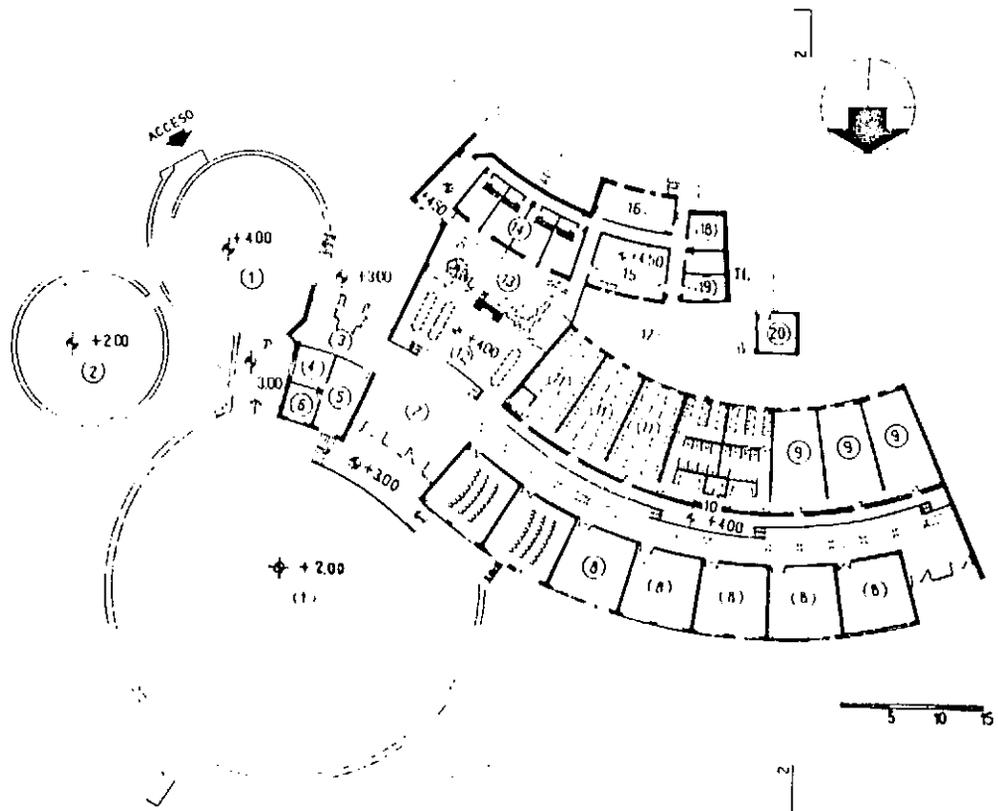
La localización es la Puna en donde el clima es frío y seco, sin nevadas. Del análisis de los datos obtenidos en la estación Meteorológica de La Quiaca, aplicados aquí por analogía, los arquitectos hacen las siguientes consideraciones :

- la gran amplitud térmica (23° C en invierno y 14° C en verano) se convierte en el principal problema a resolver. Ello es consecuencia del efecto com-



Planta de ubicación.

Planta. 1, patio; 2, corral; 3, hall; 4, reunión docentes; 5, secretaría; 6, dirección; 7, S.U.M.; 8, aula; 9, dormitorio niños; 10, sanitarios; 11, dormitorio niñas; 12, comedor; 13, jardín escolar; 14, área para docentes; 15, cocina; 16, planchado-lavado; 17, patio de servicio; 18, depósito general; 19, dispensa; 20, grupo electrógeno, bombas de agua, colector agua caliente, tanques de agua.



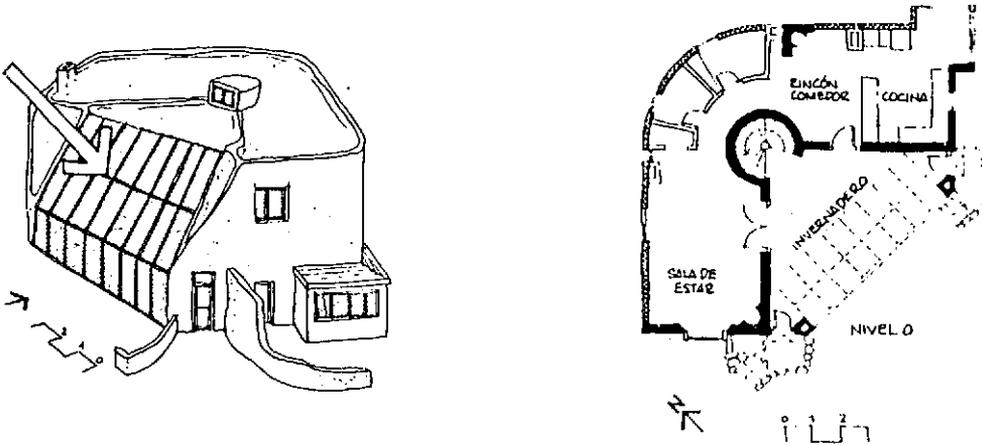
Ejemplo IV - IV

Casa Balcomb en Santa Fé. Nuevo Méjico (EE.UU.) a 35o Lat. N°.

Balcomb, es uno de los expertos mundiales en arquitectura pasiva; trabaja en el laboratorio de Los Alamos, prestigioso en EE.UU. por las investigaciones en energía nuclear. Él era en su origen un Ingeniero nuclear y tiene una rigurosa metodología de trabajo.

Así en el término de 7 y 8 años desde 1975, ha medido infinidad de muros con distintos espesores, aislaciones, etc.

Balcomb compró una casa diseñada por energía solar, al estilo Puebla con técnicas de adobe, la modificó y terminó haciendo de su casa una de las más claras desde el punto de vista de la utilización de elementos y de la definición de un partido para el aprovechamiento de la energía solar.



La planta es simétrica respecto al eje del sol y ofrece la menor resistencia posible a la orientación más desfavorable donde generalmente influyen los vientos más fríos.

Delante hay un gran espacio de invernadero que es el centro del partido (la casa se desarrolla en L); detrás del invernadero, un grueso muro de adobe divide la casa en sí misma del invernadero y todo el resto del perímetro es la típica vivienda norteamericana hecha de madera y aislaciones, solamente que acá las aislaciones son bastante considerables.-

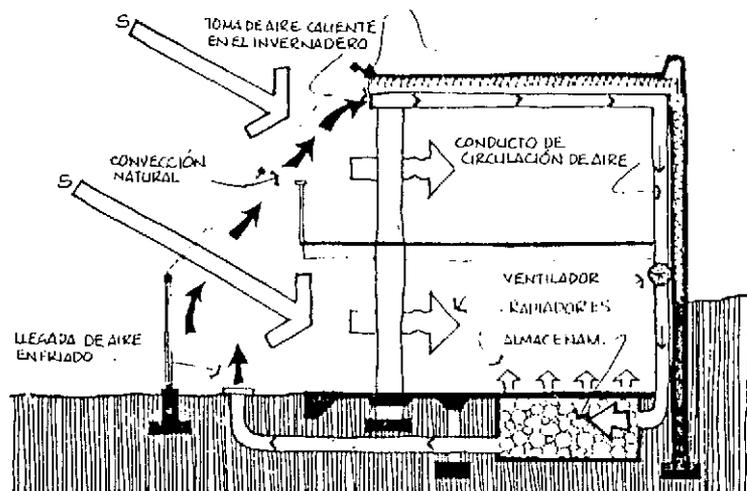
La radiación que incide libremente en el invernadero y que calienta el aire es absorbida por este muro y luego de ciertas horas, según el espesor, es transferida hacia el interior. Pero no es este el único mecanismo de la casa de Balcomb, que es prácticamente pasiva.

También existen conductos que toman aire de la parte superior del invernadero, como la casa de las semiesferas que vimos en Lot y Garona impulsándolo con un ventilador lo llevan al acumulador de piedra, con el que calientan parte del piso del living comedor y lo vuelven a mandar al invernadero.

La casa tiene pocas divisiones y los elementos como baño, lavadero, placard, están utilizados como espacios taponados.

A la planta alta se sube por la escalera que está dentro del invernadero, por lo tanto para pasar de un nivel a otro hay que pasar por el invernadero que constituye además un jardín interior.

En Planta alta los dormitorios están más aislados y cuando puede pone algún elemento como espacio tapón. En este sentido no es muy claro el armado, podría estar un poco más definido.



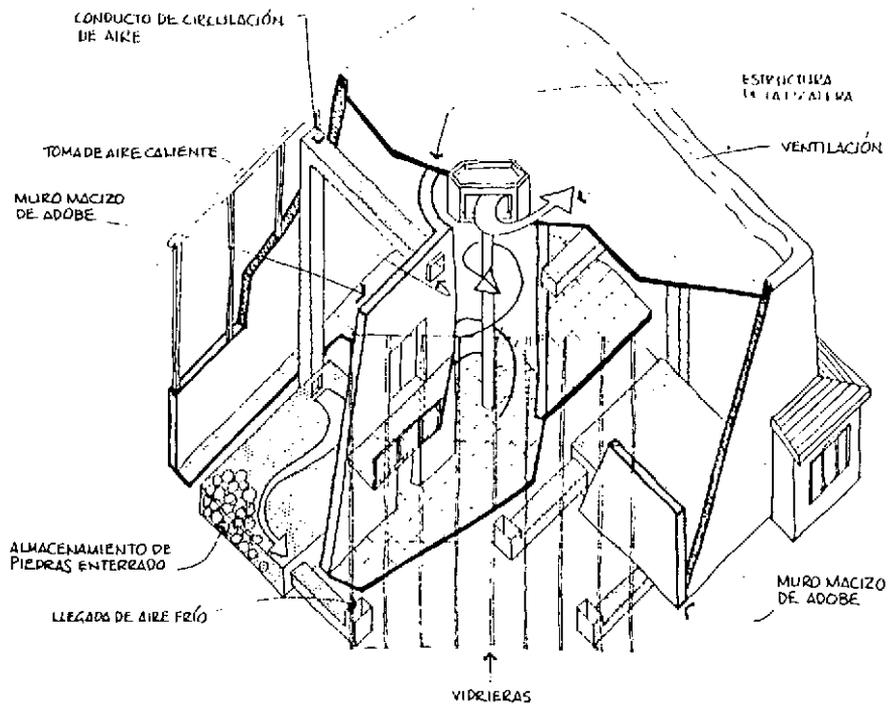
Si precisa calor durante el día, en invierno basta abrir la puerta del invernadero para que el aire caliente del lugar rápidamente pase al interior.

Para la ventilación, la escalera produce un efecto chimenea y arriba tiene una ventana que abre o cierra dos veces al año, toda la etapa del verano la tiene abierta para que ventile por allí, toda la etapa del invierno la tiene cerrada. En general la casa no tiene excesos y según midió con una Dataloyer, en invierno, cuando afuera hay -24° , la temperatura en el interior nunca baja de 7° en el invernadero y de 14° en el resto de la vivienda.

En verano, con una máxima media de 36° en el exterior, esta temperatura suele repetirse en la parte superior del invernadero, mientras que en la inferior hace 32° . En la vivienda hay 22° en el nivel inferior y 26° en el superior.

El verano se controla con la ventilación; no tiene protecciones salvo el balcón del primer piso, que produce sombra sobre la pared de adobe, un pequeño alero en el invernadero y la misma masa del muro divisorio que absorbe el exceso de calor. Se producen dos corrientes de aire : una desde las puertas frontales del invernadero hacia la ventana de la escalera, la otra entre dos ventanas laterales opuestas.

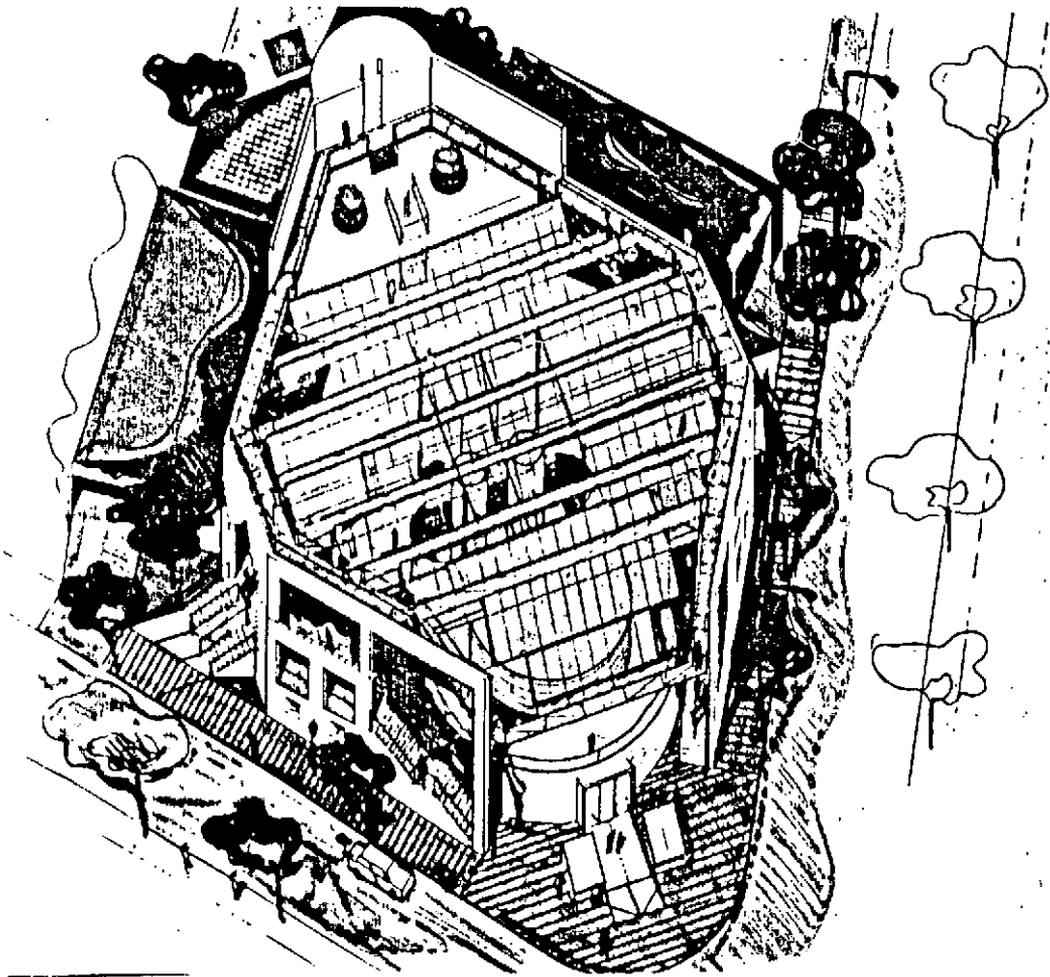
El lugar protagónico de la casa es el invernadero que constituye un espacio de diferenciación térmica, de acumulación del calor en invierno y de moderador con un elemento de masa que absorbe ese calor, y además resulta un lugar muy agradable.



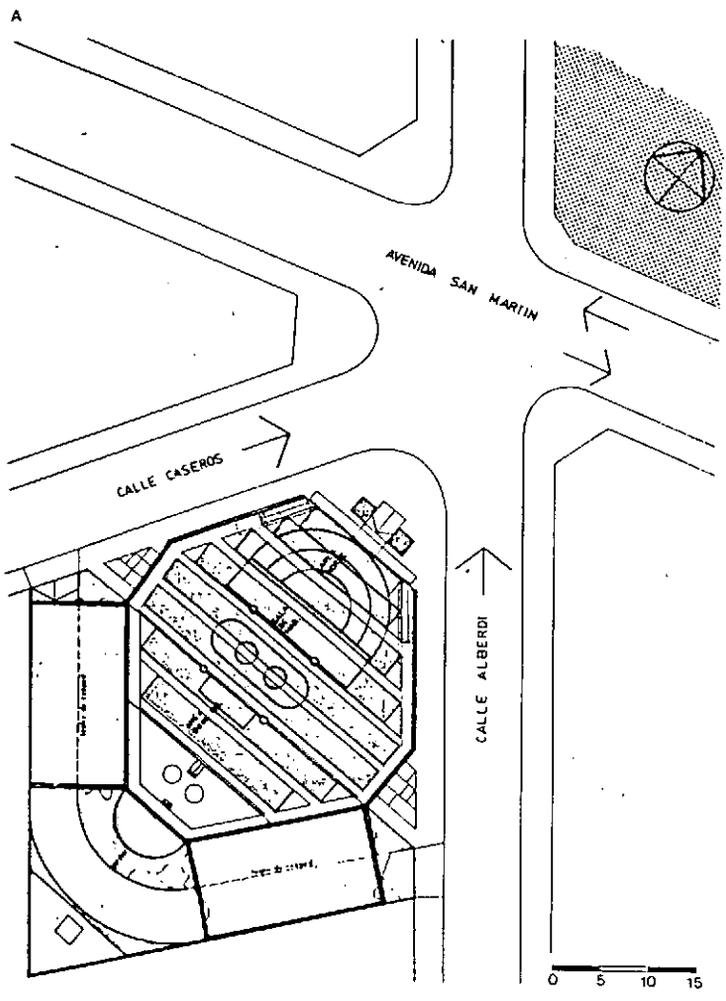
Ejemplo Síntesis.

Sede Administrativa en la Ciudad de Villa Carlos Paz de la Empresa Provincial de Energía de Córdoba. (EPEC).

El edificio, según exigencia del concurso, debía estar calefaccionado y refrigerado con energía solar, constituyendo un proyecto de demostración del aprovechamiento de esta fuente no convencional de energía.



Emplazamiento, orientación, simetría solar : Se valoró la privilegiada ubicación del terreno y la ventaja adicional del área de parque inmediata, buscando el partido arquitectónico resolver la escala doméstica de la ciudad, con sus características de paseo urbano, a través de la generación de una amplia plaza techada a nivel alto y con largas visuales panorámicas.



A
Planta do conjunto

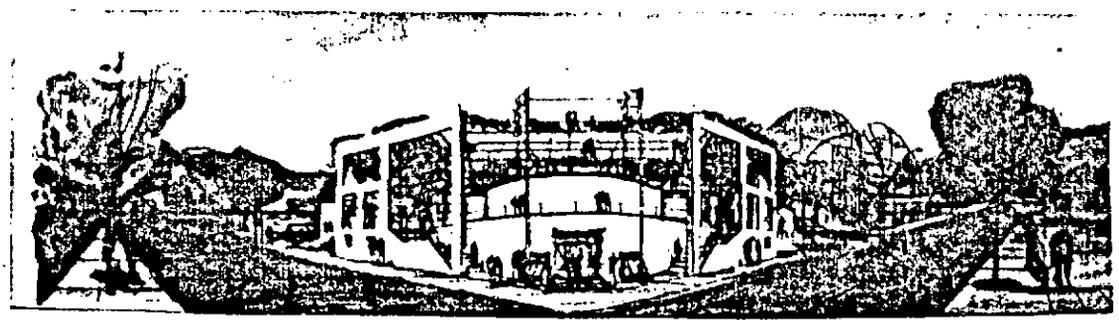
B
Planta nivel -0.50 m
1 Alrio acceso público; 2 hall público;
3 administracion; 4 oficina jefe;
5 mayordomia; 6 guardia; 7 sanitarios
público; 8 sanitarios personal; 9 taller
mantenimiento; 10 archivo

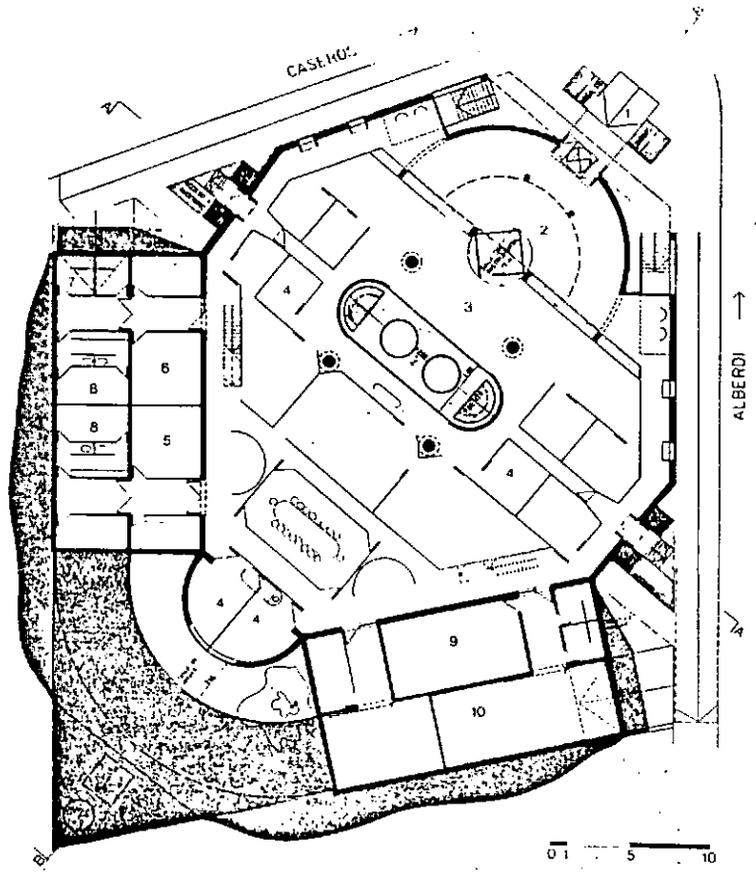
C
Planta nivel + 3.00 m
1 Hal exposiciones; 2 estacionamiento,
3 auditorio

D
Corte AA

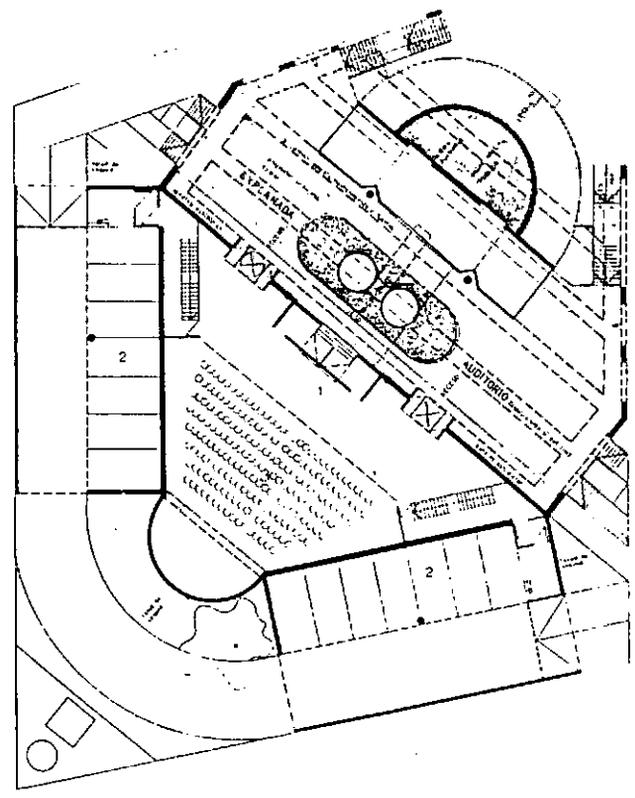
E
Corte BB

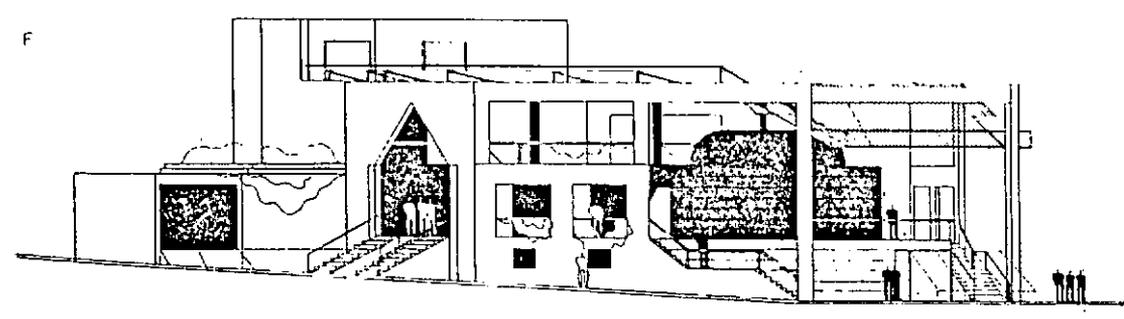
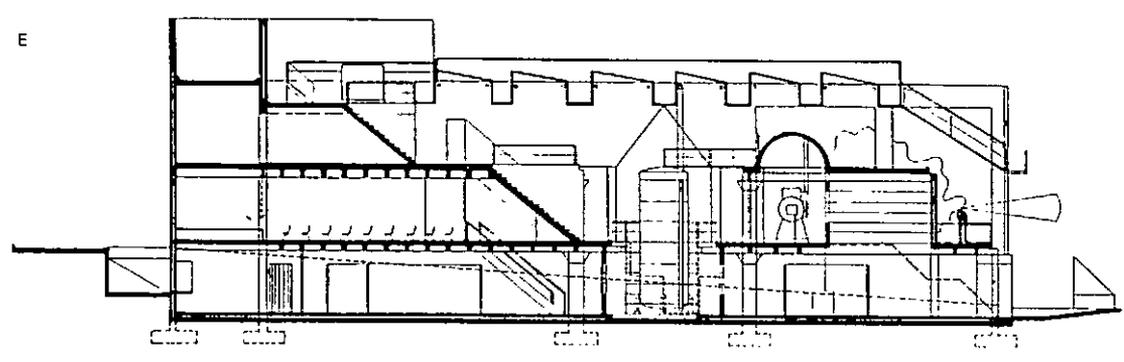
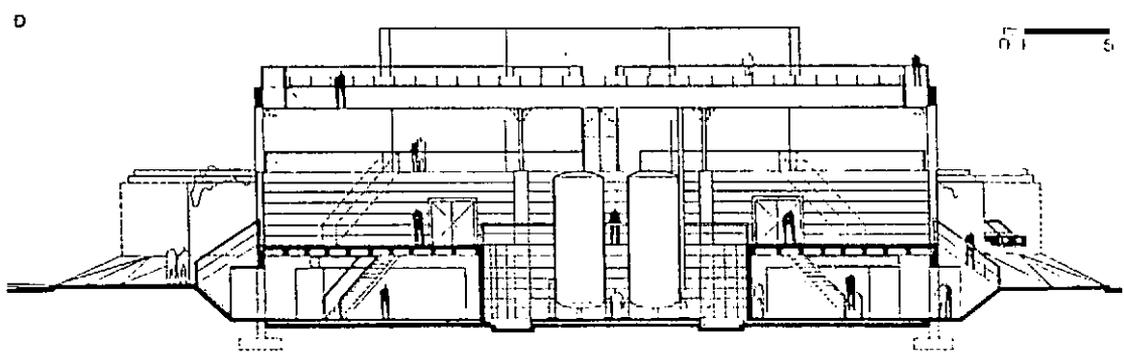
F
Vista sobre calle Alberdi



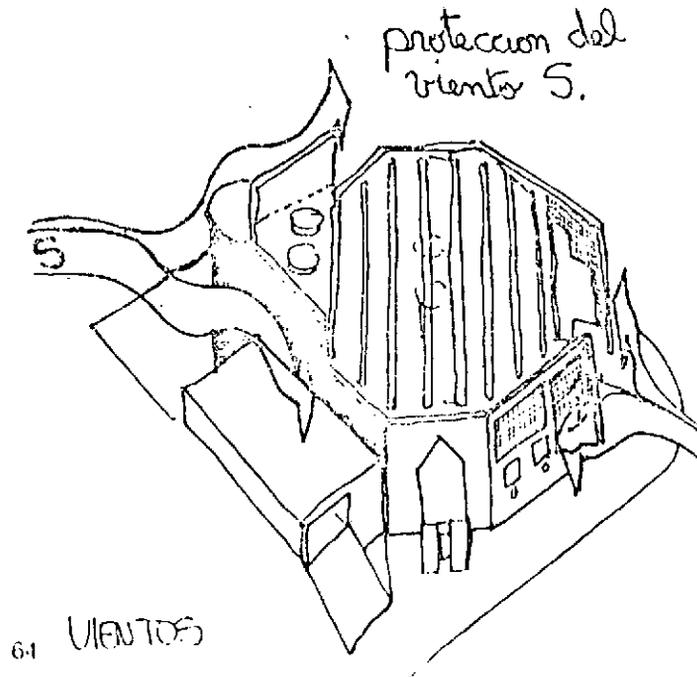


C





El eje del partido, que es simétrico, está dado por la dirección del sol en el mediodía. Su fachada principal y las áreas de colección superiores se abren hacia el N. Por detrás se cierra a las orientaciones más desfavorables protegiéndose de los vientos del S.

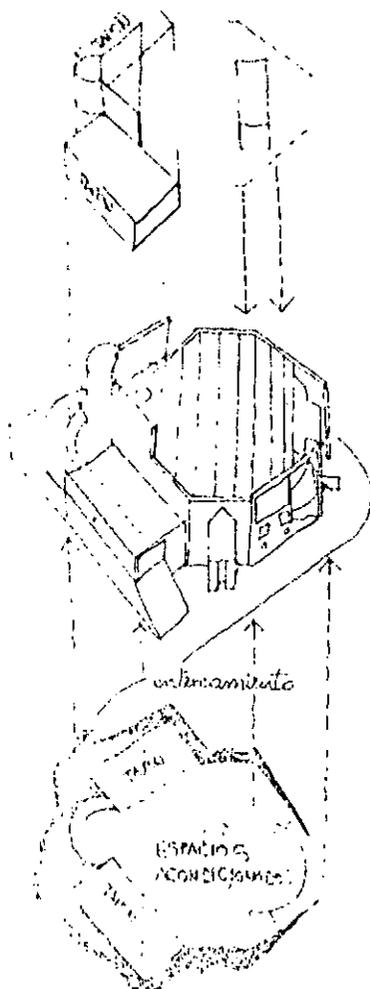


Forma, compacidad : Se adoptó el criterio de enterramiento parcial del nivel principal y el desarrollo de todas las funciones en un mismo nivel con el objeto de reducir las superficies expuestas y aprovechar el efecto amortiguador del terreno en paredes y pisos. La forma resulta compacta y la iluminación del área posterior de oficinas generales se resuelve a través de un patio interno (donde se ubicaron los tanques acumuladores del sistema y dos fuentes de agua que aprovechan el reciclaje del sistema de tratamiento de efluentes).-

Espacios tapones : La protección complementaria del cuerpo principal de oficinas se propone ubicando las áreas no acondicionadas, así como las áreas de servicios, con el criterio de espacio-tapón en la orientación más comprometida de las medianeras SE y SO.

También el sector de estacionamientos fue dispuesto en la parte posterior del edificio, organizado como calle vehicular que vincula las arterias que flanquean el terreno.-

En igual criterio se ubicó en el nivel superior el auditorio, de uso no permanente y acondicionamiento independiente, usado como espacio tapón, reduciendo la posibilidad de pérdidas por la cubierta.



Protecciones : Se reducen las cargas térmicas en el ciclo de verano utilizando los colectores a modo de pérgolas semitraslúcidas que cubren la plaza seca elevada. Se agrega un sombreado sobre la cubierta transitable mediante entramados en los planos laterales con refuerzo de vegetación trepadora de hojas caducas.

Estos contrafuertes laterales que constituyen la estructura portante de la pérgola técnica, son usados también para el control de vientos. Las aberturas del área principal administrativa fueron diseñadas desde la perspectiva del ciclo de verano procurando en su ubicación relativa un dimensionamiento adecuado a la creación de un plano de sombreado.

Aislación, uso térmico del color : Se efectuó un refuerzo de la aislación en el techo de las oficinas y se usó un solado de buen nivel de reflectancia.