

## DESIERTOS

En una parte del territorio del Estado de Sonora reúne las características de un clima con características de aire caliente y seco, así como gradientes de temperatura máxima y mínima durante el transcurso del día. Las descripciones anteriores están dentro de las características que describen al clima desértico cálido-seco, el cual está presente en el rango geográfico de latitudes 25 y 35°C (la mayor parte de los desiertos se localizan en esta franja), escenarios similares se presentan en esta misma franja en el hemisferio sur. Esto se debe a que en esta franja se delimita de manera natural el descenso de las capas altas de la tropósfera, masas de aire con un contenido de humedad escaso, provenientes principalmente de la franja ecuatorial, en donde dadas las incidencias de radiación que predominantemente se presentan intensas y los cuales por su ligereza tiende a elevarse a las capas superiores, viajando con rumbo de los polos respectivos, dejando en el camino, en gran parte, su contenido húmedo invirtiéndose en las formaciones nubosas que posteriormente se precipitará en forma de lluvias. Como una consecuencia de la escasa humidificación atmosférica, hay de igual forma escasas nubosidades durante la mayor

*E. Javier Ruiz D.*

parte del año, en complicidad con esto la intensa incidencia de la radiación sobre la superficie hacen que la vida vegetal sea precaria permitiendo la erosión eólica de la misma, con manifestaciones de polvaredas de arena y material ligero del suelo. Sin embargo la baja saturación del ambiente por humedad permite que la atmósfera sea transparente a la radiación infrarroja emitida por la tierra y que en proceso de desaturación térmica por las noches se ve favorecidas con grandes pérdidas de energía, percibiéndose con el descenso notable de la temperatura que pueden ser de 17 a 22°C de variación diaria.

Desiertos, se aplica esta denominación a los territorios más o menos extensos y generalmente llanos que, a consecuencia de la falta de agua, carecen casi por completo en algunas regiones de vegetación, lo que los hace principalmente diferentes de las estepas. El suelo de los desiertos pueden estar formado por rocas, pero mas frecuentemente por arena más o menos silíceas que en ocasiones no presentan omisión alguna al movimiento, o bien por arenas ricas en cloruro sódico o en sales; de aquí la división de desiertos rocosos, de arena o salinos. No hay en los desiertos lluvias regulares; solo se presentan en casos distantes precipitaciones vespertinas. En tardes se presentan con gran fuerza, grandes chubascos que en los desiertos con predominancia rocosa, producen efectos erosionantes en un lapso de tiempo relativamente corto, dadas las características de consistencia carente de agentes cementantes, y que por efecto natural presentan aglutinamiento sin masas arcillosas o de otros que pudieran cumplir con este efecto. Además, el cuarteamiento de las rocas es provocado también por las variaciones de temperatura, la falta de humus y la ausencia de una cubierta protectora de vegetales, tocante a la variación térmica, es claro que este efecto actúa mas directamente sobre las superficies rocosas despejadas; los efectos de la insolación se manifiestan frecuentemente en estas rocas, por una especie de descamación. La disgregación de las rocas debida a las alteraciones químicas, es casi despreciable en los desiertos por la falta de humedad; nunca se notan, en las superficies rocosas extensas fenómenos de desintegración química, solo se presentan localizados especialmente en las llamadas rocas del desierto, cuya superficie inferior está intacta, mientras que la capa superior se encuentra con un aspecto amarillo, a manera de costra, parda y negra, formada por óxidos de hierro y de manganeso, sílice, alúmina, ácido fosfórico y debida a la acción sobre la piedra, del calor del sol, el aire salobre del desierto y la humedad del rocío.

A pesar de la extraordinaria dificultad con que se desarrolla la vida en regiones tan escasas de agua como los desiertos, no deja de haber en éstos la presencia de vida tanto vegetal como animal, realizando una permanente resistencia al clima. La flora de los desiertos, constituida asemejanza de las estepas, poseen disposición de defensa a la excesiva falta de agua, presentando un grado mayor de reducción, propio de los lugares en condiciones extremas de falta de humedad y aire seco, en conjunto. Dichas plantas descritas son bajo el carácter de xerófilas.

*F. Javier Ruiz D.*

Dichas condiciones climáticas obligan a que en ellos como lugares habitados, las viviendas utilizadas deban ser diseñadas para ser empleados como verdaderos "refugios", tanto en contra de la intensa radiación como en contra de los vientos cálidos y que además, sean capaces de aprovechar las condiciones nocturnas de desahogo de acumulación térmica, en forma de enfriamiento, pudiendo así garantizar condiciones mínimas de confort.

Sin embargo, en esta región, poco cuidado hemos tenido en estudiar las condiciones y hacer diseños acordes a nuestro medio, contruyendo viviendas con características que favorezcan el buen desempeño y desarrollo de sus moradores. Cayendo en la replica a supeditarnos a la función de importar prácticas, estilos y diseños variados, que no coinciden con nuestra región por ser distintos en los criterios que le dieron origen, con la consiguiente "necesidad" del excesivo consumo energético para compensar en períodos de verano las excesivas ganancias por radiación sola en las edificaciones, invirtiéndose en invierno la necesidades, más no así el tratar de ganar una climatización adecuada para compensar al interior de las construcciones su ausencia.

#### SONORA

Tiene una superficie de 184,934 kilómetros cuadrados (9,4% del territorio nacional y segundo estado más grande). Limita al norte con los Estados Unidos de Norteamérica, al este con Chihuahua, al sureste con Sinaloa, al sur y al oeste con el Golfo de California y Baja California por San Luis R.C.

Sonora participa con un variado medio ambiente, determinando su variada topografía, temperatura, regímenes y sistemas pluviales, vegetación y otros factores. Hacia el este, la altura sobre el nivel del mar va en aumento hasta alcanzar la Sierra Madre Occidental, donde el terreno es abrupto. Al aumentar la altura es mayor la cantidad de precipitaciones pluviales, de la planicie costera es desértica, la montaña tienen vegetación cada vez más densa y alta, hasta llegar a los bosques de encino y pino. La temperatura disminuye de acuerdo con la altitud. La Madre Sierra occidental del altiplano Mexicano, crea una barrera que separa las regiones Sonorenses, que son más bajas, de las altiplanicies desérticas de Chihuahua. Sonora queda al norte del Trópico de Cáncer y por consiguiente forma parte de las grandes zonas desérticas del norte, que se extienden hasta el sur de los Estados Unidos de Norteamérica. Por otro lado, la Sierra Madre determina una franja costera que continúa al sur, de manera que hay una relación geográfica gradual entre Sonora y Sinaloa, cuyos cambios a lo largo de esa área son apenas perceptibles. De este a oeste, por lo contrario, las diferencias son muy ostensibles, en particular en la parte meridional donde la Sierra Madre se acerca a la costa. La planicie costera Sonorense también tiene acceso y continuación libre por el norte, tanto hacia Arizona como hacia California.

*E. Javier Ruiz D.*

Para una descripción minuciosa y a razones de referencias, Sonora puede dividirse en tres áreas geográficas:

- i) El Desierto de Sonora, se extiende en la planicie costera, abarcando porciones de Arizona, California y la península de California.
- ii) La zona Serrana, al oriente de la anterior y con términos en la Sierra Madre Occidental.
- iii) Una zona de transición, que incluye el extremo sur de Sonora y el Norte de Sinaloa.

Desierto de Sonora, con una precipitación pluvial promedio es menor de 400 milímetros anuales y por consiguiente la vegetación es dispersa y de vegetación adaptadas a terrenos áridos. Los índices de precipitación pluvial son mínimos con rumbo a su propio Noroeste, dando situaciones propias a verdaderos desiertos, como el de Altar, donde las temperaturas son muy altas en el verano y extremosas en el invierno. La planta característica de esta región es la gobernadora o hediondilla (larrea), que aparece acompañada de otras especies de acuerdo con el área de que se trate (Sahuaro, Mezquite, Palo fierro). Las referencias características que describen a el desierto de Sonora al compararlos con otros del mundo, el término de desértico se desvanecé al modificarse gradualmente con el paso del tiempo, el cual no es totalmente adecuado en porciones del sur, donde ya comienzan a prosperar plantas subtropicales.

#### EL DISEÑO

Existen experiencias constructivas regionales que no hemos valorado, las cuales fueron y son una muestra palpable de comodidad, confort y economía. En principio no se concibe el diseño bioclimático como un retorno al pasado, ni se trata de promover un problema generacional, se trata de aprovechar los principios constructivos que se utilizaron.

Partían de la adquisición de recursos y no es de entenderse que esos recursos fueran los económicos, sino reconocían para su utilización los recursos naturales que contaban a su alrededor; después consideraban la necesidad del espacio a cubrir para continuar con el diseño y conjuntamente la construcción, la cual se basaba en la experimentación (prueba y/o error) de los elementos y "técnicas", vertiendo opiniones entorno a resultados de experiencias. Así se gestaba un modelo constructivo fundamentado en las necesidades y condiciones de nuestra región, para esos tiempos. En cuanto a los recursos, eran los de la región los mas utilizados y la colaboración constructiva partía del apoyo familiar, la necesidad de utilizar medios climatizadores (que no fueran naturales) no se consideraban como ahora.

*J. Javier Ruiz D.*

Es una necesidad el encontrar un método constructivo propio para la región o al menos considerar estrategias de diseño que nos brinden alternativas de mejoría en los campos del ahorro energético.

No sería ningún problema hacer uso de la energía eléctrica sin menoscabo, pero resulta ser el modo de energía mas caro para su obtención y el mas común para nosotros, dependiendo directamente el precio de la situación del mercado de energéticos y esto es entrar en un embrollo difícil de explicar, por su constante variación de circunstancias y políticas implantadas por las grandes potencias, que para su beneficio llevan a cabo. En nuestro tiempo, las edificaciones conciben desde su proyecto la implementación de elementos mecánicos de climatización artificial para brindar habitabilidad y confort, los cuales consumen en su funcionamiento grandes cantidades de energía eléctrica, cayendo en el consumo energético irracional, sin medir las consecuencias que traerá el consumo excesivo de este recurso renovable.

En nuestro país, la producción de la energía eléctrica se genera en una gran mayoría mediante el consumo de combustibles pétreos, contaminando el medio ambiente y omitiendo consideración alguna para su protección, resaltando la necesidad de una conciencia ecológica que ayude en la preservación de las condiciones naturales.

Regular las condiciones ecológicas y las económicas de una manera conjunta es una necesidad insoslayable. La mayor parte de las personas deja en manos de "los que saben" los temas relativos a la normatividad, las regulan nuestra vida en sociedad, que terminan sin ser acordes a nuestras condiciones. Así con esa misma visión, es como se le deja al conocedor al construir espacios, con toda facultad de decidir y cuya decisión se aleja (en ocasiones) del que habrá de hacer uso de la edificación, sin prever las condiciones y circunstancias futuras de los ocupantes; los proyectos constructivos deberán entonces considerar los factores económicos y ecológicos con una visión integral de las cosas, que nos brinden la alternativa de preservar nuestra economía y nuestro medio,

Hacer un rescate y uso de las experiencias constructivas vernáculas es una opción, las cuales deberán adecuarse a las circunstancias actuales, sus criterios no requerirían implementaciones ajenas con la naturaleza, al tomarlos en cuenta y que redundaría en nuestro beneficio al actuar directamente en nuestra salud, economía y con la naturaleza. Para lograr hacerlas compatibles con nuestro tiempo, además de las adecuaciones constructivas habremos de considerar los parámetros de comodidad de las personas en nuestra región, partiendo de un estudio integral de las variaciones climáticas.

Para esta región la incidencia de los rayos solares o radiación, es la principal característica en la variación de temperatura, tendiendo a presentarse bochorno desde los meses de abril a octubre y a elevarse hasta más de 45°C en la época de verano (julio y agosto), para

*J. Javier Ruiz D.*

eso la desviación o refracción de sus rayos es necesaria, así como el conocimiento del tránsito solar, con el cual podremos preveer su influencia en determinada fecha del año y conjugarla con las características climáticas de la estación y cumplir con los requerimientos para estar en confort.

El diseño tradicional constructivo, por regla general, no incluye el estudio a detalle de todas las variables que influirán en la comodidad térmica de sus ocupantes, y cuando se dispone de medios económicos se recurre al uso del aire acondicionado para lograr este fin.

El presente trabajo representa un esfuerzo encaminado a cooperar en el diseño térmico de construcciones, con el objetivo de que estos resulten sistemas termodinámicos eficientes, combinando a su vez sistemas pasivos de regulación térmica. Lo cual implica que se logre la comodidad de sus ocupantes, con el mínimo consumo de energía. Con base en lo anterior, el ideal sería aquel sistema cuyo consumo de energía extra fuera nulo (climatización natural), lo cual se puede llevar a cabo en mucho de los casos con el empleo del clima como recurso.

Esta adecuación de las construcciones al clima, se puede apreciar en diversos ejemplos de la arquitectura vernácula, en los cuales cada pueblo o región, utilizando el clima como recurso y por medio de prueba y error, llegó a obtener una vivienda adecuada, repitiendo los aciertos y desechando lo que no funcionaba. Sin embargo en la época actual, debido a la rapidez con la que se cambian los materiales de construcción y los métodos constructivos, no se puede esperar que un determinado tipo de arquitectura, logre por sí misma, la optimización de la vivienda regional.

Con base a lo anterior, el presente trabajo viene de la idea de aportar un método de cálculo para la climatización natural de las edificaciones (muros, techos, pisos) que al interactuar con el clima tomen ventaja de él para lograr el bienestar térmico de sus ocupantes; estos componentes deben formar parte integral del edificio, estar fabricados con materiales que en el mercado local y que puedan ser aplicados con métodos constructivos usuales en la región.

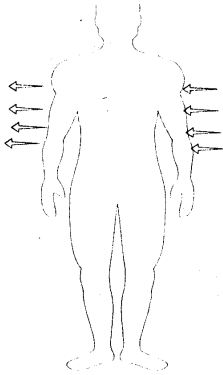
Como herramienta de análisis, el cálculo de las trayectorias solares nos sirven para generar estrategias de diseño arquitectónico que permitan desde el punto de vista cualitativo, asegurar que la construcción tomara ventaja del clima. También se deberán considerar resultados de los métodos de cálculo para los procesos de transporte de calor que se llevan a cabo en las edificaciones, para el adecuado dimensionamiento de los dispositivos.

Desde el punto de vista térmico, la primera consideración que se debe tomar en cuenta,

*J. Javier Ruiz D.*

es la posibilidad de que la construcción que se diseña, este en un futuro habitado por personas, buscando obtener condiciones de comodidad térmica de los ocupantes.

#### BALANCE TÉRMICO CORPORAL



BALANCE DE CALOR EN EL CUERPO HUMANO

En el desarrollo del presente capítulo se hace una descripción de los mecanismos mediante los cuales el ser humano descarga calor al medio ambiente y que condicionan su comodidad térmica y se discutirán los aspectos determinantes en la comodidad térmica de los habitantes estableciendo un balance en el cuerpo humano.

<sup>1</sup>El cuerpo humano puede ser considerado entre otras cosas, como una bomba productora de calor, y del cual necesita perderlo constantemente a una rapidez determinada, y fijada por el metabolismo de cada persona. La descarga de calor a cierta rapidez que mantenga la temperatura corporal, entre los 36.5 y 37.5°C con el mínimo de esfuerzo, permite el desarrollo del trabajo fisiológico en óptimas condiciones; esto es lo que se reconocerá como las condiciones de comodidad o confort. Por medio de un balance muy fino entre el calor ganado y disipado por el cuerpo, se establece la temperatura del cuerpo humano. El cuerpo humano genera calor constantemente como producto secundario de las reacciones metabólicas celulares, y pierde calor permanentemente, el cual pasa al medio

<sup>1</sup> Guyton, A., "Tratado de fisiología Médica", Edit. Interamericana, 5ta. Edición, México.

ambiente. Podemos diferenciar dos tipos de fuentes que contribuyen a la acumulación de calor, el calor interno y el calor externo, mostrado en la ilustración (I. II.1.) el equilibrio existente entre la producción y pérdida de calor.

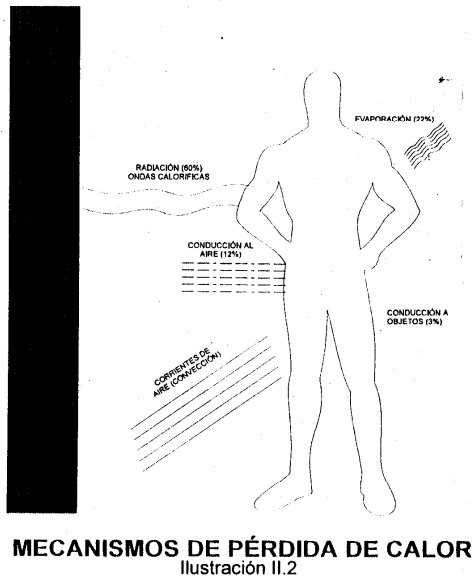
La principal fuente de calor interna la representa la obtención de energía a través de procesos metabólicos, esta energía se obtiene de la transformación de energía química por medio de la oxidación de carbohidratos, calorías y proteínas. En promedio, el 55% de la energía de los alimentos se transforma en calor durante la formación de ATP (Trifosfato de Adenosina). Por otra parte de la energía del Trifosfato de adenosina se transforma en calor cuando se cede a los sistemas metabólicos celulares; finalmente el metabolismo celular solo aprovecha el 25% de la energía inicial: síntesis de proteínas, energía de la contracción muscular, bombeo de la sangre por el corazón, etc.

Por lo tanto, podemos decir que prácticamente toda la energía producida por el metabolismo de los alimentos en el organismo se convierte en calor. La única excepción es la realización de un trabajo exterior por los músculos (trabajo mecánico).

La producción de calor metabólico (calor interno) se puede calcular al restar el trabajo mecánico (W) del total de la energía metabólica (M) y sería igual a (M-W).

Los medios por los cuales se pierde calor se ilustran en (I. II.2).

El calor externo se encuentra cuando se suman las contribuciones debidas a los mecanismos de transferencia de calor por radiación (R), convección (CONV) y conducción (COND). La dirección en la que se da este intercambio entre el cuerpo y el medio ambiente, será negativo cuando la temperatura del medio ambiente sea menor que la temperatura de la piel ( $T_{amb} < T_{piel}$ ) y positivo ( $T_{amb} > T_{piel}$ ). Existe otra contribución externa y es debida a la evaporación (E) por medio de la transpiración y la respiración, y representará siempre una pérdida de calor.



**MECANISMOS DE PÉRDIDA DE CALOR**  
Ilustración II.2

*J. Javier Ruiz D.*



<sup>2</sup>La cantidad de calor por cada uno de estos mecanismos tiene una variación considerable a según sean las condiciones atmosféricas. En una habitación a temperatura normal un cuerpo desnudo elimina el 60% de la pérdida total de calor por radiación.

El cuerpo radia calor en todas direcciones, a la vez llega al cuerpo radiación térmica, que proviene de las paredes y de otros cuerpos y objetos vecinos, que la dirigen hacia el organismo. Si la temperatura del organismo es mayor que la temperatura del medio que lo rodea, pasará una cantidad de calor mayor, del organismo hacia afuera.

El calor perdido por radiación varía en proporción directa de la diferencia entre las cuartas potencias de:

- 1) La temperatura de la superficie corporal.
- 2) La temperatura media del medio ambiente.

Por lo tanto, es imposible afirmar en forma exacta cual porcentaje del calor corporal se perderá por radiación, a menos que se definan todas las condiciones que en el momento determinado rodean al organismo.

En la superficie corporal se observa de manera extraordinaria la radiación de onda larga (radiación infrarroja).

Generalmente solo se pierden pequeñas cantidades de calor del cuerpo humano por conducción directa desde la superficie a los demás objetos como sillas, camas, etc.

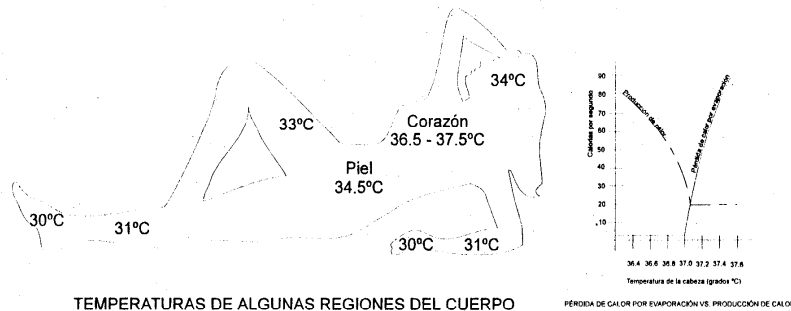
Por otra parte, la pérdida de calor por conducción hacia el aire representa una porción considerable del calor perdido por organismo, incluso en condiciones normales. El movimiento vibratorio de las moléculas de la piel puede aumentar el movimiento de las moléculas del aire que entran en contacto directo con ellas, sin embargo, una vez que la temperatura del aire termina automáticamente, a menos que éste se desplace, de manera que aire nuevo no calentado esté constantemente en contacto con la piel, presentándose de esta manera el fenómeno de la convección. En la ilustración se puede apreciar que una persona desnuda sentada en una habitación de temperatura agradable (condiciones de confort), sin corrientes de aire, pierde el 12% aproximadamente de su calor por convección.

Cuando el cuerpo queda expuesto al viento, la capa de aire inmediatamente vecina de la piel es sustituida constantemente por el aire nuevo, mucho más rápido que en condiciones

---

<sup>2</sup>Brooks, C.E.P., "Climate in Everyday Life", Ernest Benn, London, 1950.

normales, por lo tanto, aumenta en forma correspondiente la pérdida de calor por convección. el efecto de enfriamiento del viento a baja velocidad es aproximadamente proporcional a la raíz cuadrada de la velocidad del mismo, por ejemplo: un viento de 6 Km/hora es unas dos veces más eficaz para enfriar que el viento de 1.5 Km/hora. Sin embargo, cuando al velocidad del viento pasa de unos cuantos kilómetros por hora ya no produce enfriamiento adicional en grado considerable, sea cual fuera la velocidad una vez que el viento ha enfriado la piel hasta la temperatura del propio aire. En este caso, la misma velocidad con la cual el calor puede pasar de la parte central del cuerpo a la piel, es entonces el factor que rige la rapidez con la cual puede perderse calor.



TEMPERATURAS DE ALGUNAS REGIONES DEL CUERPO

PÉRDIDA DE CALOR POR EVAPORACIÓN VS. PRODUCCIÓN DE CALOR

Cuando el agua se evapora de la superficie corporal, se pierden 0.58 Kilocalorias (Kcal) por cada gramo de agua evaporada y el agua se evapora insensiblemente de la piel y los pulmones. Ello produce una pérdida continua de calor del orden del 12 a 18 Kcal por hora. Esta evaporación insensible de agua no se puede controlar para regular la temperatura, pero la pérdida de calor por evaporación se puede incrementar regulando la intensidad del sudor.

Cuando la temperatura del medio es mayor que la de la piel, en lugar de perder calor el cuerpo lo gana por radiación y conducción procedente del medio vecino, en tales circunstancias, el único medio por virtud del cual el cuerpo puede perder calor es la evaporación.

La falta de movimiento del aire disminuye la evaporación, de la misma manera que el enfriamiento eficaz por convección hacia el aire.

Para establecer el balance en el organismo se deben sumar los calores internos y externos, y se obtiene la cantidad de calor que es almacenada por el cuerpo (S), haciendo uso la siguiente expresión:  $(M - W) + (R + CONV + COND) - E = S$

*J. Javier Ruiz D.*

Una vez establecido el balance térmico se debe prestar atención a los mecanismos que el cuerpo humano utiliza para regular la temperatura. La temperatura del organismo se conserva por un centro de regulación, situado en el hipotálamo, entre los límites de 36.5 y 37.5°C en forma indefinidas en un medio variante que va desde los 15.5 hasta los 55°C. La piel, el tejido subcutáneo y especialmente la grasa de los tejidos subcutáneos, son aislantes eficaces para conservar el calor del cuerpo que se produce en las partes más profundas del organismo. La primera línea de defensa esta representada por el sistema de regulación vasomotor, por medio del cual se regula el flujo de sangre del interior del organismo hacia la piel.

Por medio de la vasodilatación se aumenta el flujo sanguíneo y a través de la vasoconstricción se reduce. El organismo protege los centros vitales corazón y cabeza en situaciones extremas de frío o calor. En la ilustración 3 se observan las temperaturas del organismo en sus regiones. Cuando estos mecanismos no son suficientes para mantener la temperatura otros sistemas fisiológicos se usan, como sería el sudor (evaporación) en clima cálido o el escalofrío (contracción muscular) en situación de frío.

Cuando el cuerpo se calienta excesivamente, se secretan grandes cantidades de sudor hacia la superficie de la piel por las glándulas sudoríparas, con el fin de permitir un rápido enfriamiento por evaporación corporal, como lo muestra la ilustración 4, en la que la curva continua muestra que casi a la temperatura de 37°C empieza la sudación, aumentando rápidamente cuando la temperatura se eleva. por otra parte, el sudor cesa a cualquier temperatura por debajo de este valor crítico. A una temperatura de 37°C se activan diversos mecanismos que aumentan la producción de calor, como lo muestra la curva discontinua, especialmente el aumento de actividad muscular que culmina en escalofríos.

Además de mecanismos termostático para el control de la temperatura corporal, el cuerpo tiene otros mecanismos destinados al mismo fin y más potente todavía, que consiste en el control de conducta del individuo en relación a la temperatura, cuando se eleva demasiado, da señales provenientes del área preóptica del encéfalo proporcionan la sensación psíquica de un exceso de calor.

La falta de comodidad la podemos asociar con la desviación del sistema protector primario termoregulador, y cuando en la ecuación de balance térmico anterior,  $E=0$  y  $S=0$ , y el calor disipado es igual a la producción de calor:

$$(M - W) = (R + CONV + COND)$$

Si la anterior se logra a través de medios físicos que conforman el clima, podemos definir la expresión anterior como la comodidad térmica fisiológica.

*F. Javier Ruiz D.*

Cuando el cuerpo se enfría demasiado, señales provenientes de la piel y posiblemente de otros receptores nerviosos periféricos provocan la sensación de frío molesto.

Por lo anterior, la persona efectúa ajustes adecuados del ambiente para restablecer su sensación bienestar y comodidad en ambos casos. Esto, generalmente conlleva una disminución en la productividad del individuo, razón por la cual, es importante tratar de lograr las condiciones de comodidad térmica dentro de las habitaciones.

Los tipos evidentes de ajustes de conducta incluyen: selección de vestidos, desplazamientos del cuerpo hacia un ambiente diferente, aumento de calor o de frío proporcionado por calentadores adecuados o por acondicionadores del aire.

### <sup>3</sup>EVALUACIÓN DEL CONFORT

La comodidad térmica no puede ser definida por un parámetro del clima específico, pero se establece como una interacción entre el estado metabólico del cuerpo humano y una composición de varios factores meteorológicos.

Las variables del clima que determinan la comodidad térmica del cuerpo humano pueden englobarse en dos grupos:

El primer grupo de variables lo constituyen las condiciones ambientales que incluyen: La temperatura del aire (bulbo seco); humedad del aire (o bien, temperatura del bulbo húmedo del aire), velocidad el aire, radiación solar y radiación infrarroja procedentes de cuerpos y objetos vecinos. Estos parámetros se pueden modificar en la interacción de la edificación con el medio ambiente, de tal forma que las condiciones del interior (microclimas) sean agradables al cuerpo humano (o en el peor de los casos, menos agresivas), que las condiciones ambientales exteriores al edificio. Estos factores son los que se modulan en la construcción pasiva.

El segundo grupo de variables lo forman el vestido con el que se cubren los ocupantes y las variables que determinan el metabolismo, como son: la edad, peso, complexión, actividad, etc.

En el primer grupo, las condiciones de comodidad térmica dependen de las variables del medio ambiente como se menciona en el punto anterior, y son: la temperatura, humedad y velocidad del aire, así como la radiación incidente (solar e infrarroja).

---

<sup>3</sup>Sámano, D. A., "Aspectos Bioclimáticos en el Diseño de la edificación", notas del curso de actualización en energía solar, LES, IIM-UNAM, Temixco, Mor., abril de 1986.

Los métodos para determinar las condiciones de comodidad térmica se desarrollaron desde finales del siglo pasado, y a partir de estos se implementaron normas o sugerencias de valores de los parámetros de climas, dentro de los cuales el ser humano siente comodidad. por ejemplo la comodidad en la Gran Bretaña esta definida en un rango de la temperatura del aire en contacto con el cuerpo humano entre 20.5 y 26.7°C (58 a 70°F), en los Estados Unidos de América entre 20.5 y 26.7°C (69 a 80°F) y en los 4trópicos entre los 23.3 y 29.4°C (74 a 85°F), y en todos los casos con humedades relativas entre 30 y 70% (2 y 3). Estas especificaciones de temperatura y humedad que determinan la zona de comodidad, pueden verse modificadas por:

1) La presencia de viento, con lo cual el mecanismo de transferencia de calor por convección se incrementa.

2) La incidencia de radiación solar con lo cual se dificulta la salida de calor del cuerpo humano.

3) La ocurrencia de enfriamiento evaporativo del aire que entrará en contacto con la piel del cuerpo humano; lo cual aumenta la salida de calor del mismo. El clima húmedo tiene influencia sobre la pérdida de calor por evaporación. Los días de verano calientes y húmedos son molestos, debido a que el sudor corre por la superficie corporal mas profusamente que en estado normal, ocurre así por que el aire ya está humedecido casi hasta la saturación. Por lo que la intensidad de evaporación puede estar considerablemente disminuida o totalmente anulada, de manera que el sudor secretado persiste en estado líquido. Así la temperatura del cuerpo se acerca a la temperatura del medio o que puede también elevarse por encima de ella independientemente de que el cuerpo continúe sudando.

4) La salida de radiación infrarroja del cuerpo humano, debido a superficies frías que lo circundan lo cual favorece la salida del calor mismo.

5) La modificación de la temperatura del aire que entrará en contacto con el cuerpo humano, debido a la transferencia de calor por convección con materiales que conforman el medio ambiente y que son capaces de almacenar calor de manera sensible (estos materiales pueden ser los materiales de construcción de la edificación).

Los conceptos numerados con anterioridad, son el resultado de la implementación secuencial a considerar en las estrategias del diseño térmico de las edificaciones. Algunos

---

<sup>4</sup>Sámamo, D. A., "Uso Eficiente de la Energía en Edificaciones: Clima Calido-Húmedo", Notas del curso de actualización en Arquitectura Solar, ANES-Fac. Arq. U. A. Tamps., Tampico, Tamps., 1984.

investigadores han plasmado estos criterios en diagramas psicométricos obteniendo una presentación gráfica de los mismos, con los cuales se obtiene un método sencillo para trabajar cuando no se está familiarizado con los procesos físicos involucrados en los fenómenos de transferencia de calor que ocurren en el cuerpo humano y en la edificación, sacrificando a la vez precisión.

Para el segundo grupo la ropa interfiere con la evaporación del sudor y también funciona como aislante térmico. Shapiro y Epstein establecen que el nivel de aislamiento del vestido se encuentra definido por medio de unidades llamadas clo, la cual es la cantidad de aislamiento proporcionado por una ropa determinada en esta definición y que ayuda a mantener o incrementar la temperatura del cuerpo humano cuando se encuentra en estado de reposo o realizando una actividad muscular.

La falta de movimiento del aire evita la evaporación, de la misma manera que el enfriamiento eficaz por conducción de calor hacia el aire. Los vestidos aprisionan capas de aire junto a la piel y en la textura de la ropa, por lo cual aumenta el espesor de la zona aislada y disminuyen las corrientes de aire por convección. Por lo que la intensidad de pérdida calorífica del cuerpo por convección disminuye considerablemente. La mitad aproximadamente, del calor transmitido desde la piel a los vestidos probablemente se pierda por radiación en ellos, en lugar de ser transmitidos a través de los espacios pequeños que quedan. La eficacia del vestido para evitar la pérdida de calor desaparece casi completamente cuando el tejido de la ropa se humedece, los intersticios del vestido quedan llenos de agua, que a consecuencia de su elevada conductividad para el calor, aumenta la intensidad de la transmisión calorífica 20 veces o más, que cuando permanece seca.

En zonas desérticas el vestido de fibra natural que es permeable para la humedad, permite una pérdida "casi normal" de calor por el cuerpo, gracias a la evaporación; cuando hay producción de sudor, el propio sudor puede empapar el vestido y se produce la evaporación, no en la piel sino en la superficie del vestido; ello enfría la ropa, que a su vez enfría la piel. El límite inferior de la temperatura a la cual puede llegar el vestido, es la temperatura de bulbo húmedo del aire atmosférico; en zonas desérticas esta temperatura esta muy debajo de la temperatura de bulbo seco ambiente.

---

<sup>5</sup>Shapiro Y., Epstein Y. "Environmental Physiology and Indoor Climate-Thermoregulation Comfort", Energy & Buildings 7, 1987.

## EVALUACIÓN DEL CONFORT.

Para evaluar la comodidad térmica de los ocupantes de una edificación, uno de esos métodos de evaluación a los que se puede recurrir es el que aparece en las normas del ASHRAE:

$$T(\text{aparente}) = T(\text{aire}) - T(\text{evaporativa}) + T(\text{convección}) + T(\text{radiación})$$

Donde:

T(aire)- temperatura de bulbo seco del aire ambiente medida a la sombra.

T(evaporativa)- es el decremento aparente en la temperatura del aire debido al enfriamiento evaporativo sobre la piel, el cálculo se hace con los datos de temperatura y humedad del aire, así como con la velocidad del viento en el sitio y datos fisiológicos internacionalmente aceptados del metabolismo del humano (para una persona en reposo el calor que debe disipar es de un met), y suponiendo que la persona vista ropa ligera durante la parte cálida del día (0.6 CLO) y ropa de mediano abrigo para la parte fría (1.0 CLO).

T(convección)- es el incremento aparente de la temperatura del aire debido al intercambio de calor entre el aire y la piel. El incremento es positivo, si la temperatura del aire es mayor que la de la piel y negativo en el caso contrario. el cálculo se efectúa con datos de la temperatura y la velocidad del aire en el sitio, considerando una temperatura de la piel de 33°C y datos del vestido.

T(radiación)- es el incremento de la temperatura en el aire, debido a la incidencia de radiación sobre la piel, la cual es altamente absorbente de las ondas largas de radiación. En el cálculo se toma en cuenta la radiación solar que atravieza las cubiertas traslúcidas (de existir) de la edificación y la radiación infrarroja emitida por las superficies calientes u otras fuentes, así como la radiación infrarroja absorbida por superficies frías.

Estos cálculos se aplican para diversos días de diseño teniendo en cuenta que las edificaciones se construyen en un medio ambiente cambiante a lo largo del año y también durante las 24 horas de cada día. De tal manera que al cambiar en el tiempo uno de los parámetros del clima que es la temperatura y exponerse a la radiación solar (que también varía a lo largo del año y del día), en la edificación, se establecen flujos de energía en forma de calor que acoplados a las fuentes y sumideros de calor internos, condicionan el microclima que se obtiene en su interior. el cálculo de los incrementos por convección, radiación y evaporativo se hacen en un programa de computo.

<sup>6</sup>"Handbook of Fundamentals. ASHRAE" American Society of Heating, Refrigerating & Air Conditioning Engineers, U.S.A., 1977.