



03045  
2  
24

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**PARAMETROS QUE INTERVIENEN Y SE  
INTERRELACIONAN PARA DEFINIR LA ZONA DE  
CONFORT HIGROTERMICO, DENTRO DE UN AMBIENTE  
ARQUITECTONICO, DISEÑADO PARA LA PRACTICA DE  
ACTIVIDADES DEPORTIVAS**

Tesina que presenta Néstor Alejandro Mesa Arizabalo  
para obtener el diploma de:

**ESPECIALISTA EN HELIODISEÑO**

1997



Posgrado en Energía Solar  
de la  
Unidad Académica de los Ciclos  
Profesional y de Posgrado del  
Colegio de Ciencias y Humanidades

División de Estudios de Posgrado de la  
Facultad de Arquitectura, UNAM



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**Sinodales:**

**Tutor:** Msc. David Morillón Gálvez

**Asesor:** Dr. Ernesto Jauregui Ostos

**Asesor:** Dr. José Diego Morales Ramírez

**Asesor:** Msc. Francisco Reyna Gómez

**Asesor:** Msc. José Alberto Valdés Palacios

## **Contenido**

### **Introducción**

**Capítulo 1 Parámetros Climáticos.**

**Capítulo 2 Parámetros Edilicios y de Uso.**

**Capítulo 3 Termofisiología del cuerpo humano.**

**Capítulo 4 Determinación de los Rangos de Confort.**

**Capítulo 5 Estudio experimental de campo y análisis de resultados.**

**Capítulo 6 Conclusiones**

**Bibliografía**

## Introducción

## Introducción

La imperiosa necesidad de protegernos de las condiciones adversas del clima no es algo de esta época. Viene ya desde épocas remotas, en las que el hombre primitivo, sin la utilización de "teorías arquitectónicas" y, aprovechando las herramientas que le proveía la naturaleza, trataba de conformar un lugar de habitación confortable. Las respuestas directas brindadas por la Arquitectura Vernácula, a través de años de " *prueba y error* ", sustentadas en un conocimiento intuitivo del clima, da como resultado, aplicaciones correctas de "estrategias" básicas de diseño regional. Cada proyecto de edificación, debe adecuarse al clima del lugar en el que se inserte, para no caer en la problemática de la utilización desmesurada de sistemas activos de acondicionamiento térmico, que podrían evitarse en lugares que con el aprovechamiento de las condiciones climáticas, y un adecuado diseño arquitectónico.

La envolvente arquitectónica, cumple la función de intermediar entre el clima exterior y las condiciones del interior. La elección adecuada de nuestra envolvente, nos daría como resultado que las fluctuaciones exteriores sean atenuadas para mantener un microclima interior dentro de rangos de confort.

Para involucrar los factores climáticos y lograr un diseño bioclimático, se debe partir del conocimiento del comportamiento climático del lugar, de las actividades y horarios de usos de los futuros habitantes, de la ubicación y topografía del terreno. Esta etapa, corresponde a una *investigación*.

La siguiente etapa es la de *análisis* de los aspectos anteriores para posteriormente poder realizar una *tercer* etapa que corresponde a la *síntesis* de las necesidades o requerimientos térmicos de nuestro proyecto.

Con el estudio de toda esta información, es posible establecer las estrategias o *propuesta* de diseño adecuado al clima del lugar, seleccionando las diversas posibilidades de diseño pasivo, así como forma, materiales orientación y disposición del edificio. Tomando del clima aquello que convenga y en otros casos protegiéndonos del mismo. Una vez establecidas las estrategias de diseño, es necesario por medio de simulación, verificar su funcionamiento térmico, y en el caso de requerirse, hacer una reformulación del mismo.

En este trabajo se analizaron los diversos elementos que intervienen, para desarrollar un proyecto de arquitectura bioclimática, aspectos climáticos, parámetros de uso, características de la edificación, primordialmente basados en la interrelación de variables. Todos estos elementos fueron sintetizados por diversos autores en los llamados Diagramas Bioclimáticos, en los cuales se definen zonas de confort térmico las cuales son resultado de experimentaciones. Otras investigaciones, llegan a resultados empíricos de rangos de confort térmico, obtenidos a través de cálculos matemáticos.

En el presente trabajo se presenta una investigación en la que se analizó, mediante encuestas, a 376 personas desarrollando distintas actividades deportivas en las salas de actividades físicas de la UNAM. Los resultados obtenidos se compararon con la información de las tablas y gráficas de confort térmico empíricas, realizadas por diversos autores en otras regiones. Analizando así la validez de la transpolación y posterior utilización de las mismas, en casos que se presentan en condiciones distintas, a las analizadas en dichos estudios. Resultando en casi todos los casos necesario, un ajuste de los rangos de gráficas y algoritmos para su correcto funcionamiento en situaciones distintas a las que les dieron origen.

**Capítulo 1**  
**Parámetros climáticos**



## Capítulo I

### Parámetros climáticos

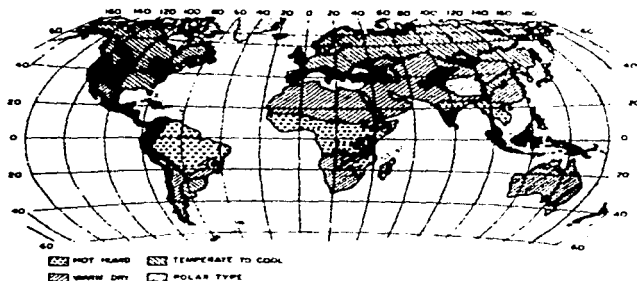
Se puede definir como clima de un lugar, al conjunto de fenómenos meteorológicos que se presentan en dicha región.

Los datos climáticos que brindan los centros meteorológicos, pueden llegar a ser sumamente vastos y complejos, de ahí la importancia de saber interpretarlos, y a la vez, extraer sólo aquellos que sean relevantes para analizar comportamiento del clima de una región.

### Clasificaciones climáticas

Las clasificaciones climáticas se basan en unificar regionalmente zonas en las que las principales características meteorológicas son coincidentes (figura 1.1). En sí, no hay dos regiones que tengan el mismo clima, considerando el amplio espectro de variables que intervienen. Dichas clasificaciones son muy variadas, tanto dependen del autor que las realice, como de la región en que fueron realizadas, y tienden a simplificar y ordenar el tema, separando las regiones por sus características más notorias.

Figura 1.1. Distribución climática mundial simplificada de Köppen.



Las clasificaciones más generales acostumbran a utilizar términos como clima tropical húmedo, templado seco, subtropical húmedo, tropical con influencia del Monzón, englobando a las regiones principalmente por características como son la temperatura media, precipitaciones y vientos.

Cada una de las anteriores clasificaciones climáticas, cuentan con lo que se denomina como microclimas locales.

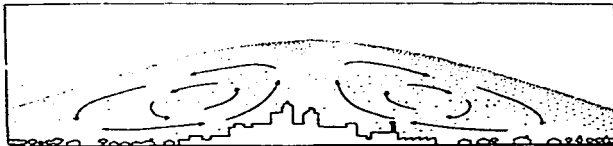
#### Microclimas

Poseen microclimas aquellas zonas en las cuales sus características climáticas, varían notablemente a las de la región en que están inmersas. Diversas cuestiones provocan la aparición de microclimas. Estos son debidos a condiciones de urbanización, localidades costeras, en proximidades de grandes espejos de agua o en zonas montañosas. En todos estos casos no existen reglas específicas que permitan englobar las características climáticas, debiendo realizarse una evaluación específica para cada situación especial.

**Microclimas urbanos:** Las grandes masas urbanas generan la aparición de las denominadas "islas de calor" (figura 1.2), especialmente en el invierno. Este fenómeno se produce principalmente por:

- a. - diferencias en la rapidez de enfriamiento nocturno
- b. - mayor captación de la radiación solar en el día, de la ciudad con respecto al campo.
- c. - escasez de áreas verdes en las ciudades (sumideros de calor sensible)
- d. - calor producido por vehículos y fábricas.
- e. - menor movimiento del aire en los cañones urbanos.

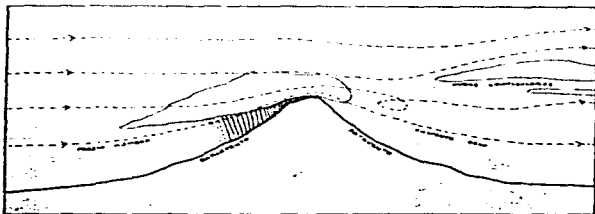
Figura 1.2 Microclimas urbanos. Esquema gráfico de la " isla de calor "



**Microclimas de montaña:** En las zonas de montañas se presentan dos climas en función de la dirección del viento, clima de sotavento y clima de barlovento (figura 1.3). En el clima de barlovento el viento golpea los macizos montañosos ascendiendo, dejando la mayor parte de la humedad, siendo frecuentes las lluvias en esta zona, continuando hacia las zonas de sotavento con aire más seco. Al superar la cima montañosa, región de sotavento, continúa con aire seco que se calienta a razón de  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  por cada 100 m. de descenso.

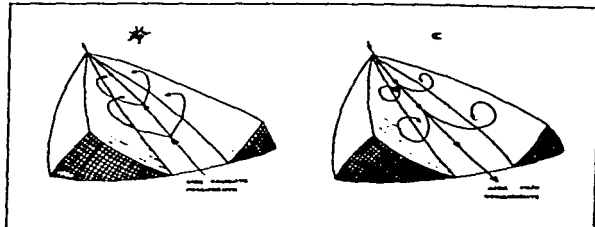
Las áreas de sotavento se caracterizan por el aire más seco y cálido con días despejados, poca precipitación pluvial, intensa radiación solar con grandes oscilaciones térmicas. En la zona de barlovento, el aire es más húmedo, con días cubiertos con abundantes precipitaciones, que en consecuencia generan poca radiación solar y pequeñas oscilaciones térmicas.

Figura 1.3 Movimientos característicos del aire en los microclimas de montaña.



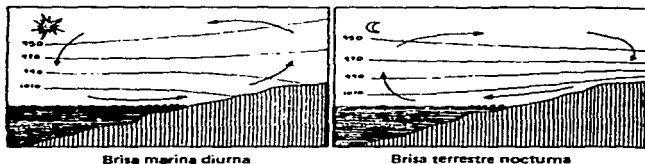
Además de estas dos macro-zonas se presentan además, microclimas de valles y de montaña. En esta situación se presentan brisas particulares que dependen de calmas generales del aire. Los primeros rayos solares calientan las laderas, en mayor medida, respecto del valle, generando una brisa ascendente. En la noche se invierte la situación haciendo que el aire que está sobre la ladera, se enfríe desfilándose hacia el valle (figura 1.4).

Figura 1.4 Microclimas montañosos, movimientos diarios del aire.



**Microclimas costeros:** la presencia de grandes masas de agua genera un efecto amortiguador de las temperaturas, debido a su alta inercia térmica y al aumento de la presión de vapor atmosférico. Las diferencias de presión que se dan entre el continente y el agua, se invierte del día a la noche. Durante el día la tierra aumenta su temperatura más rápidamente que el agua por su menor capacidad térmica, generando una menor presión sobre la tierra que favorece la aparición de una corriente de aire desde el agua hacia la costa. Durante la noche se invierte la situación, ya que la tierra se enfría más rápidamente, provocando un aumento en la presión del aire que favorece la aparición de una corriente de aire desde el continente hacia el agua (figura 1.5). En zonas cálidas húmedas puede aprovecharse este tipo de corrientes de aire de baja velocidad para refrescar el interior de los edificios.

Figura 1.5 Movimientos típicos del aire en los microclimas costeros



Brisa marina diurna

Brisa terrestre nocturna

### **Variables climatológicas que tienen relación directa, con el confort térmico.**

Muchas son las variables climatológicas de las que se puede disponer. De todas estas variables, solo algunas son de utilidad para poder hacer un estudio detallado del clima de un lugar y así, desarrollar una propuesta arquitectónica que de una respuesta óptima al comportamiento climático.

A continuación se enumeran aquellos elementos climatológicos, que tienen relación directa con nuestro confort térmico.

#### **Temperatura**

Es una propiedad intensiva de los cuerpos que representa una magnitud escalar de su actividad molecular. Es un característica climática con que se evalúa la comodidad. Es el factor del cual se tiene mayor antecedente y es el único que se mide en todos los observatorios y servicios meteorológicos.

Los instrumentos, utilizados para las mediciones térmicas son los termómetros, ya sean los denominados de bulbo húmedo o los de bulbo seco (figura 1.6).

Dentro del espectro de mediciones térmicas, las que a continuación se describen, pueden considerarse como indispensables para un estudio climático detallado.

Los datos de temperatura se presentan estadísticamente como:

**Medio Diaria:** Se refiere al promedio de las temperaturas horarias durante las 24 horas del día.

**Medio Mensual:** Es el promedio a lo largo del mes de las Temperaturas Medias Diarias.

**Promedio Mínima Y Máxima Mensual:** Son los promedios a lo largo del mes de las temperaturas Mínimas y Máximas Diarias respectivamente.

**de Bulbo Seco:** Es la que se registra con los termómetros corrientes de columna de mercurio, que utiliza el principio de la dilatación, del fluido.

**Figura 1.6. Termómetro convencional de bulbo seco.**



*de Bulbo Húmedo*: Es la que indica un termómetro cuyo bulbo está cubierto con muselina que permanece humedecida, en torno del cual el movimiento del aire es continuo. El resultado corresponde al punto de rocío del aire que lo rodea, es decir, la temperatura a la cual se satura y deja de evaporar agua el fieltro.

*Sol-Aire*: Es la temperatura con la contribución directa del sol.

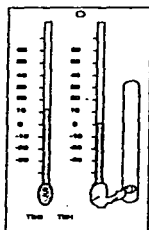
*Radiante*: Es la que registra un termómetro de globo, que consiste en un termómetro corriente dentro de una esfera de cobre hueca de aproximadamente 15 cm de diámetro, pintada tanto interior como exteriormente con pintura negro mate. La temperatura radiante es la sumatoria de la influencia de la temperatura del aire y de la radiación incidente.

*Efectiva*: Es el primer intento de medir los efectos de distintas variables, sobre la sensación de confort térmico. Tiene en cuenta la relación entre la temperatura de bulbo seco, la temperatura de bulbo húmedo y la velocidad del aire, medida en metros por segundo.

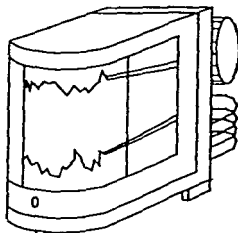
## Humedad

Es el contenido de vapor de agua presente en el aire (se mide por la altura de la columna de mercurio). A mayor temperatura hay mayor porcentaje de agua en el aire. Otros instrumentos muy utilizados para medir la humedad son los psicrómetros y termohigrógrafos (figura 1.7). El vapor de agua es de vital importancia, ya que juega como "abrigo" al absorber en forma selectiva la irradiación terrestre.

Figura 1.7 Higrómetro y termohigrógrafo, instrumentos utilizados para la medición de la humedad del aire.



HIGRÓMETRO



TERMÓHIGRÓGRAFO

**Humedad Absoluta:** presión de vapor de agua contenida en el aire a una temperatura dada, expresada en mmHg

**Humedad Máxima:** presión del vapor de agua contenida en el aire en caso de saturación total, a una temperatura dada

**Humedad Relativa:** es la relación porcentual de la presión parcial de vapor respecto a la presión de saturación del vapor a la temperatura de la mezcla

Punto de roscío: temperatura en la cual el vapor de agua satura el espacio.

La humedad ambiental no sólo se presenta en forma de vapor de agua en el aire en forma de nubes, sino también en forma de precipitaciones, nebladas, escarcha, agua nieve y heladas.

Es importante el dato del número de días de cielo cubierto de nubes en una zona, para tener una idea aproximada de la posibilidad de aprovechamiento de la energía solar

### **Radiación Solar**

El flujo integral emitido por el sol, según la teoría ondulatoria representa una serie infinita de oscilaciones electromagnéticas elementales con diferentes longitudes de onda, medidas en milésimas de micras. La luz puede dividirse en rayos visibles (luz blanca con longitud de onda de 400 a 700 m $\mu$ ), y rayos invisibles que son los ultra violetas con longitud de onda de 280 a 400 m $\mu$ , y los infrarrojos de 700 a 3800 m $\mu$ . Las longitudes de onda con mayor acción local son: 290 a 315 m $\mu$ .

En las ciudades contaminadas disminuye en un 40 % la radiación general<sup>24)</sup>. La intensidad de la radiación depende, entre otros factores, de la latitud, el relieve, el día del año, el tiempo y la contaminación. Existe una reflexión de la luz, dependiendo de la superficie de impacto: nieve 85%, hierba verde 25 %, arena amarilla 34 %, arena gris 29 %, guijarro fino 28 %, agua 2 % ( rayos verticales), pavimento 40-50 %.

Es de los factores más importantes para analizar las características climáticas de una región. Al ser la fuente más grande de energía que hay sobre la Tierra, el conocer la cantidad e intensidad de radiación solar que impacta sobre la superficie terrestre de la zona de estudio, podremos analizar el potencial energético con que contamos

### **Presión Atmosférica ( PA)**

Es variable y depende de condiciones geográficas, época del año, momento del día, condiciones de atmósfera y altura.

La PA normal a nivel del mar es de una atmósfera ( capaz de equilibrar una columna de mercurio a 760 mm, a nivel del mar y latitud de 45 °). Se mide en mmHg o milibares (mb). Un milibar es: 0.7501 mmHg. Una atmósfera a nivel del mar presiona en 1 cm<sup>2</sup>, 1.033 kg. Las variaciones diarias de PA son del 4 a 5 mmHg, mientras que las anuales de 20-30 mmHg. La disminución de la PA antecede a tiempo lluvioso y nublado, mientras que el incremento de la PA antecede a clima seco y con descensos de temperatura. El aumento de la altura disminuye la PA y por lo tanto la presión parcial de oxígeno

#### Viento

Los contrastes térmicos que se dan sobre la corteza terrestre, derivan en desniveles en la presión atmosférica (PA). El movimiento de aire caliente del Ecuador hacia los Polos, y de aire frío de los Polos hacia el Ecuador, trata de restaurar el equilibrio perdido en los niveles de la PA. Los vientos se dan principalmente de lugares de mayor presión hacia zonas de menor presión. La velocidad del viento depende del gradiente barométrico restante en una región dada, cuando más grande sea, mayor será su velocidad.

Los datos que más nos interesan sobre el movimiento del aire son su velocidad, su frecuencia y su dirección predominante, ya sea diaria o estacionaria (figura 1.8).

La velocidad más favorable del viento es de 1 a 4 m/s (reposo y trabajo), es irritante a más de 6m/s. En los locales habitados: velocidad de aire menor a 0.1-0.3 m/s no favorece la disminución de la temperatura, la norma de bienestar es de 0.1-0.3 m/s, si es mayor produce sensación de corriente.

Teniendo ya los datos de las variables anteriormente descritas, el problema es su interpretación y representación gráfica acertada. Las gráficas de las figuras 1.9 y 1.10 que se presentan a continuación, son un ejemplo de representaciones de fácil lectura que, ayuda a poder aplicar de forma rápida y acertada la metodología a seguir.

Figura 1.8 Anemómetros, instrumentos de medición de la velocidad del aire

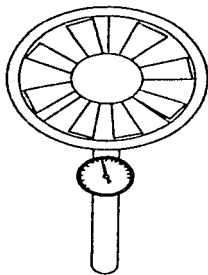




Figura 1.9 Representación gráfica de las características climáticas de una región, desarrollada por la Universidad de Zulia para la ciudad de Maracaibo

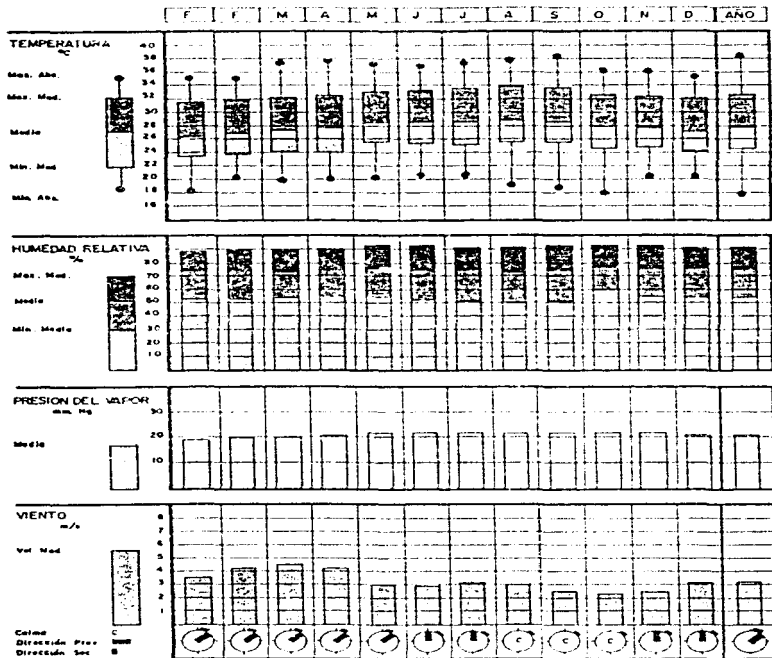
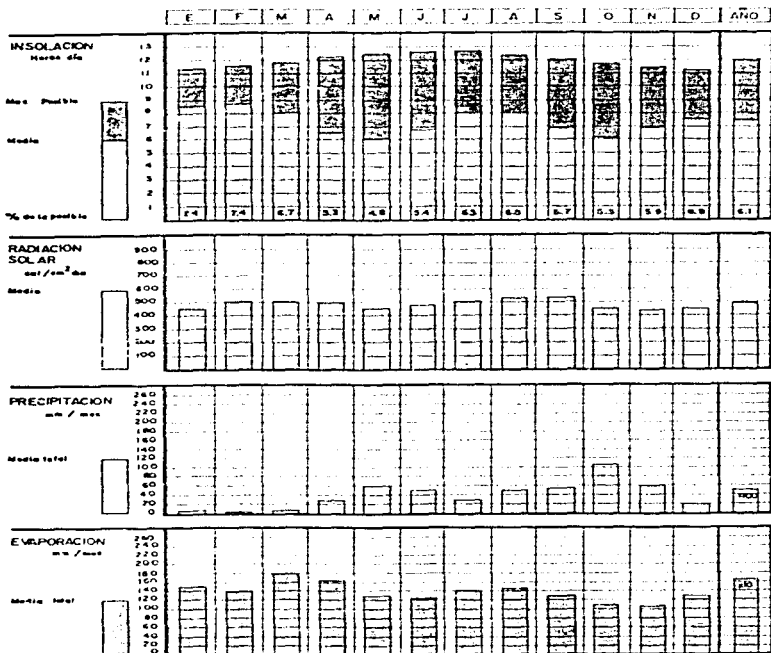


Figura 1.10 Representación gráfica de las características climáticas de una región, desarrollada por la Universidad de Zulia para la ciudad de Maracaibo





En la gráfica de la figura 1.11, se identifica una zona clara en la cual las condiciones imperantes, en el medio exterior, están por encima de la temperatura en la cual una persona se encuentra confortable. De esta manera clara y sintética, se puede identificar en que períodos y horas del año, se presentan problemas térmicos.

En el capítulo siguiente, se analizarán, las diversas estrategias arquitectónicas con que se cuenta, para afrontar dichos problemas.

**Capítulo 2**  
**Parámetros Edilicios y de Uso**

## Capítulo 2

### Parámetros Edilicios y de Uso

#### Parámetros Edilicios

Al hablar de parámetros edilicios, nos referimos a todas aquellas características arquitectónicas del proyecto, que son importantes para lograr una construcción que permita el buen comportamiento térmico de sus ocupantes, como son la relación de la envolvente con el medio físico exterior, la orientación del edificio, las características de los materiales a utilizar, entre otros.

#### Relación entre la superficie de la envolvente y el volumen de ocupación.

Es fundamental para nuestro estudio, la relación de los elementos de la edificación. Esta funcionara como una tercer capa protectora de los habitantes, si consideramos a la piel y a la vestimenta, como primera y segunda, respectivamente.

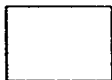
Ante la necesidad de una edificación, existe infinidad de posibilidades de respuestas con respecto a las formas resultantes. Como las construcciones planas de baja altura, las torres, construcciones compactas, y los diseños con espacios interiores libres. Todo este abanico de posibilidades de diseño, nos darán edificaciones de distintas respuestas térmicas en su interior. Pues al variar las formas, variamos el perímetro de la construcción, por ende aumentamos o reducimos la "cascara" de nuestro edificio. Es decir variamos la superficie de contacto con el medio ambiente, y esto puede ser o no perjudicial, dependiendo del resultado que tratemos de obtener. Al aumentar la superficie de contacto, hay más posibilidades de pérdidas o ganancias de energía térmica. Lo fundamental es que esto, no pase sólo por un capricho de diseño, sino que sea el fruto de un estudio minucioso de todas las posibilidades para lograr el efecto de climatización requerida.

Los resultados pueden ser muy variados, pero la elección óptima dependerá de las condiciones del lugar en el que se ubique la edificación. Por ejemplo, en las construcciones comprendidas en las áreas de latitudes cercanas al Ecuador, por el movimiento solar, amplias superficies de techumbres, serian perjudiciales por las ganancias de calor por conducción que se pueden presentar. En zonas cálidas es importante tener en cuenta la dirección e intensidad de los vientos predominantes, para poder utilizarlos como una opción viable para refrescar el interior de

nuestra construcción en horarios nocturnos. Otro caso sería en zonas frías, un volumen compacto evitaría las pérdidas de calor del interior, al reducir la superficie de los muros de contacto con el ambiente exterior frío. En la figura 2.1 tenemos distintos ejemplos de construcciones de igual superficie construida con diferencias notables en su perímetro, es decir, diferentes áreas de contacto con el medio ambiente. Los ejemplos son muchos y muy variados, y no sólo, en relación a las ganancias por radiación solar, sino también con respecto a los vientos predominantes.

Figura 2.1 Relación entre la superficie construida y la superficie de la envolvente

Superficie de la planta en todos los casos = 25 m<sup>2</sup>



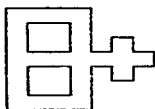
Perímetro figura A = 20 m



Figura B = 24 m



Figura C = 22 m



Perímetro figura D = 48 m

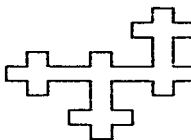


Figura E = 56 m

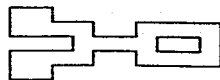


Figura F = 46 m

#### Orientación y superficie de sus muros y ventanas en el edificio

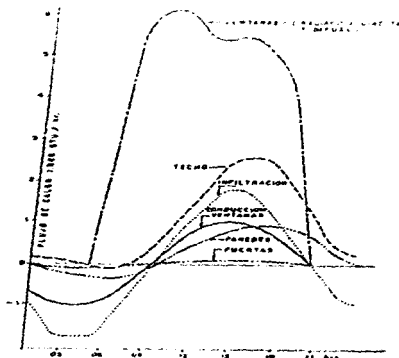
Hablando de diseño bioclimático, podemos tomar como una premisa fundamental que el sol es nuestra principal fuente de calor, y si la necesidad de nuestra construcción es calentar su interior, debemos aprovechar su radiación al máximo. En los casos en que necesitemos enfriar, debemos tratar de protegernos por completo de él.

Teniendo como base lo visto en el punto anterior, es de fundamental importancia el hecho de tomar una decisión acertada, con respecto a la orientación del edificio.

Una adecuada orientación de nuestro edificio, será el resultado, de un estudio detallado de la geometría solar (comportamiento del sol) de acuerdo a la ubicación del predio. Poder aprovechar las características específicas de asoleamiento, será un paso adelante para el buen funcionamiento del ambiente interior de nuestra edificación.

Por ejemplo, si nuestro problema es aumentar la temperatura interior de la edificación, se debe escoger la ubicación, forma y tamaño de nuestras ventanas, para captar al máximo la energía que el sol nos brinde, en forma de ganancias directas por radiación. A su vez, en respuesta a dichas orientaciones consideradas desfavorables, sería lógico, reducir o de ser posible eliminar las aberturas, para evitar así, pérdidas de calor no deseadas. Para ilustrar lo anterior, en la figura 2.2, se presenta los niveles de ganancias de calor, para las distintas partes de nuestra envolvente.

Figura 2.2 Ganancias de calor correspondientes a cada parte de una construcción tradicional<sup>(2)</sup>



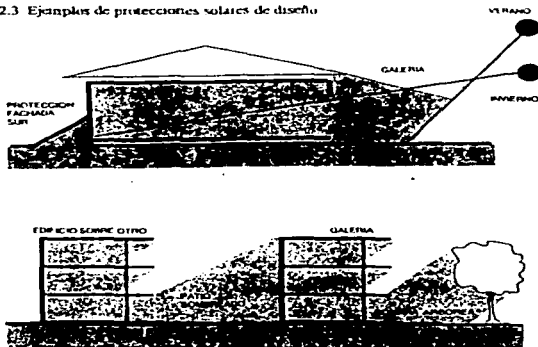


En el caso de climas cálidos, en los que es importante mantener nuestro ambiente interior protegido de las ganancias de calor solar, no sólo es fundamental la ubicación y tamaño de los ventanales, sino además es necesario el estudio de posibles protecciones solares, así como, conociendo las características de los vientos predominantes, podemos hacer uso de estas corrientes de aire, con sistemas de ventilación cruzada, lo que sería una respuesta viable en muchos casos, para lograr, un confort interior.

#### Diseño de los elementos de protección solar en las aberturas.

Con respecto al diseño de los elementos de protección solar en los ventanales, hay tres puntos importantes a considerar. Como primero y fundamental, es la orientación de la abertura. En aquellos casos en que por cuestiones de funcionamiento o diseño, la orientación de las ventanas no sea la adecuada, se puede contar con elementos de interposición naturales, como lo son barreras vegetales. Lo interesante de esta posibilidad, es la elección adecuada de las especies vegetales a utilizar (figura 2.3). Una barrera vegetal de hojas caducas, nos brindaría protección en la época estival, mientras que en el invierno, nos permitiría, de requerirlo, el ingreso de los rayos solares. A su vez, son importante fuente de protección y encauzamiento de los vientos.

Figura 2.3 Ejemplos de protecciones solares de diseño



En el caso en que las opciones anteriores no sean suficientes deberá hacerse uso de los elementos externos de protección como parasoles y aleros (figura 2.4). Se entiende como parasoles a todos aquellos elementos constructivos, diseñados exclusivamente con el fin de proporcionar protección contra la radiación solar directa incidente sobre una superficie. Los parasoles pueden ser horizontales, verticales o combinados, fijos o móviles, internos o externos. En la mayoría de los casos, una buena respuesta, es la utilización de aleros o voladizos, los que con un diseño adecuado, evitarán la radiación directa en verano, permitiendo el ingreso de los rayos solares en la época invernal. La ventaja de los voladizos sobre los parasoles verticales, es que no disminuyen la iluminación natural en el interior de los cuartos.

En cualquiera de los diseños, la protección será mucho más eficiente si se localiza en el exterior de las ventanas. Pues una vez que la radiación solar a travésado el cristal, parte de ella es reflejada al exterior por la protección, pero otra parte importante es absorbida por la protección y disipada al interior por convección y radiación infrarroja (figura 2.5). Otra componente posiblemente atraviese la protección e incida directamente sobre las superficies interiores del cuarto siendo absorbida por estas.

Figura 2.4 Ejemplo de los resultados que se obtienen con el uso de parasoles y protecciones solares.

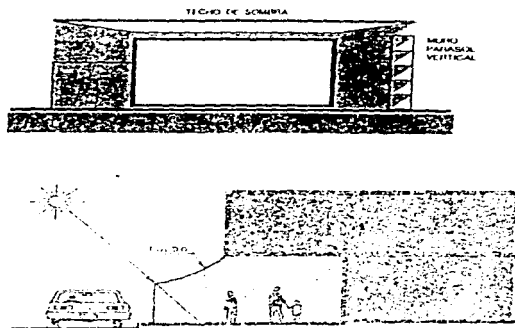
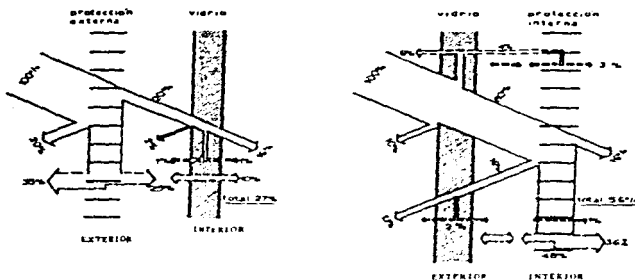


Figura 2.5 Funcionamiento de los paneles interiores o exteriores



#### Características de los materiales utilizados.

Las características de los materiales utilizados en la construcción son de sumo interés, para su descripción se incluirán dentro de tres grupos principales.

#### a.- Características Físicas

a.1- Color: El color del material que utilizemos, como veremos más adelante, está en relación directa con las características ópticas de dicho material. Como sabemos, los distintos colores tienen la característica física de absorber o rechazar, las distintas longitudes de onda de la radiación solar. El color negro, absorbe casi en su totalidad las distintas longitudes de onda, mientras que el color blanco en oposición, las refleja en su totalidad.

Esto último está en relación directa, con la posibilidad o no de absorber toda o parte de la energía solar, o calor, que impacten sobre nuestra superficie en estudio.

**a.2- Textura:** La textura del material, es de fundamental importancia, no sólo por el hecho de que de la rugosidad de la superficie, analizada en una pequeña escala, por el movimiento del sol en determinados ángulos, funcionaría como pequeños "voladizos o parasoles", produciendo pequeñas sombras que protegen en parte, de la radiación solar, que impacte sobre una superficie.

Ade más de lo anterior, cabe agregar que cualquier superficie, está cubierta por una capa de aire, adherida a esta, cuyo espesor está en función del viento que barre esta película de aire y de la rugosidad de la superficie de la construcción, que evita que dicha capa de aire pierda adherencia.

**a.3- Densidad:** Todo material está compuesto por partículas de gas, líquidos y sólidos. La densidad de un material se refiere a cuán juntas están las partículas sólidas de dicho material. Sabemos que dentro de un material el paso de calor se da por conducción a través de sus partículas sólidas y por convección a través de fluidos (líquidos o gaseosos). Siendo, por lo general, mucho mejores conductoras las partículas sólidas. La densidad de un material, nos puede dar una idea bastante correcta de cuán conductor o aislante es el mismo.

**a.4- Espesor:** La respuesta térmica de un material, no sólo está dada, por sus características químicas y físicas, sino va relacionada directamente con el espesor del mismo. Un material puede o no tener un comportamiento térmico óptimo, siempre y cuando el diseñador, lo utilice en la relación volumétrica apropiada.

## **b.- Características Térmicas**

Las características térmicas o propiedades químicas de los materiales, son las que nos dan respuesta del comportamiento de los mismos ante las distintas formas de intercambio o transferencia de calor.

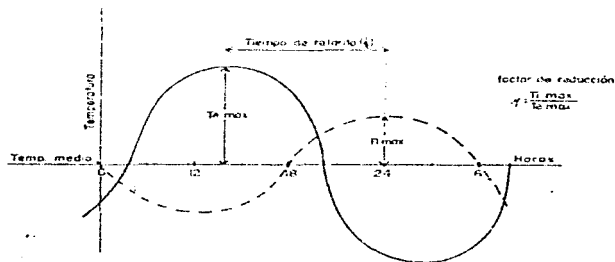
**b.1- Calor Específico Volumétrico:** Es la cantidad de calor por unidad de volumen, que se necesita suministrar a un material, para conseguir que su temperatura aumente un grado. Este índice nos da una idea aproximada de la capacidad de acumulación de calor, que posee dicho material.

**b.2- Conductividad y Resistencia:** Toda diferencia de temperatura produce un flujo de calor, ya sea entre distintos materiales o entre las distintas caras de un mismo material. La Conductividad es el calor o energía cinética, que un material deja pasar a través de él. A mayor conductividad del material, menor es su capacidad aislante. La Resistencia de un material es el valor inverso al de la Conductividad del mismo.

**b.3- Admisividad y Difusividad:** La Admisividad de un material equivale al producto de la Conductividad por el Calor Específico Volumétrico del mismo. Como ejemplo, la sensación de nuestra piel al tocar una superficie fría, parecerá tanto más fría, cuanto mayor sea su admisividad. Por el contrario la difusividad de un material, es el cociente entre la Conductividad y el Calor Específico Volumétrico y nos da una idea del margen de variación de temperaturas superficiales, que puede experimentar un material. A mayor difusividad, menor será el rango de variación del mismo.

**b.4- Retraso e Amortiguamiento:** Los fenómenos de Retraso y Amortiguamiento, son los encargados de producir un desfase entre las curvas térmicas del exterior e interior de un local. En el caso de nuestra edificación y a lo largo del periodo diario, va aumentando de temperatura, esa temperatura es absorbida por el material e irradiada hacia el interior (figura 2.6).

Figura 2.6 Esquema de la diferencia de la variación diaria de la temperatura, exterior e interior de una construcción.

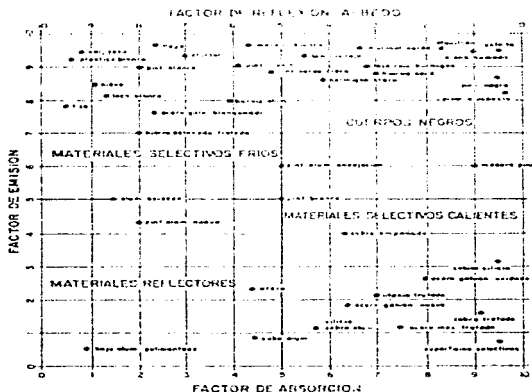


Por ejemplo, la temperatura máxima exterior puede que sea alrededor de las 14:00 hrs., nuestro muro puede que aún pasadas las 18:00 hrs. siga irradiando dichas ganancias de calor hacia el interior, este desfase en el tiempo es lo que se considera como Retraso Térmico, y la variación de la intensidad del potencial de irradiación, es lo que se denomina Amortiguamiento Térmico.

### c.- Características Ópticas

Las características ópticas de los materiales constructivos, son aquellas que estudian el comportamiento del mismo, ante la incidencia de la radiación solar (figura 2.7 y 2.8). Cuando la radiación del sol, llega sobre una superficie, parte de esta es reflejada, otro porcentaje es absorbido por el material y emido posteriormente por la otra cara del mismo.

Figura 2.7 Propiedades ópticas de algunos materiales de la construcción.



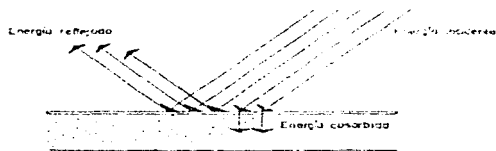
**e.1- Reflexividad:** Es la proporción de la radiación solar incidente sobre una superficie, que es reflejada por la misma. Esta característica está en relación directa con el color y la textura de la superficie del material. Como analizamos anteriormente, los colores claros y las superficies pulidas tienen altos porcentajes de reflexión.

La reflexión es una característica direccional, varía según sea el ángulo de incidencia de los rayos solares.

**e.2- Absorptividad:** Toda la energía solar que no es reflejada por la superficie, es absorbida por la misma, es decir se transmite a través de la superficie hacia el interior del material. Casi toda la radiación que un cuerpo absorbe es de onda larga, o infrarroja. En su transerencia dentro del material, como hemos visto ya, intervienen las características térmicas del mismo.

**e.3- Emisividad:** La emisividad de un cuerpo es la capacidad del mismo para emitir la energía absorbida en forma de radiación térmica, por lo general en los materiales opacos, la emisividad es coincidente con su absorptividad, es decir emite toda la energía que absorbe.

Figura 2.8 Relación entre la energía incidente, la reflejada y la absorbida por una construcción



### Parámetros de Uso

Al referirnos a los Parámetros de Uso de una construcción, estamos considerando todas aquellas características, por lo general dinámicas, que tienen incidencia directa sobre el confort

interior, como son el efecto de los ocupantes en el confort interior, los distintos rangos térmicos necesarios para distintas actividades, el aporte calórico de los aparatos eléctricos.

#### **Nivel de ocupación del edificio**

Los ocupantes del edificio, según sea la actividad que estén desarrollando, son fuentes de producción de calor permanente. Dependiendo de la cantidad de personas y la actividad que desarrollen, esta fuente de energía puede ser insignificante o de suma importancia para la carga térmica interna.

#### **Temperatura de confort por locales**

Además de los rangos de confort térmico generales que analizaremos posteriormente, es necesario aclarar, que para las diversas actividades se requiere de rangos de confort específicos, esto se aprecia en forma clara al analizar los requerimientos térmicos de una unidad hospitalaria, donde consultorios y áreas de cuartos, manejan rangos distintos para áreas como quirófanos y laboratorios.

#### **Energía aportada por equipos de iluminación y maquinaria**

En este punto, al igual que en el de las actividades desarrolladas, es de primordial importancia, para lograr un equilibrio térmico en el interior. Todas las fuentes de iluminación, equipos electrodomésticos y electromecánicos son fuentes importantes de calor. Una bombilla de luz incandescente, produce por hora la misma intensidad de luz y calor que su valor nominal.



**Capítulo 3**  
**Termofisiología del cuerpo humano**

## Capítulo 3

### Termofisiología del cuerpo humano

#### Condiciones de confort del cuerpo humano.

La bioclimatología humana como ciencia, estudia el impacto que tienen, sobre la fisiología humana, los diversos componentes del clima (temperatura, humedad, viento, etc.), en relación con la presencia o ausencia de confort.

Considerando que nuestro organismo tiene un comportamiento similar a cualquier otro cuerpo físico, obedece a las leyes de transferencia de calor. La ley de la termodinámica se presenta en la tendencia a equilibrar la temperatura del cuerpo, con la del entorno, lo cual es una de las bases en la que se fundamenta el fenómeno de "intercambio térmico".

El funcionamiento del cuerpo, es óptimo dentro de un estrecho margen de temperatura. La variación diaria normal en el interior corporal es de tan sólo 1 °C. Requiere que la temperatura corporal se mantenga entre los 36,5 y 37,5 °C. Según diversos estudios, el rango de temperatura ambiente ideal o zona de confort térmico, oscila entre 18 a 26 °C, dependiendo de diversos aspectos y consideraciones como para individuos vestidos, sentados, o de pie sin mucho movimiento. Cuando más actividad realice el individuo, menor debe ser la temperatura ambiental. De este modo, cuando se lleva a cabo un trabajo físico pesado, una persona puede preferir una temperatura ambiente hasta de 15 °C, o menor.

La producción basal de calor, para una persona en reposo, es de 40 a 60 Kcal/m<sup>2</sup> de piel, es decir, el cuerpo humano produce calor de las reacciones energéticas metabólicas. También solamente, el ritmo metabólico puede aumentar hasta 5 veces. Durante un ejercicio vigoroso la tasa metabólica aumenta de 20 a 25 veces sobre la tasa metabólica basal, y la temperatura puede aumentar 1 °C por cada 5 minutos de ejercicio. El trabajo muscular incrementa la producción de calor de 10 a 20 veces más que en el reposo. La temperatura interna del organismo durante el ejercicio, no está afectada en una amplia escala, pero si lo está, la temperatura de la piel.

#### Balace Energético

El cuerpo humano posee un sistema complejo para mantener una temperatura corporal estable. Los alimentos ingeridos por el organismo son transformados en energía, que se utiliza para mantener las funciones vitales, así como para mantener el equilibrio térmico del organismo, la realización de actividades físicas, etc. El trabajo físico, produce una transformación de energía química en cinética (25 %) y térmica (75 %).

El mantenimiento del equilibrio térmico depende del balance entre el ingreso de energía y el egreso en forma de trabajo o calor y se puede presentar de la siguientes manera:

$$(M - T) + R + C = Ev + Ir$$

Donde

- M : Energía producida por el metabolismo.
- T : Energía metabólica transformada en trabajo mecánico
- R : Intercambio de calor por Radiación.
- C : Intercambio de calor por Convección.
- Ev : Pérdidas de calor por evaporación a través de la piel.
- Ir : Intercambio de calor a través de la respiración.

Cuando el estado combinado de las variables anteriores suma cero, podríamos decir que se ha alcanzado el balance de calor del individuo, lo cual no significa que dicho individuo se encuentre en estado de confort térmico, pues, como persona, en el caso en que la temperatura sea demasiado elevada, estará perdiendo calor por medio del enfriamiento evaporativo a través de su piel, y el estar sufriendo, no es una situación de confort para la mayoría de la gente.

#### Termorregulación

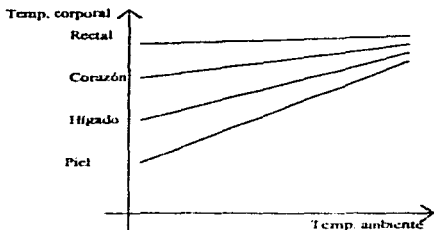
Termorregulación se define como la habilidad del organismo para regular su temperatura corporal. En condiciones de reposo, el cuerpo es eficiente para mantener un equilibrio adecuado, sin embargo durante el ejercicio, del 70 al 100% de la energía producida se libera como calor. Por cada 8 minutos de trabajo si el calor generado no se libera, aumenta la temperatura corporal en 1 °C, lo cual hace que el ejercicio sea letal a los 15 a 30 minutos de realizado a intensidad moderada.

La termorregulación interna mantiene la temperatura relativamente en forma constante en ciertos tejidos de vital importancia, tales como el cerebro, el corazón, hígado e intestinos.

A altas temperaturas externas, la temperatura interna, la de la superficie y extremidades se igualan, pero se separan a temperaturas bajas (figura 3.1).

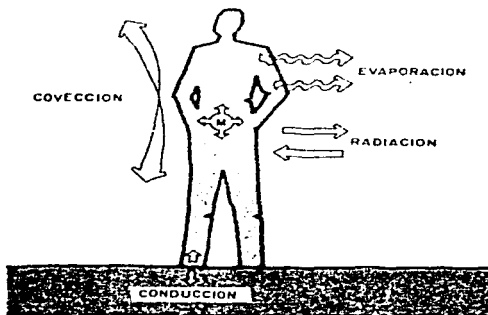
Básicamente la piel es el principal órgano que funciona como drapador térmico de nuestro organismo. La termorregulación es una interacción compleja entre la piel, el sistema cardiovascular y el sistema nervioso central. Los receptores térmicos de la piel, o corpúsculos de Ruffini, mandan su señal por el sistema nervioso hasta el hipotálamo. Este pone en marcha, diversos mecanismos para mantener una temperatura central óptima. Ante temperaturas altas, se dilatan los vasos cutáneos y estimula la producción de sudor, por medio de las glándulas apócrinas (axilarias).

Figura 3.1 Comportamiento de las distintas zonas del cuerpo humano ante variaciones térmicas



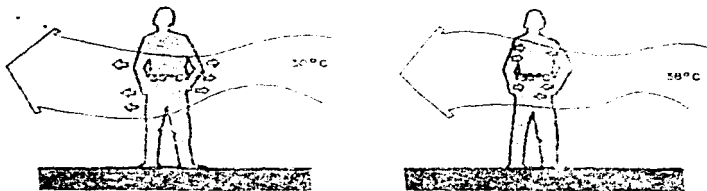
El calor, además del producido por el organismo, se absorbe de la radiación solar y la radiación infrarroja de los objetos que nos rodean, y es perdido a través del cuerpo, por convección, conducción, radiación y evaporación, ya sea de la piel o por la respiración (figura 3.2).

Figura 3.2 Relación del cuerpo humano con su entorno físico



**Pérdidas o ganancias por convección:** Es la transmisión de calor que se lleva a cabo a través de la piel y el fluido ambiente (figura 3.3). El flujo de intercambio es proporcional a un coeficiente de convección, y a la diferencia de temperatura entre la piel y el aire. Esto se acelera además, con la rapidez de renovación del aire (ventilación).

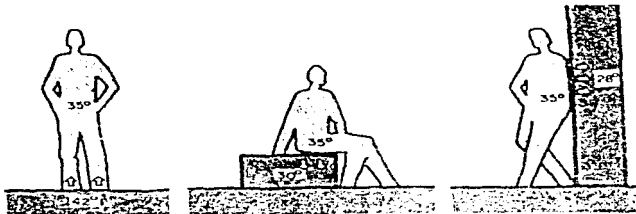
Figura 3.3 Intercambio de calor por convección entre el hombre y el ambiente que lo rodea



**Pérdidas o ganancias por conducción:** Es la transmisión de calor entre la superficie corporal y los elementos en contacto directo con la misma (suelo, mobiliario, etc.) (figura 3.4). Esto depende del coeficiente de conductividad térmica de estos elementos. La conductancia del tejido, es la cantidad de calor que sale por metro cuadrado de la superficie corporal por hora y por grado de diferencia térmica, entre el interior del cuerpo y el exterior.

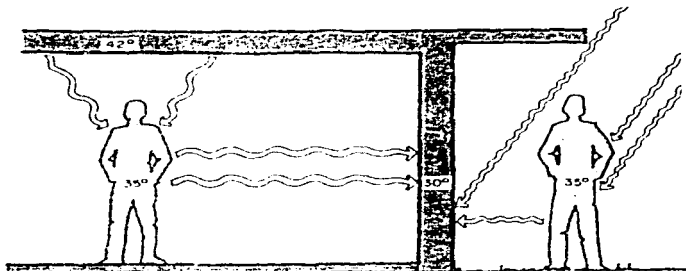
Cuando el flujo sanguíneo de la piel se reduce, hay caída de temperatura cutánea y se reduce la conductancia, o sea, el valor aislante de la piel aumenta.

Figura 3.4 Intercambio de calor por conducción entre el hombre y el ambiente que lo rodea



**Pérdidas o ganancias por radiación:** Es la transmisión de calor a través de ondas electromagnéticas del medio ambiente, principalmente por radiación en el infrarrojo (figura 3.5). Este flujo es proporcional al poder de absorción de la piel y a la diferencia de temperatura entre la piel y las paredes radiantes.

Figura 3.5 Intercambio de calor por radiación entre el hombre y el ambiente que lo rodea



#### Rangos de confort térmico

No solamente la aclimatación puede desempeñar un papel importante, sino también los hábitos y tradiciones establecidas pueden afectar la así llamada temperatura de confort. Esto puede explicar el hecho de que la temperatura ambiente preferida sea más alta en los EE.UU., que en Inglaterra, y varíe entre el invierno y el verano.

Sobre la base de una persona sedentaria, desnuda, en estado de confort, para cuando se sitúa entre los trópicos, se consideran parámetros entre los 22 y 28 °C, y del 30 al 70 % de HR. En los EE.UU. esto varía a 14 y 23 °C, ya que se ubica en latitudes por arriba de los trópicos.

El calor puede perderse o conservarse mediante:

- La alteración del diámetro de los vasos sanguíneos cutáneos.
- La modificación de la emisión de las glándulas sudoríparas.
- La variación de la pérdida de calor de los pulmones, mediante los cambios de frecuencia y la profundidad de la respiración.

Cuando la temperatura ambiental, iguala o sobrepasa a la corporal, el principal mecanismo de pérdida de calor es la sudoración.

Si no hay una protección externa, el calor se pierde por radiación (55 al 65%), por conducción y convección (15%) y por evaporación y respiración (20 al 30%). La pérdida aumenta en ambientes ventosos, secos y fríos, y esto es en función de la sudoración.

Las ropas mojadas pueden aumentar la pérdida por conducción hasta 5 veces, y la inmersión en agua, hasta 25 veces.

#### **Cálculo del requerimiento energético**

Dentro del organismo se producen transformaciones químico-energéticas que nos mantienen con vida. Esto es lo que se considera como metabolismo energético y dependerá del nivel de actividad que la persona esté desarrollando, la edad, el sexo y hasta el estado psicológico de la misma.

Los factores que condicionan los requerimientos energéticos de un individuo se pueden clasificar siguiendo diversos criterios, por ejemplo:

- a) Metabolismo basal
- b) Actividad física
- c) Termogénesis inducida por los alimentos

a) **Metabolismo basal:** se define como la actividad que se precisa para el mantenimiento de la vida y funciones fisiológicas de un individuo, en condiciones de reposo. Para llevar a cabo las funciones básicas del organismo (respiración, circulación, digestión, etc.), en inmovilidad relativa, se utilizan aproximadamente  $50 \text{ kcal/m}^2 \times \text{h}$  o  $60 \text{ w/m}^2$ . En los seres humanos, el metabolismo basal se relaciona con la masa muscular, la edad, el sexo, la temperatura ambiente. Siendo mayor en hombres con gran masa muscular, niños y en condiciones de clima frío (tabla 3.1).

b) **La actividad física:** incrementa el gasto energético de un sujeto (figura 3.6), por el mayor oxígeno utilizado. Cabe señalar, que el consumo de oxígeno de un individuo en reposo se denomina MET (equivalente metabólico basal) y corresponde a  $3.5 \text{ ml/Kg/min}$ . Este parámetro nos sirve para calcular de forma indirecta el requerimiento de energía de diversas actividades, ya que 1 litro de oxígeno equivale a 5 Kcal (21 Joules).

c) La termogénesis inducida por alimentos: se refiere al gasto energético extra, que se produce en la digestión, absorción, transporte y almacenamiento de alimentos.

Figura 3.6 Gasto de energía en distintas actividades



Tabla 3.1 Fórmulas para calcular el metabolismo basal

	Ecuación	Investigadores
Hombre	$MB = (65.47 \times 0.73) + (13.75 \times \text{peso } \text{kg}) + (5.0033 \times \text{talla } \text{cm}) - (4.76 \times \text{edad})$	Harris y Benedict (1919)
Mujer	$MB = (63.21 \times 0.72) + (9.463 \times \text{peso } \text{kg}) + (4.4921 \times \text{talla } \text{cm}) - (4.6756 \times \text{edad})$	Harris y Benedict (1919)
Hombre	$MB = 66.5 + (13.7 \times \text{peso } \text{kg}) + (5 \times \text{talla } \text{cm}) - (6.8 \times \text{edad})$	Kremin y Mahan (1964)
Mujer	$MB = 66.5 + (9.8 \times \text{peso } \text{kg}) + (4.7 \times \text{talla } \text{cm}) - (4.7 \times \text{edad})$	Kremin y Mahan (1964)
Hombre o mujer	$MB = 1.3 \text{ kcal/hg de peso corporal exento de grasa}$	Grande y Myers (1973)
Hombre	$MB = 1 \text{ kcal/hg}$	Rapola
Mujer	$MB = 0.9 \text{ kcal/hg}$	Rapola

\* Fuente: Modificado de Linder, Nutrición, Aspectos Bioquímicos y Metabólicos, 1998 y Chmear, Diet. 1983

Sabemos que la energía metabólica producida por nuestro organismo, es utilizada sólo en un bajo porcentaje para producir trabajo y que el resto se pierde como calor disipado al medio ambiente.

Cuanto mayor sea la intensidad del ejercicio, mayor será la cantidad de calor producida. Este calor en exceso debe de ser removido y debe disiparse, para evitar sobrecalentamiento.

Para tener una idea aproximada de esta producción de energía y a su vez del calor que emanamos observemos las tablas 3.2 y 3.3



Tabla 3.2 Gasto energético por actividad física

Esfuerzo Físico (para una persona promedio de 70 kg.)	Gasto Energético kcal/min
<b>Muy Ligero</b> Dormir, yacer, sentarse, caminar, comer, estar de pie, planchar	~ 2.5
<b>Ligero</b> Caminar (2.5-3.5 km/h), caminar, comprar, tener de mano, golf	2.6 - 5
<b>Moderado</b> Caminar (3.5-4 km/h), bailar, fregar platos, cuidar al caballo, caminar, tener	5.0 - 7.5
<b>Pesado</b> Caminar cuesta arriba con peso, jugar y cavar, nadar, baloncesto	7.5 - 10
<b>Muy Pesado</b> Correr, escalas	10 - 12.5
<b>Agotador</b>	12.5 - 15
<b>Exhaustivo</b>	>15

\* Fuente: Modificado de Lander, Nutrition, Aspecto Inequitativo y Metabolismo, 1988

Tabla 3.3 Gasto energético aproximado, para actividades recreativas, ocupacionales y del hogar

METs	Actividad recreativa	Gasto kcal/kg/min	Actividad ocupacional	Gasto kcal/kg/min	Actividad del hogar	Gasto kcal/kg/min
0.5-2	Juego cartas	0.25	Trabajo de oficina	0.28	Cocinar	0.23
	Paseo 1.5-3km/h	0.16	Cuidador autismo-vel	0.28	Lavar/ventilar/ducha	0.25
2-3	Golf (con carro)	0.16	Tallar Madera	0.16	Limpieza ligera	0.16
	Boliche	0.43	Reparaciones de Coches	0.57	Planchar	0.11
	Hillar	0.42	Armar un Bar	0.55	Cortar	0.43
	Paseo (3.4-5 km/h)	0.53	Trabajo Manual	0.57	Hacer Mantapalla	0.57
	Ciclismo (7.5 km/h)	0.57			Armar Segadores	0.17
	Practicar Música	0.29				
3-4	Mientar a caballo	0.41				
	Navegación	0.46				
	Calentamiento	0.57	Lavar Cochon	0.57	Recoger Hojas	0.71
	Paseo	0.62	Cosechar	0.57	Fregar	0.62
	Paseo Intermiso	0.71	Conducir Camiones	0.56	Empacar Segadores	0.71
4-5	Tiro con Arco	0.65	Almacenaje en estantes	0.54	Limpieza General	0.62
	Balón Volón	0.50	Reparo de periódicos	0.48	Lavar enseres	0.57
	Paseo 4.5-5.5 km/h	0.71				
	Ciclismo 7.5-10 km/h	0.64				
4-5	Tener de mano	0.86	Reparación de Maquinas	0.88	Subir Escaleras	0.86
	Golf (Desplazando los palos)	0.85	Segar a Motor	0.88	Llevar basuras	0.75
	Darle	0.69	Electricista	0.88	Planchar ropa/ducha	0.76
	Tener a dobles	0.71	Pintura	0.77	Jardinería/cavar	0.87
	Natación Súper	0.79	Alfombrista	0.86	Copiar/levantar	0.71
	Pelota Hand	0.68	Mecheros de Coches	0.88		
	Paseo 5.4 km/h	0.86				
	Ciclismo 10-12 km/h	0.71				
	Remo/canoe 4.5 km/h	0.86				

Continuación Tabla 3.3

3-6	Caza (motor)	1	Construcción	093	Cavos al jorden/palmer (mave) Fregar azules	110
	Pescar (vadamado)	1				
	Softball (conjugación)	1				
	Paseo 6-7 km/h	097				
	Ciclismo 12-13 km/h	086				
	Palmaje	084				
6-7	Tenis (toros)	110	Partir sofa	.114	Palmer (moderado-intenso) Palmer Nuevo Carter ocupado mano Levantar-llavar 25-30kg Subir escaleras	114
	Backpack (arg)	1				
	Toros (single)	101				
	Buscas (agua) simpladas	1				
	Empuj (sistema simple)	111				
	Empuj (sistema simple)	114				
7-8	Empuj (sistema simple)	1	Cavos Hojas Amarer Tomar radas	.145 .122 .143	Subir Escaleras Rápido Levantar-llavar 35-60 kg	143 143
	Calistenia (intenso)	114				
	Paseo 7-5 km/h	114				
	Danza (tradicional-intenso)	114				
	Remo, mano 6 km/h	103				
	Empujacion (galope)	137				
8-9	Tramo	143	Trabaja con hacha Subir Escalera de mano	.157 .157	Palmer intenso Trinidad 1944-5	157 157
	Natación (moderada rápido)	142				
	Calistenia 18 km/h	143				
	Remo, mano 7.5 km/h	141				
	Correa 7.5 km/h	141				
	Empuj descompono intenso	141				
8-9	Buscas (agua trazo)		Trabaja con hacha Subir Escalera de mano	.157 .157	Palmer intenso Trinidad 1944-5	157 157
	Helicóptero					
	Pólo					
	Correa 8 km/h					
	Ciclismo 20 km/h					
	Empuj travesía suave					
10 *	Paseo (intenso)		Talar	297		
	Palmas (intenso)					
	Backpack arg intenso	157				
	Helicóptero construcción	138				
	Caza motor	157				
	Boxeo/karate pelos	171				
	Empuj travesía intenso	171				
	Correa 9 km/h	184				
	10.5 km/h	213				
	12 km/h	225				
	13.5 km/h	237				
	15 km/h	250				
	Ciclismo 21 km/h	178				
	22.5 km/h	194				
	24 km/h	210				
	Natación mariposa 50 yd swim	179				
103						
Natación crawl 50 yd swim	157					
195						
157						
242						
Empuj descompono construcción						

\* Fuente: Adapted from Barrer: On exercise Prescription, N.Y. State Journal of Med, Feb:106-112, 1987, y Mc Ardle WD, Katch: Exercise Physiology: Energy, Nutrition and Human Performance, 2ª edición, Lea & Febiger

### Tolerancia a las variaciones de temperaturas

En general, la aclimatación del cuerpo al frío es pobre, y la adaptación suele consistir en minimizar la exposición al mismo. Considerando al cuerpo desnudo, sin protección, su tolerancia oscila entre los 15 y 50 °C, sin tener problemas físicos; esto no significa que esté en estado de confort. La protección de la vestimenta se calcula en base a la cantidad y al nivel de protección que esta brinda al organismo. Los rangos se miden en CLO (tabla 3.4), donde un hombre desnudo es el rango inicial o rango 0 (cero).

Tabla 3.4. Valores CLO de resistencia térmica (ASHRAE 1985)

Prenda	Hombres		
	Legos	Medios	Carosos
<i>Algo interior</i>			
T سرا		0 05	
Camiseta sin mangas		0 06	
Camiseta con mangas		0 09	
Blusa sin larga arriba		0 15	
Blusa sin larga abajo		0 15	
T سرا			
Camisa manga corta	0 14		0 25
Camisa manga larga	0 22		0 29
Pantalón	0 26		0 32
Suéter	0 20		0 37
Chamarras	0 22		0 49
Calcetines		0 04	
Calzados		0 10	
Sandalias		0 02	
Zapatos		0 04	
Botas		0 04	
		Mujeres	
<i>Algo interior</i>			
Escamoso o pantalón		0 05	
Medio fardo		0 11	
Fardo completo		0 19	
Blusa sin larga arriba		0 15	
Blusa sin larga abajo		0 15	
T سرا			
Blusa	0 20		0 25
Vestido	0 22		0 30
Falda	0 10		0 22
Pantalón	0 26		0 32
Suéter	0 17		0 37
Chamarras	0 17		0 37
Medias		0 01	
Calzados			
Sandalias		0 02	
Zapatos		0 04	
Botas		0 04	

Nota: La resistencia térmica total es equivalente a la suma de las resistencias individuales.

Además se puede calcular la pérdida por conducción a través de la ropa y los resultados o rangos de confort que hallamos, serán considerados válidos, sobre porcentajes mayores al 95% de, con una variabilidad en el muestreo no mayor a 1 o 2 °C.

El hombre protegido, puede tolerar variaciones en la temperatura ambiental entre -50 °C y 70 °C. Pero hablando de la temperatura interna del organismo, esa variación se reduce a sólo 4 °C, sin que se produzca una disminución del rendimiento óptimo físico y mental.

El extremo caliente de la escala es más problemático que el extremo frío, dado que las personas pueden protegerse a sí mismas más fácilmente contra el sobreenfriamiento que contra el sobrecalentamiento.

La preferencia de comodidad ambiental no varía con la edad. En los ancianos el menor metabolismo se compensa con la menor pérdida de energía. Lo que sí varía, es la adaptabilidad a los cambios térmicos. Los niños, debido a su mayor superficie en exposición y relación a la masa corporal, se enfrían con mayor rapidez.

Las mujeres se enfrían más despacio que los hombres lo que se relaciona con el grosor de la capa de grasa subcutánea.

En la Tabla 3.5, podemos observar, los resultados que la Hipotermia, (baja en la temperatura interna corporal), produce en la fisiología corporal.

Tabla 3.5 Respuesta del organismo a la hipotermia

Grado	Temperatura central	Respuesta fisiológica	Características clínicas
Leve	36-34 °C	Escalofríos, estimulación endocrina, vasoconstricción	Tembor máximo, amnesia, estimulación respiratoria
Moderado	33-27 °C	Vasoconstricción, producción metabólica de calor menor	Estupor, arritmia cardíaca, pérdida de reflejos y de movimientos voluntarios
Grave	26-9 °C	Fracaso de la conservación de calor	Desequilibrio ácido-base, asustolia, no reflejo corneal, EEG plano

Se analizaron los parámetros ambientales que impactan sobre la fisiología del hombre, para que este pueda mantener en equilibrio su balance energético, y mantener un estado de confort térmico.

Ahora bien, lo que queda por definir son los límites o rangos de variación, que el organismo puede asumir, sin salirse de la zona de confort.

**Capítulo 4**  
**Determinación de los Rangos de Confort**

## Capítulo 4

### Determinación de los Rangos de Confort

#### Introducción

Las condiciones de confort térmico se presentan cuando los mecanismos de termorregulación del cuerpo están equilibrados, es decir, están en su más bajo nivel de funcionamiento.

Son varios los factores que intervienen para lograr el denominado confort térmico, quizás los más importantes sean la temperatura y la humedad, de ahí, el hecho de que en adelante nos refiramos con el término más apropiado de Confort Higrotérmico.

Todos los factores que intervienen, (temperatura, humedad, radiación solar, viento, etc.), pueden interrelacionarse entre sí de distintas formas para lograr condiciones de confort higrotérmico.

Varios estudios han sido realizados para definir las condiciones óptimas de confort. Algunos consideraron, como base para su estudio, el punto medio dentro de los rangos máximos entre los cuales el hombre puede sobrevivir. Pero como anteriormente se detalló, una zona de confort higrotérmico, es aquella en la cual una persona, dependiendo de la actividad que esté realizando, no presenta esfuerzo en su sistema de termorregulación, para adaptarse al medio en el que se encuentra.

#### Rangos de Confort Higrotérmico

Se podría pensar que los rangos generales de confort, están definidos en las investigaciones y estudios realizados, esto en realidad no es así, pues existen variaciones asociadas fundamentalmente a las circunstancias en que fueron realizados dichos estudios, como serían el lugar geográfico donde se localizaba el laboratorio, los grupos humanos que se tomaron como base de estudio (raza, edad, sexo, vestimenta, actividad que desarrollaban, etc.).

En el cuadro siguiente se observan los datos de algunos de los estudios realizados.

Actividad	Humedad	Temporatura	Observaciones
D.B.E.C.I. Vermont		Verano Invierno	19 °C 17 °C
Holland			13°C - 21°C
Estadounidense alemán	50 %		21°C
Markham	40 - 70 %		15.5°C - 24.5°C
C.E. Hruska	10 - 70 %		14.5°C - 21°C 20.5°C - 26.6°C
Yaglom y Denker	10 - 70 %		21°C - 29.4°C
Konstantin	10 - 70 %		18.8°C - 23.8°C
E. Chomáček	27 - 75 % 30 - 40 %	Inferior Superior	22°C 20°C
H. Grossman	5 - 17 mm hg		21°C - 26°C
V. Orlov	20 - 75 %	Tropico	21°C - 27°C 21.9°C - 29.5°C

Fuente: Proyecto China y Arquitectura, Universidad de Zúrich, Suiza, O.O. México.

Los rangos de temperatura varían entre los 14°C y nunca sobrepasan los 29.5°C, mientras que la humedad se establece entre 20 y 75%. Dichos rangos se consideran por lo general para personas en estado de reposo, con vestimentas de 1 clo. Pero si la actividad varía en intensidad, así también varían los rangos de confort. A continuación en la tabla 4.1, se ejemplifican distintos rangos higrotérmicos para diversas actividades deportivas.

Tabla 4.1 Rangos higrotérmicos para distintas actividades deportivas

Actividad	Observaciones	Temperatura	Humedad
Salas deportivas en general	Depende de la demanda y nivel de la clase	15 °C	50%
Juego de pelota		14 - 16 °C	
Salas de hockey		16 - 18 °C	35 - 60%
Salas de gimnasia		16 - 20 °C	35 - 60%
	Niveles	17 °C	
	Sujetos bien entrenados	14 - 15 °C	
Atletismo		entre de 25 a 28 °C	entre de 70 - 84%
Hockey y lev. de pesas	Entrenamiento vel. del aire 0.5 m/sq	15 °C	35 - 65%
	Competencias	16 - 23 °C	
Salas de esgrima		12 - 16 °C	
Albercas	Temp. piso y bancas 31 °C	Temp. agua 26 °C	55 - 65%
	Temp. agua adultos	26 - 28 °C	
	Temp. agua niños	28 - 30 °C	

Fuente: Higienes de la cultura física y el deporte, A. Laptev y A. May, Ed. Ruzhko 1987.

## Diagramas Bioclimáticos

Uno de los primeros resultados válidos de conjugar las variables bioclimáticas en una gráfica de confort higrotérmico, fue desarrollado a principios de siglo por la American Society of Heating and Ventilating Engineers (ASHRAE American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. en la actualidad). El resultado de dicho estudio, se denominó como Temperatura Efectiva, que tomaba en consideración, la temperatura de bulbo seco y la humedad. Posteriormente se amplió el espectro de variables agregando el movimiento del aire y la radiación, denominándose ahora como Temperatura Efectiva Corregida. La cual, fue por varias décadas la herramienta más utilizada y confiable para determinar los rangos de confort.

En los primeros años de la década de los sesenta Victor Olgyay desarrolló su Carta Bioclimática, construida sobre la base de la temperatura de bulbo seco en la línea de las ordenadas y la humedad relativa en las abscisas. El estudio fue desarrollado teniendo como base un clima templado, y para una persona con vestimenta media, en estado sedentario o ligero. Más adelante Olgyay, sugiere una corrección de su gráfica para adaptarla a climas tropicales, y se trata de elevar  $0.75^{\circ}\text{F}$ . por cada  $5^{\circ}$  de latitud (menor a  $40^{\circ}$ ), que nos aproximemos al Ecuador.

Tomando como base los estudios de Olgyay de 1963, se desarrollaron otras variantes (Olgyay 1968, Arenas 1980, Szokolay 1984), de esos estudios surgió el denominado Termopreferéndum, término acuñado por Humphreys y Allcock. La expresión analítica del Termopreferéndum nos da como resultado la temperatura de confort de una localidad y en una época del año determinada y se calcula:

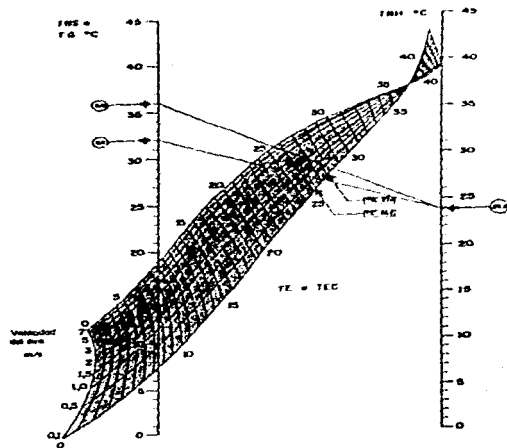
$$T_t = 17.6 + (0.31 \times T_o) \text{ en } ^{\circ}\text{C}$$

Siendo:  $T_t$ : Temperatura de Termopreferéndum  
 $T_o$ : Temperatura Media Mensual Exterior

Los límites de su aplicación práctica se fijan entre los  $18.3^{\circ}\text{C}$  y  $29.5^{\circ}\text{C}$  de la temperatura de Termopreferéndum, mientras que el rango de confort, se extiende a  $+$ ,  $- 2.5^{\circ}\text{C}$  de esta temperatura.



Figura 4.1 Nomograma para el cálculo de la Temperatura Efectiva Corregida TEC



## Gráfica Bioclimática de Olgay

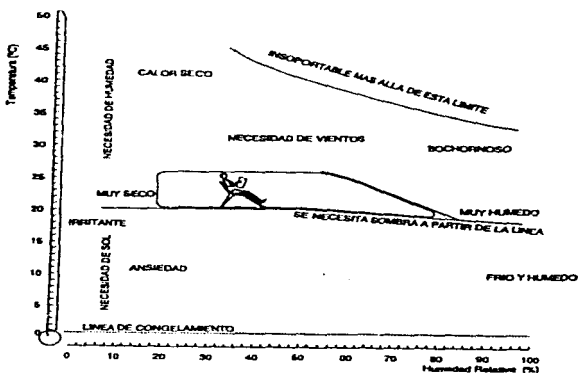
El cálculo gráfico del Área de Confort fue desarrollado por Aladar y Víctor Olgay en 1963. Se consideró que son varios los factores que intervienen para alcanzar estado confortable.

En su gráfica (figura 4.2) consideran las siguientes variables:

- 1.- Temperatura de bulbo seco
- 2.- Humedad
- 3.- Velocidad del aire
- 4.- Radiación solar
- 5.- Vestimenta

La gráfica está trazada entre la relación de la temperatura y humedad del aire, con base en experimentación quedó determinada un área central como la Zona de Confort. Dicha zona puede ampliarse, como se verá más adelante, utilizando estrategias bioclimáticas no mecánicas, con el objeto de adecuar el diseño a las condiciones de confort.

Figura 4.2 Gráfica bioclimática de Olgay esquematizada.



Método gráfico de Olgyay (figura 4.3), se basa en los siguientes puntos:

- 1.- Obtención de los datos climáticos del sitio.
- 2.- Volcar los datos en la gráfica y obtener un diagnóstico del clima con respecto al confort higrotérmico.
- 3.- Evaluación de las posibles soluciones de diseño edilicio y tecnológico para lograr el equilibrio térmico.

El resultado en la gráfica, la zona de confort se ubica en el área central, con indicaciones de posibles variaciones de sus límites con el aporte de la ventilación, la radiación solar y el aumento de la vestimenta. Por ejemplo, el aumento en la velocidad del aire nos ayudaría a soportar temperaturas más elevadas, aumentando la evaporación de la piel.

Figuras 4.3 Gráfica de la zona de confort higrotérmico según V. Olgyay.

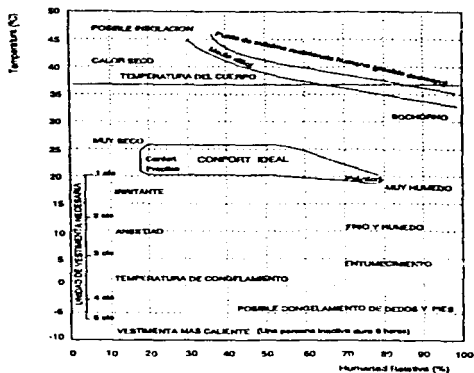
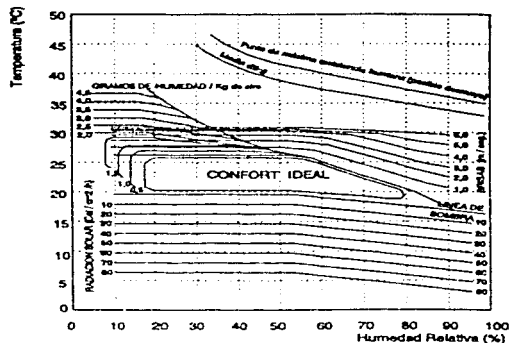


Figura 4.4 Diagrama bioclimático de Olgyay en función del clima.



Ahora analizaremos la relación de las distintas variables climáticas con el confort higrotérmico en la gráfica de Olgyay (figura 4.4).

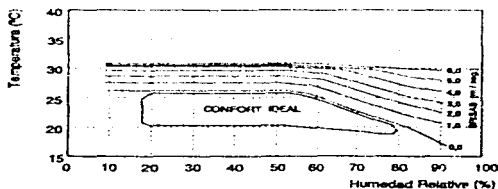
#### Temperatura y humedad relativa del aire.

La relación entre temperatura y humedad relativa del aire son la base de la gráfica de Olgyay. La combinación de los rangos óptimos entre ambas forman el llamado núcleo central de confort higrotérmico. Los límites están dados entre 20 - 26°C y 30 - 70% de humedad. Los rangos varían para el invierno siendo de 18 - 24°C y 30 - 80% de humedad. Esta zona central, podría denominarse como zona neutra, es decir es necesario controlar la incidencia del sol o el impacto del viento, tanto en verano como en invierno, evitando cualquier posible variación, para poder mantenernos dentro de ella.

### Movimiento del aire

El movimiento del aire produce sensación refrescante debido a que al contacto con la piel, favorece la pérdida de calor por convección y evaporación. Analizando la figura 4.4 se observa que al aumentar la velocidad del aire, el límite superior del núcleo central aumenta, es decir, el estado de confort higrotérmico se mantiene a pesar de que la temperatura o humedad aumenten. Así mismo, esta herramienta de equilibrio térmico tiene sus límites pues, velocidades de aire superiores a los 1.5 m/seg. llegan a ser molestas para una persona realizando una tarea. En los casos en que la temperatura sea elevada y la humedad baja, es necesario apoyar con humedad extra a los movimientos de aire, para así lograr el confort (figura 4.5)

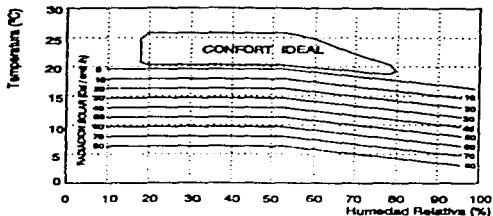
Figura 4.5 Relación entre el confort térmico y el movimiento del aire



### Ganancias por radiación solar

En los casos de bajas temperaturas, por debajo de la zona de confort se hallan las líneas de ganancias por radiación necesaria para proveer de calor al ambiente, y así ampliar la zona de confort. Las equivalencias indicadas en la figura 4.6, nos especifican que son necesarias 10 cal/cm<sup>2</sup>/hora de radiación solar para igualar una pérdida de 1.7 °C.

Figura 4.6 Influencia de la radiación solar en los rangos de confort térmico.



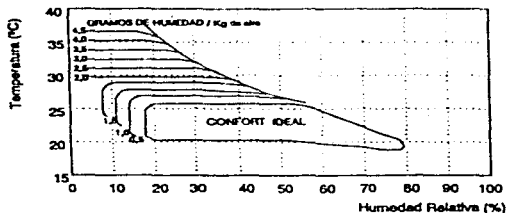
#### Influencia de la vestimenta

El área de confort de la gráfica, es para una persona con vestimentas de 1 clo. En la parte inferior izquierda de la figura 4.3, observamos una tabla de aumento de vestimenta en el caso de pérdidas de temperatura. Por ejemplo, el límite inferior de 20°C de temperatura, puede bajar hasta los 15°C, si aumentamos la vestimenta de 1 a 1.8 clo.

#### Aumento de la humedad del aire

Como se vio en el análisis de la velocidades aire, el aumento de la humedad apoyada con brisas, es una solución práctica en los casos de climas cálidos secos. La evaporación de agua al medio ambiente, favorece la absorción de calor de los alrededores inmediatos, reduciendo así la temperatura del aire interior. En la figura 4.6 se obtienen los equivalentes de humedad necesaria para equilibrar altas temperaturas con aire seco. El enfriamiento evaporativo puede lograrse interponiendo elementos húmedos a las corrientes de aire, como por ejemplo áreas verdes, rociadores, fuentes, etc.

Figura 4.7 Relación entre el aumento de humedad del aire y los rangos de confort higrotérmicos



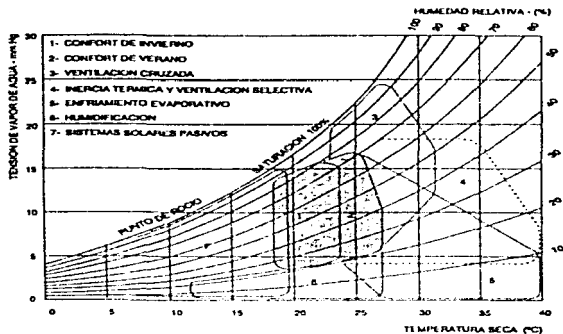
El método de Olgay, representa en forma sencilla y bastante aproximada, para hacer una estimación de los factores intervinientes para lograr el confort higrotérmico. Además de dar las bases, ya dimensionadas para solucionar casos en los cuales estamos fuera de los límites establecidos como óptimos.

#### Gráfica Bioclimática de Givoni

Givoni al igual que Olgay desarrolló una gráfica que establece los rangos de confort, como también, las medidas a seguir para variaciones o diferencias con los resultados óptimos de confort. Givoni plantea su gráfica sobre un diagrama psicrométrico.

Al igual que la gráfica de Olgay, este diagrama bioclimático, es una herramienta eficaz para comprobar simultáneamente el equilibrio necesario entre la exigencia humana, el clima del lugar y el comportamiento de nuestra edificación.

Figura 4.8 Diagrama bioclimático de B. Givoni



Relación de las variables climáticas en la gráfica de Givoni.

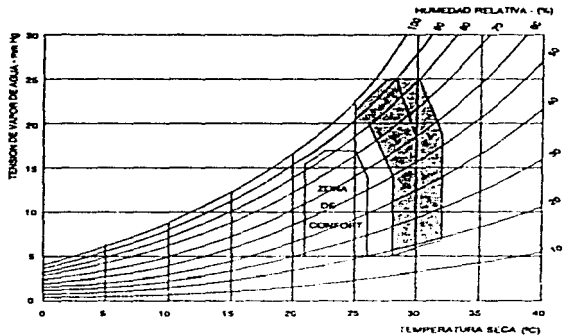
#### Ventilación

La ventilación, posee un doble efecto sobre el confort térmico. Primero, produce los intercambios convectivos y además, facilita las pérdidas evaporativas a través de la piel.

Givoni, distingue en este punto dos posibilidades para la utilización de la ventilación como recurso ante problemas de temperaturas elevadas. La ventilación cruzada, es una respuesta viable ante los casos de climas calurosos húmedos, y utiliza el término de ventilación selectiva, es decir ventilar en horarios determinados (por lo general en horario nocturno), para los casos de climas calurosos y secos. La ventilación selectiva, es necesaria pues el aire seco en movimiento, produce resequedad en las mucosas respiratorias y desecación cutánea, produciendo sensaciones de incomodidad.



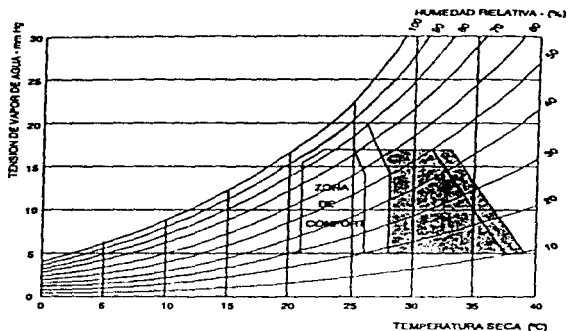
Figura 4.9 Relación de la ventilación con el aumento de la zona de confort térmico (Givoni)



### Inercia Térmica

Las áreas de la gráfica en las cuales se amplía la zona de confort (figura 4.10 áreas M y M') hacia temperaturas elevadas con baja humedad, es donde se utiliza la inercia térmica como respuesta. La inercia térmica, nos asegura mantener temperaturas interiores más elevadas durante los periodos nocturnos, debido al almacenamiento durante el día de calor en la envolvente, para radiarlo durante la noche. En los climas húmedos, el poder de la inercia térmica disminuye debido a que la humedad en el aire actúa como elemento de regulación y evita las grandes diferencias térmicas entre el día y la noche. En los casos de humedades altas, el principio de inercia térmica se limita a la colaboración de la ventilación para hacer desaparecer una posible sensación de desconfort.

Figura 4.10 Relación entre la inercia térmica y el confort térmico para clima caluroso seco



#### Calefacción por Sistemas Solares Pasivos

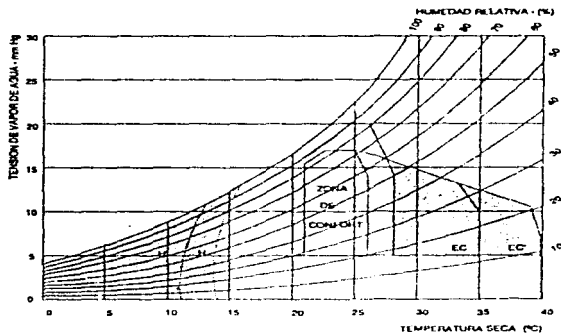
La respuesta a las áreas de la gráfica de temperaturas bajas, está dada por los sistemas de calefacción solares pasivos ( figura 4.11 Área II). Cuanto más soleado es el clima, más inercia térmica debe poseer la envolvente, y debemos disponer de más captación solar diurna y aislación a las pérdidas nocturnas. Además de esto, Givoni da una segunda área en la que la calefacción por sistemas pasivos no satisface los requerimientos necesarios, por ende propone la calefacción por medios convencionales ( figura 4.11 Área I).

### Enfriamiento Evaporativo y Humidificación

Son la respuesta para las zonas de la gráfica, en las que imperan las altas temperaturas y bajo contenido de humedad en el aire. La respuesta de diseño más viable es interponer a las corrientes de aire, rociadores, fuentes o elementos vegetales. Al elevar el contenido de vapor de agua del aire, aumentamos la absorción de calor de los alrededores inmediatos, reduciendo así la temperatura de estos (figura 4.11 Área Ec).

En los rangos de temperaturas mayores a los 40°C, la única solución propuesta es la de enfriamiento mecánico a través de equipos de aire acondicionado (figura 4.11 Área Ee').

Figura 4.11 Influencia de la calefacción por sistemas solares pasivos y el enfriamiento evaporativo, con los rangos de confort higrotérmico, de Givoni.



Todos los procesos de control para mantener las condiciones higrotérmicas del aire, dentro de los rangos de confort, propuestos por Olgyay y Givoni, se deben considerar como

posibilidades a seguir, y no como reglas exactas, teniendo en cuenta las variaciones climáticas del lugar en que nos hallamos y en el que fueron desarrolladas las teorías. Además de los comportamientos variables el los distintos diseños arquitectónicos.

Los diagramas bioclimáticos de Olgyay y Givoni, son herramientas muy útiles para la fácil interpretación, de la interrelación que existe entre todas las variables que intervienen y modifican el confort térmico humano. Además de dar posibilidades de resolución a casos en que dicho confort se vea alterado por las características restantes. En el siguiente capítulo, veremos su aplicación directa en el caso que nos ocupa en esta tesis (actividades deportivas, en espacios diseñados para tal caso y su efecto en el confort térmico de sus ocupantes).

**Capítulo 5**  
**Estudio experimental de campo y análisis de resultados**

## **Capítulo 5**

### **Estudio experimental de campo y análisis de resultados**

#### **Introducción**

Para el análisis experimental de casos diversos, se tomaron mediciones de temperatura ambiente y humedad relativa, en distintos ámbitos cerrados en los cuales se desarrollaban actividades deportivas, al mismo tiempo se encuestó a sus ocupantes acerca de la sensación de confort térmico que experimentaban al realizar su actividad deportiva. Posteriormente se cotejaron los resultados obtenidos en las encuestas con tablas y diagramas de temperatura y humedad presentados en los capítulos anteriores como valores óptimos para el confort térmico, propuestos por diversos autores, con el objeto de validar o definir la correcta utilización de los mismos, en casos que se presentan en condiciones distintas, a las prevalecientes en dichos estudios.

#### **Procedimiento**

Las mediciones higrotérmicas se realizaron con un sensor termométrico digital con una precisión de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ , dentro del rango de los  $0^{\circ}\text{C}$  a  $40^{\circ}\text{C}$ , durante los meses de Agosto y Septiembre de 1996, en la franja horaria comprendida entre las 9.00 y 12.00 horas.

Por lo variado de las actividades deportivas que se consideraron para la investigación, se estipuló, como tiempo mínimo de desarrollo, intervalos de prácticas deportivas de 45 minutos.

Las mediciones y encuestas se realizaron dentro de los 10 minutos finales del desarrollo de las actividades, para garantizar que las personas llegaran a un estado estable de producción de calor. Los entrevistados, aproximadamente 350 personas en total, respondieron una breve encuesta acerca de si se sentían cómodos térmicamente, y de no ser así, si su sensación era de frío o calor. La edad de los mismos oscilaba entre los 10 y 35 años, de características físicas variadas, en lo general, distintas a las tomadas como base, para realizar los estudios que dieron como resultado las Gráficas Bioclimáticas. Todos los encuestados eran residentes estables de la ciudad de México, hecho que garantiza la aclimatación de los mismos a las condiciones climáticas de la zona. Además de esto, todas las personas entrevistadas realizan actividad física de forma regular.

### Análisis de los resultados teóricos contra los de campo (encuestas)

Como quedó establecido, el organismo humano, al desarrollar cierta actividad física, produce calor. La intensidad del mismo, será acorde a la intensidad de la actividad que se realice. Es necesario que el cuerpo libere al medio que lo rodea esa energía producida, pues de no ser así, sería riesgoso para la salud.

Tabla 5.1 Resultados obtenidos en las encuestas

Actividad	Desarrollo de la actividad en min.	Estrés metabólico en $Kcal/m^2$ h según Poyser	Vestimenta en C.L.E.	Temperatura ambiente interior en °C	Humedad relativa interior en %	Número de encuestados	Sensación (número de personas)		
							Frio	Confort	Calor
Calistenia	60	170	1	22	60	32	4	18	30
Entren	60	160	1	23	55	133	12	121	
Aula	120	400	0.8	23	55	11	1		10
Lucha	60	455	0.8	23	55	2		2	
Paseo	90	350	1	24	52	11		1	8
Fluoro	120	360	0.5	24	52	30		2	28
Banquetbol	100	380	0.7	25	51	18	1		17
Voleibol	100	250	0.7	25	51	12			12
Gimnasia	60	180	1	25	45	79	7	2	70
Aeróbico	60	300	0.7	20	68	8			8
Yoga	40	150	1	24	55	11			11
<b>Total</b>						<b>367</b>	<b>25</b>	<b>148</b>	<b>194</b>

Del total de los encuestados, si bien se encontraban en ambientes dentro de los rangos óptimos de temperatura y humedad propuestos por diversos autores, sólo el 40% de los mismos manifestó el estado de confort. Del 60% restante, el 7% tenía una sensación de frío, y el 53% sufría de calor.

Además los resultados de la tabla 5.1 se compararon con los rangos higrotérmicos de confort, recomendados como óptimos por estudios realizados en Rusia ( ver tabla 4.1 ). Si bien los datos aportados por esta publicación, están por debajo de los rangos higrotérmicos obtenidos en las mediciones, podrían acercarse bastante a la sensación óptima de confort, manifestada en nuestro estudio puesto que el 53% de los encuestados sufrirían de calor, es decir podrían haber

desarrollado su actividad, bajo temperaturas más bajas y así, facilitar la pérdida de la alta producción de calor de su cuerpo.

Otra fuente que se tomó para la comparación, fueron los algoritmos de P.O.Fanger del "Predicted Mean Vote" (PMV). Fanger a través del cálculo del PMV, hace una estimación de la sensación térmica, que presentará un individuo teniendo en cuenta esencialmente los valores de temperatura ambiente, velocidad y humedad del aire, incidencia de la temperatura radiante, valor medido en clo de la vestimenta que porta el individuo, y estará además en función de la actividad que esté desarrollando, medida en kcal/hx m2.

Ecuación de Fanger para el cálculo del PMV

$$PMV = \left( 0.352 \cdot e^{0.042 \cdot \frac{M}{Adu} + 0.032} \right) \cdot \left[ \frac{M}{Adu} \cdot (1 - \eta) - 0.35 \left[ 43 - 0.061 \cdot \frac{M}{Adu} \cdot (1 - \eta) - pa \right] \right] -$$

$$0.42 \cdot \left[ \frac{M}{Adu} \cdot (1 - \eta) - 50 \right] - 0.0023 \cdot \frac{M}{Adu} \cdot (44 - pa) - 0.0014 \cdot \frac{M}{Adu} \cdot (34 - ta) -$$

$$\left[ 3.4 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot \left[ (t_{cl} + 273)^4 - (t_{rm} + 273)^4 \right] \right] - f_{cl} \cdot \left[ 2.05 \cdot (t_{cl} - ta)^{0.25} \right] \cdot (t_{cl} - ta) \Bigg]$$

Donde:

$\frac{M}{Adu}$	Relación entre la razón metabólica (M) y el área de Du Bois (Adu)
$\eta$	Eficiencia mecánica externa
$pa$	Presión de vapor
$ta$	Temperatura ambiente
$f_{cl}$	Relación entre el área de la superficie del cuerpo vestida al área del cuerpo desnuda
$t_{cl}$	Temperatura exterior de la ropa
$t_{rm}$	Temperatura media radiante
$hc$	Coefficiente convectivo de transferencia de calor





Figura 5.1. Estructura en cual se lleva a cabo la pructica de volteretas y trampolín

El estudio que se desarrollo en esta tesis, se realizo sobre distintos grupos de deportistas desarrollando diversas actividades a saber: calistenia, danza, judo, judo, taito con pesas, boxeo, taekwondo, softbol, gimnasia, acrobacia y esgrima. Al tener todas estas actividades deportivas, se analizará cada caso en particular.

Tabla 5.1. Rangos de la Sensación Térmica en base al PMV propuesta por P.O.Fanger

PMV	Sensación Térmica
3	Fresco
2	Fresco templado
1	Templado
0	Neutro
1	Templado cálido
2	Cálido
3	Muy cálido

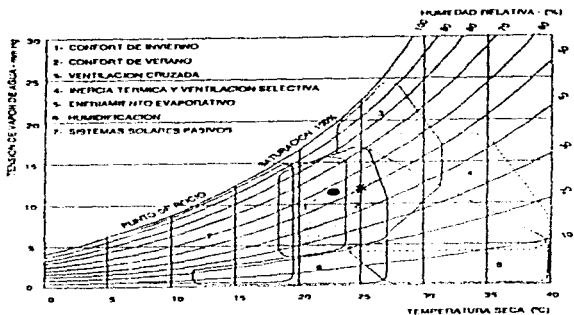
Tabla 5.2. Rangos de la Sensación Térmica en base al PMV propuesta por P.O.Fanger

Los resultados del cálculo del PMV, se comparan con la escala de valores de sensaciones térmicas (ver tabla 5.2), propuesta por P.O.Fanger, en donde 0 (cero), es el valor considerado como de sensación neutra, es decir en el cual una persona se encuentra en equilibrio con el medio que lo rodea. Por ahí en may los valores negativos son los correspondientes a las sensaciones de frío, mientras que los positivos a las de calor.

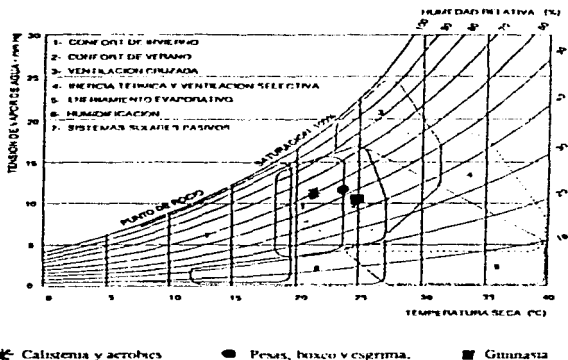
Las características constructivas de todos los ámbitos, está enmarcada dentro de los estándares de construcciones deportivas ( ver figuras 5.1 a 5.7). Al momento de la toma de datos, en casi todos los casos, la incidencia de la ventilación y la radiación solar, eran insignificantes, por ser ambientes carentes o estar todas sus aberturas cerradas y, en el momento de la medición, el sol no hacía incidencia directa sobre las mismas, cabe aclarar que todos los anteriores efectos se consideraron en la temperatura y humedades interiores medidas.

Analizando los datos obtenidos en el caso del voleibol y basquetbol, ambas disciplinas se desarrollaban en el mismo ambiente ( figura 5.1 ), los rangos higrotérmicos se encontraban dentro de los rangos óptimos, según Givoni ( gráfica 5.1 ), pero a pesar de esto, de los 30 encuestados, ninguno manifestó confort térmico. 29 de ellos presentaban una sensación de calor mientras que el restante, sentía el ambiente hiperamente frío.

Gráfica 5.1 Inclusión sobre la gráfica bioclimática de Givoni, de los datos obtenidos en las encuestas con los grupos de voleibol, basquetbol, danza, judo y lucha.



Gráfica 5.2 Inclusión sobre la gráfica bioclimática de Givoni, de los datos obtenidos en las encuestas con los grupos de calistenia, pesas, boxeo, gimnasia, aeróbicos y esgrima.



En las gráficas 5.1 y 5.2 se observa que para las anteriores actividades se tienen condiciones higrotérmicas, dentro de los rangos óptimos de confort, según Givoni. Pero en nuestros resultados (tabla 5.1), solo los del grupo de danza presentan una sensación de confort térmico, mientras que en la mayoría de los otros grupos predominaba una sensación de calor.

En resumen, al comparar nuestros resultados de campo contra el método de Givoni, del total de las personas encuestadas en el muestreo, solo el 40% respondió que se encontraba confortable térmicamente; del grupo restante, el 53% de los mismos presentaba sensación de calor.

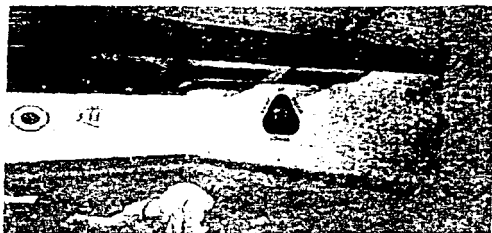
Entrenamiento de lucha grecorromana



Entrenamiento de lucha



Figuras 5.2, 5.3 y 5.4. Atletas en las cuales se desarrollan las actividades de danza, judo y judo, respectivamente.



Gimnasia 1 (1)

Figuras 5 y 6 de S. 1. Apreciar las características de una mancha de actividad de un ejercicio de gimnasia y acrobacia, respectivamente.



Gimnasia 2 (1)



Gimnasio de pesas



Construcción de un gimnasio de pesas

**Análisis de los resultados obtenidos por los algoritmos de P.O.Fanger**

Un análisis de los resultados obtenidos a través de los algoritmos de P.O.Fanger (tabla 5.3), muestra que para todas las situaciones analizadas salvo los casos de calistenia y danza la sensación térmica impartida en los grupos de experimentación no sería de calor bochornoso, punto que coincide con los datos obtenidos en las encuestas.

**Tabla 5.3 Resultados del PMV obtenidos de la utilización de los algoritmos de P.O.Fanger, comparados para cada caso, con la tabla 5.2**

Actividad	Temperatura medida en campo	Humid rel. medida en campo	Met. Adm. (p.4)	P.O.Fanger	Cl.0	PMV	Sensación según tabla 5.2
Calistenia	22	63	170	0.7	0.74	Calor	
Danza	23	55	160	0.7	0.71	Calor	
Judo	23	55	460	0.8	6.20	Calor	
Lucha	22	55	435	0.8	6.69	Calor	
Pesas	24	52	350	0.6	5.31	Calor	
Boxeo	24	52	400	0.8	5.52	Calor	
Basquetbol	22	54	380	0.7	6.00	Calor	
Voleibol	25	54	250	0.7	3.27	Calor	
Gimnasia	25	45	180	0.8	1.69	Calor	
Aeróbico	20	68	300	0.7	3.24	Calor	
Ejercicio	24	55	350	0.9	5.53	Calor	
Reposo	25	50	50	1	-2.27	Frio	

En los datos de la tabla 5.3 se agrupo además de los distintos grupos en estudio, el caso de una persona en reposo, bajo condiciones fisiológicas óptimas, según los rangos de confort propuestos por distintos autores. Al analizar los datos obtenidos para este caso, se observa cierta disimilitud con la posible realidad, ya que a 22°C, con un clo de vestimenta, el común de la gente, no sentiría frio.

Para tratar de entender el porque de los resultados tan disimiles de la tabla 5.3, se hicieron otros analisis para tratar de llegar a las condiciones de temperatura en las que todas las actividades, se acercquen a valores dentro de los rangos de confort térmico, establecidos por Fanger, obteniendose los resultados de la tabla 5.4

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Tabla 5.4 Ajuste de la temperatura, para obtener el grado de confort térmico, en cada actividad.

Actividad	Temperatura empírica	Hum rel medida en campo	M/Ado por P.O.Fanger	Clo	PMV	Sensación según tabla 5.2
Calistenia	25	60	170	0.7	0.74	Confort
Danza	23	55	160	0.7	0.71	Confort
Judo	8	55	400	0.8	1.40	Calor
Lucha	8	55	435	0.8	1.08	Calor
Pesas	8	52	350	0.6	1.99	Ligero calor
Boxeo	8	52	360	0.5	1.85	Ligero calor
Basketbol	8	51	380	0.7	2.81	Calor
Voleibol	14	51	250	0.7	0.94	Confort
Gimnasia	18	45	180	0.8	0.36	Confort
Aeróbics	8	68	300	0.7	1.43	Calor
Esgrima	8	55	350	0.9	2.68	Calor
Reposo	30	50	80	1	0.21	Confort

Si bien se pudo mejorar la situación empírica en alguno de los casos, con los algoritmos de Fanger, no se tiene una buena respuesta frente a casos de actividades de alta producción calórica, pues a pesar de bajar empíricamente la temperatura ambiente en casi todos los casos a 8° C, las sensaciones termizas siguen siendo de calor, mientras que, por el contrario, en el caso de la persona en reposo, hubo que elevar la temperatura a 30° para llegar a valores de confort térmico.

Los algoritmos propuestos por Fanger para el cálculo de lo que denomina PMV (Voto Medio Predictivo), brindan, según el autor, una idea anticipada, en una escala psico-física, de la sensación de confort que experimentará un grupo grande de personas, ante diversas condiciones ambientales, de vestimenta y actividad, hecho que, comparando las tablas 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4, no queda totalmente establecido.

En la gráfica 5.3 se hizo una relación, con datos obtenidos de cálculos realizados con los algoritmos de Fanger (tabla 5.3), entre el M/Ado necesario para distintos valores de temperatura ambiente, para mantener el PMV en valores de neutralidad (0.005 a 0.063) y el valor de vestimenta clo en (1 uno).



Gráfica 5.3 Relación entre la temperatura ambiente y la producción interna de calor del cuerpo (M/Adu) para un PMV de neutralidad

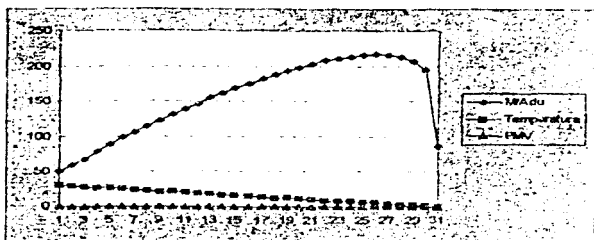


Tabla 5.5 Relación entre la temperatura ambiente y la producción interna de calor del cuerpo (M/Adu) para un PMV de neutralidad

T. ambiente	M/Adu	PMV	T. ambiente	M/Adu	PMV
30	50	0.043	15	175	0.035
29	59	0.048	14	182	0.044
28	67	0.043	13	188	0.039
27	78	0.043	12	193	0.041
26	88	0.057	11	198	0.035
25	99	0.042	10	203	0.045
24	106	0.050	9	208	0.048
23	115	0.053	8	211	0.047
22	123	0.047	7	214	0.045
21	131	0.053	6	216	0.051
20	139	0.040	5	217	0.057
19	147	0.049	4	216	0.051
18	155	0.047	3	214	0.063
17	162	0.044	2	207	0.047
16	169	0.048	1	194	0.049

En la gráfica 5.3 y tabla 5.5 se presenta una situación estable de aumento del M/Adu de aproximadamente 7 unidades promedio por cada grado de temperatura que disminuimos en el ambiente, hasta que en los valores de temperaturas inferiores a 27°C, se produce un punto de inflexión comenzando a disminuir dichos valores. Por otro lado, se sigue presentando la situación

de la necesidad de altas temperaturas para lograr el confort, en estado de reposo. Hecho que nos habla quizá de la necesidad de un ajuste a las tablas de equivalencias a nivel regional, para lograr resultados más acordes a la aclimatación de las personas, teniendo en cuenta que las experimentaciones que dieron como resultado los algoritmos de Fanger, se realizaron bajo características bastante alejadas a las imperantes en nuestro caso (región).

## **Capítulo 6**

### **Conclusiones**

## Capítulo 6

### Conclusiones

Al hablar de arquitectura bioclimática, se está abarcando el concepto de bioclimatología, que al ser construcciones pensadas para ser habitadas por el hombre, se tendría que hablar de bioclimatología humana o factores del clima que, de manera directa o indirecta, afectan la fisiología y confort del hombre.

- De nuestra investigación de campo se concluye que no todas las variables que determinan el confort higrotérmico, tienen influencia directa sobre dicha condición de confort. Se determina que la temperatura, humedad y velocidad del aire, la vestimenta, la incidencia solar y la actividad que este desarrollando el individuo, son sobre las que hay que poner mayor énfasis, al analizar su posible combinación para lograr el ensaado equilibrio hombre-medio.
- Es importante resaltar que la situación de equilibrio o neutralidad térmica, es una condición psico-física, de ahí el hecho de que ante situaciones semejantes, distintas personas tengan sensaciones disímiles.
- Llegar al equilibrio o neutralidad térmica a través de una ecuación general de confort térmico, es un paso importante, pero no garantiza el confort térmico de los ocupantes de un ambiente. Dichas ecuaciones trabajan sobre la combinación de diversas variables, que pueden dar un resultado aproximado o empírico óptimo, pero analizándolas individualmente podríamos detectar situaciones de incómodidad, como velocidades de viento molestas para la actividad que se desarrolle en el ambiente, radiaciones solares excesivas. Por otra parte, por lo general se analiza un ambiente en general en el que, dependiendo de la escala del mismo y de las condiciones de relación con el exterior que unperen, podríamos tener que considerar la posibilidad de micro-ambientes interiores.
- Por los casos analizados, no se puede hablar de la invalidez de la utilización de gráficas bioclimáticas o cálculos y tablas de rangos empíricos, para prever una determinada situación. Lo que si queda en claro, es la primordial importancia de cotejar los datos obtenidos y de ser necesario ajustar los resultados a las características de los individuos de la región en la que serán implementados. Con esto queda establecida la importancia de tener en cuenta, la aclimatación del hombre al medio que lo rodea.
- Una persona realizando actividad física puede que se encuentre más confortable en ambientes con condiciones térmicas por debajo de los estándares medios de comodidad, pues al ser mayor el diferencial de temperatura cuerpo-medio, se facilita la pérdida del calor excedente del cuerpo, al medio que lo rodea.
- Giveno al desarrollar sus gráficas bioclimáticas, establece que los rangos de confort fueron considerados para una persona en actividad sedentaria, vestida con ropa con valor de un

clo. De ahí la necesidad de un ajuste, a las gráficas de Givoni, para su utilización práctica, para situaciones en las cuales las actividades analizadas, superen los rangos de producción de calor, de las actividades sedentarias.

- Los datos de "sensación térmica" obtenidos a través de los algoritmos de Fanger, no pueden tomarse como rangos de confort térmico para actividades como las analizadas en el presente trabajo, debido a que responden esencialmente, al diferencial térmico existente entre la superficie del cuerpo y el medio ambiente que lo rodea, teniendo demasiada incidencia sobre los resultados obtenidos, la producción de calor interna del organismo, en comparación a las otras variables que intervienen.
- Por último, un punto que es importante recordar, es que la arquitectura nació como bioclimática y a través de los siglos fue perdiendo dicha característica para en esta época, tratar de recobrar la esencia de ella misma, la de dar al ser humano un albergue cómodo y confortable, que lo proteja de las inclemencias exteriores.

## **Bibliografia**

## **Bibliografía**

1. Appenzeller O, Medicina Deportiva, Ed. Doyma, 1ª Ed., España, 1991.
2. Armstrong L, Maresh C, Rietbe D, Kenetic R, Castellano J, Senk J, Echegaray M y Foley M, Local cooling wheelchair athletes during exercise-heat stress, *Med. Sci.Sports Exerc.*, 1995, Vol 27, 2, 211-216.
3. ASHRAE Handbook of Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Estados Unidos, 1989.
4. Astrand- Rodhal, Fisiología del Trabajo Físico, 1992, Ed. Panamericana, Argentina.
5. Canelón M.F, Material Properties: a factor in the selection and application of splinting materials for athletic wrist and hand injuries, *JOSPT*, 1995, Oct., vol 22, 4: 164-172.
6. Castarrel J., Energía Solar, Ed. Trillas, México, 1990
7. Cuadernos de Nutrición: Glosario de Términos para la orientación Alimentaria, Publicado por INNSZ, 1988, vol 11, 6, nov-dic:3-46.
8. Czajkowski J., Gómez A., Introducción al diseño bioclimático y la economía energética edilicia, Editorial de la Universidad de La Plata, Argentina, 1994
9. Dan Bernardot, Sports Nutrition, The American Dietetic Association, 2ª Ed, USA, 1992.
10. Fanger P.O., Thermal Comfort, Danish Technical Press, Copenhagen, 1970
11. Flohn Herman, Clima y tiempo, Biblioteca para el Hombre Actual, Madrid España, 1968
12. García Enriqueta, Apuntes de Climatología, Laros S.A., México, 1989.
13. García Enriqueta, Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Instituto de Geografía de la U.N.A.M., México, 1987
14. Givoni B., Man, Climate and Architecture, Applied Science Publishers, Inglaterra, 1976
15. Grau Larousse Universal, Plaza y janes, S.A, Editores España, 1981, Vol XII, p:3763
16. Hinz E., Gonzalez E., De Oterza P., Quiros C., Proyecto Clima y Arquitectura, Universidad de Zulia, Ed. G.Goli S.A de C.V., México 1986
17. Houston M., Biochemistry primer for exercise science, Editorial Human Kinetics, 1995, USA cap 6, pp:48-57
18. Jáuregui E., Notas de Bioclimatología Humana, Centro de Ciencias de la Anatomía, U.N.A.M., México 1994
19. Laptev A., Muy A. Higiene de la cultura física y el Deporte, Editorial Ráduga, 1987, Cuba.
20. Mc Ardle W, Katch F, Katch V, Fisiología del Ejercicio, Ed. Abniza S.A., Madrid, 1990.

21. Morillón David, Bioclimática, Universidad de Guadalajara, Ed. Doble Luna S.A., México 1993
22. Rivero R., Arquitectura y Clima, U.N.A.M., México, 1988
23. Thein L., Environmental Conditions Affecting the Athlete, JOSPT, 1995, Mar., Vol 21, 3: 158-171.
24. Tudela Fernando, Ecodiseño, U.A.M. México, 1982
25. Wachberger M. y H., Construir con el Sol, G.Gilli S.A de C.V., México 1990
26. Wright D., Arquitectura Solar Natural, Ed. G. Gilli S.A., México, 1983