

# AISLAMIENTO Y FISILOGIA

Por J. Bossut, Ingeniero

Entre las condiciones de habitabilidad y confort de las viviendas figura en primer término la cuestión calorífica, o sea la del mantenimiento en invierno, y verano, de una temperatura conveniente y agradable.

Hasta la fecha, la mayoría de los estudios que se hicieron sobre este asunto no han tenido en cuenta más que la temperatura del aire de la vivienda; se admitía, por ejemplo, que en invierno la temperatura ideal de la vivienda debe ser de 18 a 20°. Estudios recientes han demostrado que la cuestión de la temperatura del aire del local no es la única que interviene en la realización de las condiciones óptimas del confort térmico.

Como consecuencia, el aislamiento térmico de cualquier vivienda, hoy considerado como indiscutiblemente necesario, no interviene solamente para evitar la fuga de calorías y, como consecuencia, para reducir los gastos iniciales de instalación de calefacción y los gastos consecutivos de combustible, sino también tiene una importancia primordial en el logro del confort térmico.

Hasta ahora, en el estudio de las propiedades térmicas de la vivienda se han considerado únicamente los factores materiales, la temperatura exterior y la temperatura interior deseable. Según los más recientes estudios, se ha reconocido que es también necesario hacer intervenir los factores fisiológicos, las reacciones del ser humano frente a las variaciones del ambiente.

## EL HOMBRE, CONSIDERADO COMO MAQUINA TERMICA

El hombre es un animal de sangre caliente, cuya temperatura interior debe ser mantenida, más o menos constante, a una temperatura de unos 37°, sea cual fuere la temperatura del ambiente, en los límites en que la vida lo permita. La nutrición y la respiración producen la energía mecánica necesaria para el trabajo del cuerpo, y tanto para el trabajo activo que se exterioriza, como para el trabajo pasivo (respiración, circulación, etcétera). Esta producción de energía mecánica, al igual que en cualquier máquina, va acompañada de una producción de calor; una parte de este calor sirve para mantener constante la temperatura interna del cuerpo y su exceso debe ser eliminado continuamente y sin interrupción; claro está que cuanto más intenso es el trabajo más grande es la emisión de calor.

En el cuadro siguiente indicamos en Cal/h. la emi-

sión de calorías que produce por hora un hombre de tipo medio, según su actividad:

|                                                                    | Cal/h.      |
|--------------------------------------------------------------------|-------------|
| Sentado, en reposo .....                                           | 80 - 100    |
| De pie, en reposo .....                                            | 100 - 110   |
| Trabajo fácil .....                                                | 120 - 140   |
| Trabajo mediano .....                                              | 150 - 180   |
| Trabajo penoso .....                                               | 190 - 250   |
| Trabajo muy penoso .....                                           | 260 - 500   |
| Esfuerzo máximo (según la potencia individual y la duración) ..... | 750 - 1.200 |

El exceso de calorías incesantemente producidas por el sistema de nutrición-respiración se elimina por conductibilidad (generalmente por el contacto de los pies con el suelo), por convección (calorías llevadas por el aire que roza el cuerpo), respiración y radiación.

El porcentaje de calorías llevadas por esos distintos medios es el siguiente:

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| Por conductibilidad ..... | aprox. 5 % |
| Por convección .....      | — 30 %     |
| Por respiración .....     | — 15 %     |
| Por radiación .....       | — 50 %     |

También sirve para la eliminación de las calorías sobrantes la transpiración, pero ésta no interviene más que cuando los medios anteriores son insuficientes.

## ELIMINACION DE LAS CALORIAS

La eliminación de calorías no puede tener lugar más que si el ambiente está a una temperatura inferior a la del cuerpo. La cantidad de calor eliminado por conductibilidad, convección y respiración, depende de la temperatura del aire y del suelo, así como del grado de humedad del aire. La cantidad de calor eliminado por radiación depende de la temperatura del suelo, paredes y techos de las habitaciones.

La suma de las cantidades de calor eliminado por estos varios conductos debe ser suficiente para compensar las calorías producidas por el cuerpo, pero a simple vista no importa el valor relativo de cada uno de los componentes de la suma.

Partiendo de esta idea, se han determinado «ambientes equivalentes» haciendo variar la temperatura, la velocidad y el grado de humedad del aire y la temperatura de las paredes. Un ejemplo de «ambientes equivalentes» figura en el cuadro núm. 1.



CUADRO NUM. 1

| Temperatura seca del aire | Grado higrométrico %  | Velocidad del aire                      | Temperatura media de las paredes | Temperatura del suelo    | OBSERVACIONES                                                                                                                                                                    |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16°<br>18°<br>22°<br>18°  | 100<br>50<br>55<br>60 | Aire calma<br>,<br>3 m/seg.<br>1 m/seg. | 16°<br>18°<br>22°<br>25°         | 16°<br>18°<br>22°<br>25° | Ambiente referencia.<br>Acondicionamiento del aire.<br>Local sometido a una fuerte corriente de aire.<br>Local calentado con exceso por radiación y refrescado por ventiladores. |

## UNA FORMULA PARA CALCULAR EL CONFORT

Van Zuilen ha establecido la fórmula siguiente para determinar el coeficiente de «confort» de una habitación:

$$C = 7,83 - 0,1 t_a - 0,0968 t_s - 0,0372 p + 0,0367 \sqrt{v(37,8 - t_a)}$$

donde:

- $t_a$  = Temperatura del aire ambiente a 0,5 metros del suelo.  
 $t_s$  = Promedio temperatura superficial de las paredes.  
 $p$  = Presión de vapor del agua contenida en el aire.  
 $v$  = Velocidad media del aire en metros por segundo.

Dicha fórmula se ha establecido para un individuo en estado de reposo. Las cifras obtenidas corresponden a la escala de confort siguiente:

- 1 = Calor excesivo.  
 2 = Muy caluroso.  
 3 = Caluroso sin exceso.  
 4 = Confortable.  
 5 = Frescura agradable.  
 6 = Frío.  
 7 = Frío excesivo.

## INSUFICIENCIA DE LOS CONCEPTOS ANTERIORES

No obstante, el concepto que acabamos de exponer es, en realidad, insuficiente.

En primer lugar, el sentido común indica que, en la fórmula de Van Zuilen como en otra cualquiera, no se puede *prácticamente* hacer variar a capricho los valores de  $t_a$ ,  $t_s$ ,  $p$ ,  $v$ , quedando satisfecho con tal de que el resultado final sea más o menos igual a 4.

Además (y aquí interviene un concepto nuevo, o, mejor dicho, la expresión moderna de algo conocido desde hace años), el hombre se encuentra mejor y más a gusto en una atmósfera fresca, rodeado de paredes calientes; esto equivale a decir que para realizar las condiciones máximas de bienestar conviene disminuir la proporción de calorías eliminadas por radiación y aumentar la proporción de calorías eliminadas por convección, aumentándose a la par la eliminación por respiración.

En estas condiciones, la fórmula de Van Zuilen, si bien da una cifra que hemos llamado «coeficiente de confort», no es suficiente para apreciar el verdadero bienestar. El local que dará el mayor bienestar será siempre aquel cuya temperatura del aire sea relativamente más baja y cuya temperatura de las paredes sea relativamente más alta.

## IMPORTANCIA DEL AISLAMIENTO

En una interesantísima conferencia pronunciada en Holanda recientemente, el Arquitecto suizo Haediger ha llamado la atención sobre la importancia que tiene el aislamiento para realizar las condiciones de bienestar que acabamos de enunciar. En efecto, para permitir la elevación de la temperatura superficial de las paredes, piso y techos (reduciendo a la vez la temperatura del aire ambiente), es imprescindible disminuir considerablemente el coeficiente K de transmisión de calor del muro, resultado que se obtiene fácilmente con el aislamiento.

Damos un ejemplo en el cuadro siguiente, que se refiere a dos locales parecidos calentados ambos por radiadores corrientes y donde  $p = 6,20$  mm. (50 % de humedad relativa)  $v = 0,1$  m/seg.

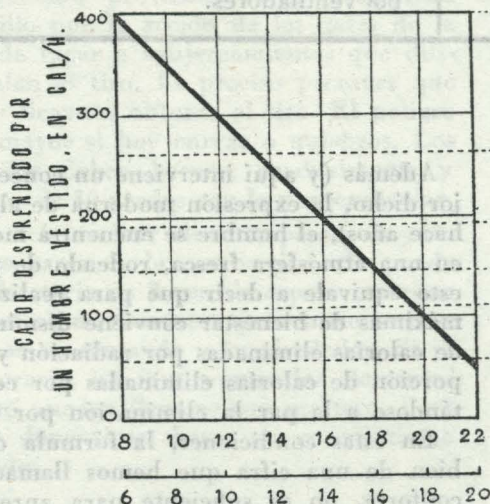
| M U R O S                                                                                                    | LOCAL NUM. 1                                                        | LOCAL NUM. 2                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                              | Pared de ladrillo hueco con cámara de aire (espesor total, 33 cm.). | Pared de ladrillo, 50 m/m. de fibra de vidrio y tabique de ladrillo hueco sencillo (espesor total, 31 cm.). |
| Coefficiente de transmisión K, en Cal/m <sup>2</sup> C.....                                                  | 1,16                                                                | 0,437                                                                                                       |
| Temperatura ambiente.....                                                                                    | + 20°                                                               | + 18°                                                                                                       |
| Temperatura superficial del muro.....                                                                        | + 14°                                                               | + 16°                                                                                                       |
| Coefficiente de confort C.....                                                                               | 4,43                                                                | 4,48                                                                                                        |
| Pérdida de calor por m <sup>2</sup> de muro y por hora para una temperatura exterior de - 15°, en Cal/h..... | 40,60                                                               | 14,42                                                                                                       |



En ambos casos, el «confort» sería aproximadamente el mismo (4,43 y 4,48), según Van Zuilen. No obstante, el bienestar será mayor en el local núm. 2.

### INFLUENCIA DEL BIENESTAR SOBRE LOS INDIVIDUOS

El ambiente influye grandemente sobre el comportamiento de los individuos, y cuando están realizadas las



HOMBRE EFECTUANDO UN TRABAJO MUY PENOSO

HOMBRE EFECTUANDO UN TRABAJO PENOSO

HOMBRE EFECTUANDO UN TRABAJO MEDIO

HOMBRE EFECTUANDO UN TRABAJO FACIL

HOMBRE EN REPOSO DE PIE

HOMBRE EN REPOSO SENTADO

TEMPERATURA OPTIMA EN UN LOCAL NO AISLADO

TEMPERATURA OPTIMA EN UN LOCAL AISLADO

condiciones óptimas de bienestar es cuando el hombre resiste mejor a las enfermedades.

El rendimiento del trabajo, la destreza y habilidad de los operarios alcanzan su máximo cuando las condiciones de bienestar están en su punto óptimo. De paso, anotamos, por consiguiente, que el aislamiento térmico tiene también su interés, no solamente en las viviendas, sino también en las oficinas y fábricas.

La temperatura óptima en los locales varía según la clase de trabajo efectuado. En el diagrama siguiente figuran las temperaturas óptimas en un local según la clase de actividad del hombre:

Se ve claramente por las dos escalas distintas que figuran en abscisa que la temperatura óptima del aire no es la misma en un local aislado que en un local sin aislar. En un local aislado el aire puede estar a una temperatura inferior a la que es necesaria en un local no aislado, y de todas maneras el bienestar máximo se logrará en el primero. Por consiguiente, y saliendo por un momento del terreno fisiológico para entrar en el económico, no solamente proporciona el aislamiento una economía de combustible por oponerse a la fuga de calorías, sino que también proporciona otra economía más, por hacer innecesaria una temperatura muy elevada del aire del local.

Resulta del estudio de Huntington que una temperatura constante es perjudicial al hombre y que es conveniente que el ambiente sufra fluctuaciones de temperatura del orden de 3 ó 4° de diferencia entre el día y la noche.

Es, por consiguiente, perfectamente admisible que un local que está a 20° durante el día, baje hasta 17° e incluso a 16° durante la noche.

### CONCLUSION

Acabamos de ver que la temperatura del aire de un local no es el único elemento del confort y del bienestar térmico. El confort y el bienestar máximo se encuentran realizados cuando el aire de un local es relativamente fresco mientras sus paredes están a una temperatura relativamente elevada. Digo «relativamente», y debe entenderse esta palabra en el sentido de «en relación con la que generalmente se observa en la mayoría de los locales». En efecto, en invierno es prácticamente imposible que la temperatura de las paredes de una habitación sea superior a la temperatura del aire ambiente.

Hemos visto también que para realizar esas condiciones óptimas de confort es absolutamente necesario que las paredes del local sean convenientemente aisladas. Además del confort, el aislamiento proporciona las tres economías siguientes:

Ahorro en la instalación de calefacción (menos m<sup>2</sup> de radiadores).

Ahorro de combustible, por evitar que se fuguen las calorías.

Economía suplementaria al permitir la reducción de la temperatura del aire del local.

## LA CIMENTACION DE PILARES POR ZAPATAS DE HORMIGON ARMADO

Arquitecto: Juan del Corro

En el artículo aparecido en el número anterior de esta Revista se han cometido las siguientes erratas, que conviene aclarar:

La fórmula (I) es 
$$v = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{4EI}{Ca}}$$

El coeficiente denominado  $\sigma$  en las fórmulas (III) debe ser  $\partial$ .