

Salud y Seguridad Laboral en ambientes térmicos

Francisco Vighi Arroyo
Catedrático Emérito de Termotecnia
ETSII-UPM

INDICE

1. Influencia del ambiente térmico en el trabajo. Introducción	1
2. Comportamiento del organismo desde un punto de vista térmico	4
3. Concepto de tensión térmica. Evaluación de los problemas termofisiológicos	9
4. Medidas correctoras	26
5. Normas y Reglamentos que regulan los procesos térmicos según la seguridad	34
Bibliografía	36

1. Influencia del ambiente térmico en el trabajo. Introducción

Los ambientes térmicos requieren un estudio, conocimiento y adecuado tratamiento desde la perspectiva en el campo de la Seguridad Industrial, debido a los efectos que altas o bajas temperaturas y la aportación incontrolada de calor pueden provocar en el individuo y en su actividad laboral, dando lugar a riesgos profesionales.

La influencia de ambientes con temperaturas alejadas de las habituales en los locales de trabajo, se aprecia en los índices de productividad, y en la tasa de siniestros y, especialmente, en las consecuencias sobre la salud de las personas.

Su cuantificación en general y en especial para una actividad concreta son difíciles de definir y se basan generalmente en evaluaciones teóricas o de laboratorio, además de estadísticas y datos experimentales, deduciéndose una relación directa o causal entre la temperatura y los efectos producidos.

Está demostrado que a temperaturas elevadas hay una disminución de la atención y del estado de conciencia y, como consecuencia, una alteración en la efectividad y en la seguridad de la operación. Como ejemplo experimental la Figura 1 corresponde a estudios realizados por Belding relativos a la influencia de la temperatura en la siniestralidad en una acería, donde la curva inferior se refiere a temperaturas en °C y la superior a accidentes por millón de horas hombre trabajadas.

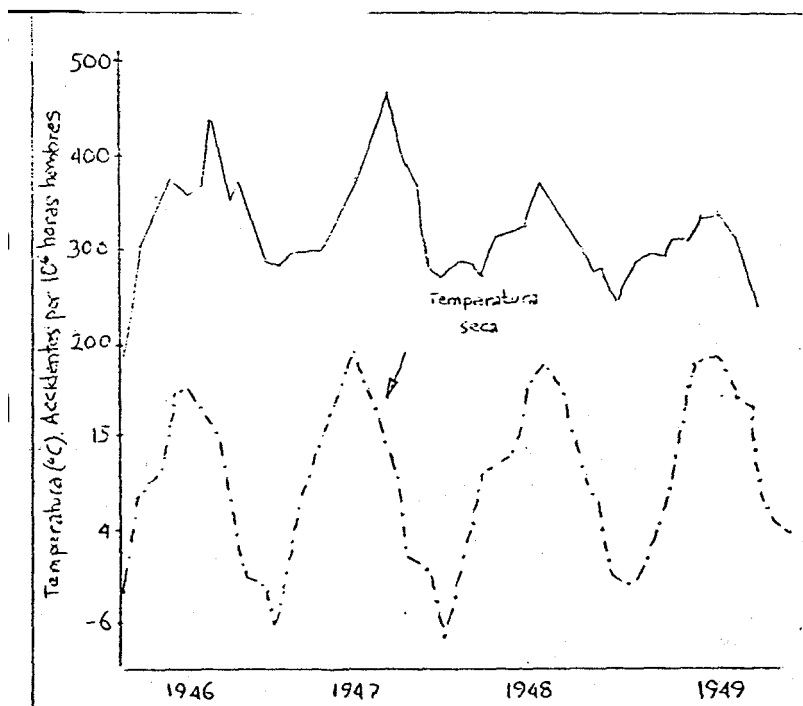


Fig. 1 Relación entre frecuencia de accidentes y clima ambiental en un acería.

En la figura 2 se recogen las experiencias de Theodor-Hettinger, sobre variaciones del rendimiento a causa del calor.

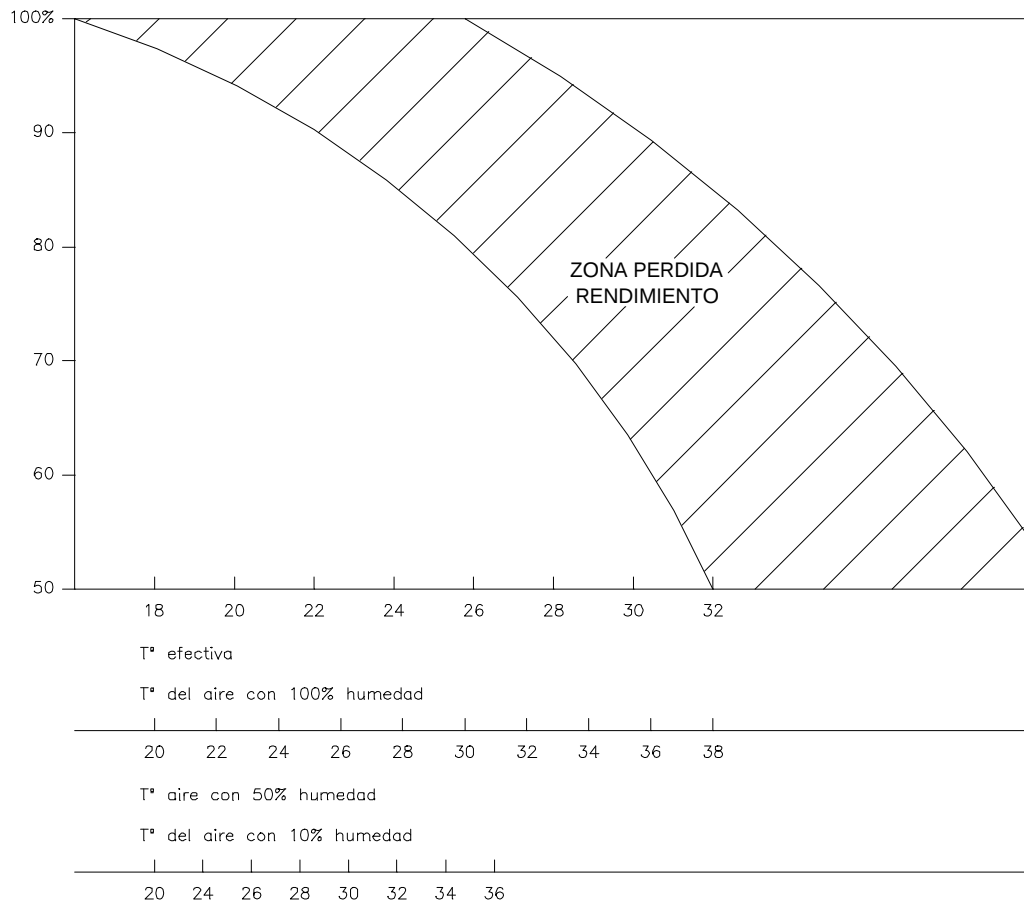


Fig. 2 Variación del rendimiento a causa del calor

En la Tabla I muestra la relación entre diversos tipos de trastornos y la temperatura de trabajo, siguiendo la pauta de estudio establecida por Grandjean, para una humedad relativa constante. Se aprecia como de los primeros síntomas meramente psíquicos como es la pérdida o dificultad de concentración, a medida que la temperatura aumenta se pasa a trastornos psicofisiológicos y puramente fisiológicos tales como la sobrecarga del sistema cardiovascular.

Correlación entre rendimiento y aumento de temperatura ambiental según Grandjean

20 °C	Tª confortable	Capacidad rendimiento plena
	Malestar	Trastornos Psíquicos
	Irritabilidad	
	Dificultad de concentración	
	Disminución rendimiento intelectual	
	Aumento fallos en trabajo	Trastornos Psicofisiológicos
	Dismu. rend. trabajos de destreza	
	Mayor nº accidentes	
	Disminu. rend. trabajos pesados	Trastornos Fisiológicos
	Perturbación metab. hidro-salino	
	Sobrecarga sist. cardiovascular.	
	Fuerte fatiga, riesgo de agotamiento	
35-40 °C	Límite de la máxima temperatura tolerable	

TABLA I

2. Comportamiento del organismo desde un punto de vista térmico

El ser humano mantiene un equilibrio térmico a través de mecanismos reguladores internos que permiten conservar su temperatura basal en 37 °C con pequeñas variaciones, de 0,5 °C alrededor de este valor, según los individuos. Las alteraciones a esta temperatura provocan trastornos de tipo fisiológico que, mientras no alcance límites superiores a 39 °C o inferiores a 34 °C, no implican trastornos graves a la salud de la persona. La temperatura media de la superficie del cuerpo humano se determina aproximadamente $t = 37,5 - 0,032 Q/S$

siendo Q la producción interna de calor y S la superficie en metros cuadrados de la persona. La Tabla I indica las condiciones de confortabilidad y los trastornos producidos según la temperatura.

El mecanismo de termorregulación del organismo tiene como finalidad esencial el mantenimiento de la temperatura interna constante. En consecuencia en un balance térmico los calores generados internamente debe equilibrarse con el calor transmitido al exterior según la ecuación:

$$M - E_d - E_s - E_v - L = R + C = K$$

que se puede simplifica:

$$M - E - L = R + C = K$$

donde: M es la producción metabólica de calor o generación interna de calor.

E es la pérdida de vapor de agua a través de la superficie de la piel por evaporación o difusión.

R es el calor eliminado por radiación, que será función de la temperatura de la superficie del cuerpo humano y de las temperaturas de las diversas superficies del entorno que le rodea y se determina en función de las leyes de la radiación (Stefan Boltzman).

C es el calor eliminado por convección en la superficie exterior, más el que pueda producirse por conducción, y L la pérdida de calor sensible en la respiración.

La cantidad de calor eliminado por evaporación, cuyo valor máximo puede estimarse en un litro por hora, con un límite a lo largo de la jornada laboral de unos cuatro litros se puede conocer por la ecuación

$$E = k_2 \times V^m (P_p - p_a) W$$

donde E es el calor eliminado por unidad de tiempo.

k_2 es un coeficiente a ajustar experimentalmente

V es la velocidad del aire del entorno

W es la superficie de piel humedecida

y P_a y P_p son las presiones de vapor de agua a temperatura del aire y de la piel.

m coeficiente cuyo valor varía entre 0,37 y 0,63 según autores.

La temperatura media del cuerpo humano se puede determinar por:

$$t_m = (1-K) t_{sk} + K t_{re}$$

t_{re} = temperatura interna

t_{sk} = temperatura piel

$$K \sim 0,8 / 0,9$$

El calor del metabolismo engloba los efectos producidos internamente en el cuerpo humano como consecuencia de reacciones químicas como la digestión, y trabajos mecánicos, respiración, circulación de la sangre, movimientos, esfuerzos y demás actividades, en función del tipo de trabajo.

$$M = 71.3 P^{3/4} [1 + 0,004 (30-B) + 0,01 (S-43,4)]$$

y su valor en reposo resulta aproximadamente 75 kcal/hora.

En la Tabla I se dan los cálculos de la carga térmica metabólica en diferentes actividades y los valores permisibles de exposición al calor. Los factores del balance térmico anterior son función de una serie de parámetros como se expresa en la Tabla II.

Según las condiciones ambientales y corporales el valor de los factores será distinto. El metabolismo será siempre positivo, en tanto que es una producción interna de calor. La evaporación representará siempre un factor negativo, en tanto que significa una pérdida de calor desde el cuerpo. La convección será positiva o negativa según las condiciones ambientales del aire. Así mismo la radiación tendrá un efecto positivo o negativo según las temperaturas de las superficies del entorno.

Cálculo de la carga térmica metabólica y consumo metabólico medio de diferentes actividades, según datos de American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

Valoración de la carga de trabajo

Valores medios de la carga térmica metabólica durante la realización de distintas actividades			
A. Postura y movimientos corporales		Kcal/minuto	
Sentado		0,3	
De pie		0,6	
Andando		2,0 - 3,0	
subida de una pendiente andando		añadir 0,8 por metro de subida	
B. Tipo de trabajo		Media	Rango
		Kcal/minuto	Kcal/minuto
Trabajo manual	ligero	0,4	0,2 - 1,2
	pesado	0,9	
Trabajo con un brazo	ligero	1,0	0,7 - 2,5
	pesado	1,7	
Trabajo con los dos brazos	ligero	1,5	1,0 - 3,5
	pesado	2,5	
Trabajo con el cuerpo	ligero	3,5	2,5 - 15,0
	moderado	5,0	
	pesado	7,0	
	muy pesado	9,0	

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS

TABLA II

Las variaciones de los parámetros modifican el balance térmico y la temperatura interna del cuerpo humano. La regulación de esta temperatura mediante mecanismos de retroalimentación nerviosos es función del hipotálamo, determinando la identificación de la temperatura y modificando la producción o las pérdidas de calor cuyos efectos de respuesta, sudoración, flujo sanguíneo periférico, etc. ajustan las condiciones de la piel (y sus poros) para aumentar o disminuir la superficie de transmisión y la sudoración.

En la figura 3 se representa el mecanismo del sistema de termorregulación.

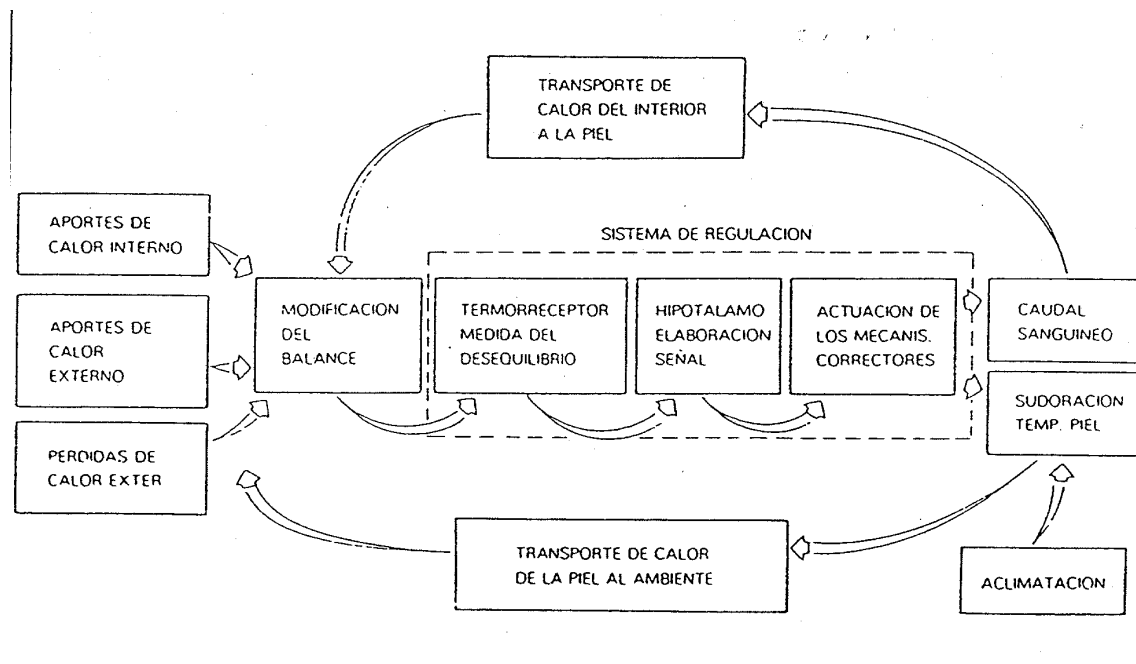


Fig. 3 Mecanismo del sistema de termorregulación. Fuente: AUBERTIN-MG-INRS

EFFECTOS DE LAS TEMPERATURAS ALTAS SOBRE EL ORGANISMO

- * **SE CALIENTA (HIPERTERMIA)**
- * **VASODILATACIÓN**
- * **ACTIVACIÓN DE LAS GLÁNDULAS SUDORÍPARAS**
- * **AUMENTO DE LA CIRCULACIÓN PERIFÉRICA**
- * **CAMBIO ELECTROLÍTICO DEL SUDOR: PÉRDIDA DE NaCl**

CONSECUENCIAS DE LA HIPERTERMIA

TRASTORNOS PSÍQUICOS

DESHIDRATACIÓN Y DESALINIZACIÓN

HIPERPIREXIA (GOLPE DE CALOR)

EFFECTOS DE LAS TEMPERATURAS BAJAS SOBRE EL ORGANISMO

- * SE ENFRÍA (HIPOTERMIA)
- * VASO CONSTRICCIÓN SANGUÍNEA
- * CIERRE DE LAS GLÁNDULAS SUDORÍPARAS
- * DISMINUCIÓN CIRCULACIÓN PERIFÉRICA
- * AUTOFAGIA DE GRASAS
- * ENCOGIMIENTO
- * MUERTE A TEMP. INTERIOR INFERIOR A 28 °C POR PARO CARDIACO

CONSECUENCIAS DE LA HIPOTERMIA

MALESTAR GENERAL

DISMINUCIÓN DE LA DESTREZA MANUAL

COMPORTAMIENTO EXTRAVAGANTE (FALTA DE RIEGO AL CEREBRO)

CONGELACIÓN DE LOS MIEMBROS.

3. Concepto de Tensión Térmica. Evaluación de los problemas termofisiológicos

Se define como tensión térmica el estado fisiológico, provocado por un intercambio anómalo de calor entre el cuerpo humano y el ambiente.

Aparece debido al factor físico ambiental o al esfuerzo del trabajo que, al no poderse mantener en equilibrio, crea unas condiciones fisiológicas inadecuadas y se produce la tensión psíquica térmica con el riesgo consiguiente.

En la Tabla III se da una evaluación de Belding y Hatch para varios tipos de estrés térmico.

SIGNIFICADO DE LOS VALORES DEL ÍNDICE DE ESTRÉS TÉRMICO IST

I.T.T.	Implicaciones fisiológicas e higiénicas por exposiciones de 8 horas a varios tipos de estrés térmico
-20, -10	Sobrecarga al frío tipo suave. Se produce esta situación cuando se está recuperando una persona de una exposición al calor.
0	No hay sobrecarga térmica alguna.
10, 20, 30	Sobrecarga térmica que oscila entre suave y moderado. Se pueden esperar cierta disminución del rendimiento cuando se efectúen trabajos intelectuales o exija estar despierto y alerta. Cuando se efectúen trabajos pesados se observará poca disminución en el rendimiento, a menos que no sea importante la habilidad del individuo para efectuar el trabajo.
40, 50, 60	Fuerte sobrecarga térmica, puede amenazar la salud, a menos que las personas bajo esta sobrecarga sean lo suficientemente fuertes físicamente. Será necesario un período de tiempo de recuperación para aquellos individuos no aclimatados. Se deberá hacer una selección médica personal, ya que no pueden soportar estas condiciones los individuos que padecen trastornos cardiovasculares o respiratorios o dermatosis crónica. Estas condiciones de trabajo no son adecuadas tampoco para realizar un trabajo mental continuado.
70, 80, 90	Sobrecarga térmica extremo. Sólo un pequeño % de personas podrán pasar esta prueba. Se deberá seleccionar al personal por: examen médico; prueba en el trabajo tras el período de aclimatación.
100	Deberán tomarse las precauciones para proveerlos de sal y agua en las cantidades en las cantidades adecuadas. El mejorar las condiciones de trabajo por el medio más adecuado será altamente notado, y puede esperarse una disminución de riesgos contra la salud, mientras aumenta el rendimiento en el trabajo. Una ligera indisposición que, en otros trabajos, sería insuficiente para afectar el rendimiento en este tipo de trabajo, basta para descalificar al obrero para continuar su puesto.
	Sobrecarga máximo, a tolerar diariamente por hombres, jóvenes, físicamente fuertes y totalmente aclimatados.

TABLA III

Índice de tensión térmica IST (ITT) es la relación entre la cantidad de energía en forma de calor que se necesita eliminar en unas condiciones ambientales dadas y la energía

máxima que es posible eliminar a través de la evaporación en esas condiciones. Se produce acumulación con sus consecuencias si es necesario eliminar más energía

$$IST = \frac{E_{reg}}{E_{max}}$$
 : Evaporación requerida = Metabolismo ? Energía Radiante ? Energía Transmitida.

Las variables que influyen son el metabolismo total, basal y producido por el trabajo, y las condiciones del entorno, principalmente temperatura humedad velocidad del aire y calidad del mismo, insolación etc.

Debe además tenerse en cuenta que la ecuación de equilibrio entre ganancias y pérdidas térmica no siempre es adecuada para valorar la tensión térmica, ya que la descompensación de uno de los factores en medida notable, aunque se siga manteniendo el equilibrio, puede por si mismo crear estado de tensión con sus consecuencias de riesgo.

En este aspecto además del balance térmico en sí, deben tenerse en cuenta el control entre ciertos límites de la temperatura de la piel y de la cantidad de vapor de agua perdida por exudación. Franger demuestra que estos dos parámetros juegan un papel importante en la confortabilidad y tienen normalmente una dependencia lineal con el tipo y el rendimiento del trabajo. Establece en el caso de confort tres parámetros o variables más a considerar:

- a) Influencia del vestido. Su resistencia térmica se mide por unidad "clo" que equivale a una resistencia de 0,18 m²h⁰C/kcal y varía para 0 en una persona desnuda a 1.5 en vestidos pesados (uniformes).
- b) Influencia del tipo de trabajo con su repercusión en la carga térmica metabólica.
- c) Las características del ambiente donde se desarrolla la actividad.

Basado en la actividad en cuestión, se fijan unos diagramas de confort, por ejemplo para carga térmica sedentaria (105 W) y elevada (310 W).

Dada la dificultad de evaluar la confortabilidad, Franger propone el concepto IVM: Índice de Valoración Media, que determina un grado de confort medio según una escala numérica de sensaciones:

- 3: muy frío
- 2: frío
- 1= ligeramente frío
- 0 = neutro o confortable
- 1 = ligeramente caluroso
- 2 = caluroso
- 3 = muy caluroso

Los efectos de la incomfortabilidad como consecuencia del calor pueden establecerse en tres niveles:

- 1) Psicológicos
- 2) Psicofisiológicos
- 3) Patológicos

Se define un posible diagrama de efectos psico y fisiológicos en la figura 4:

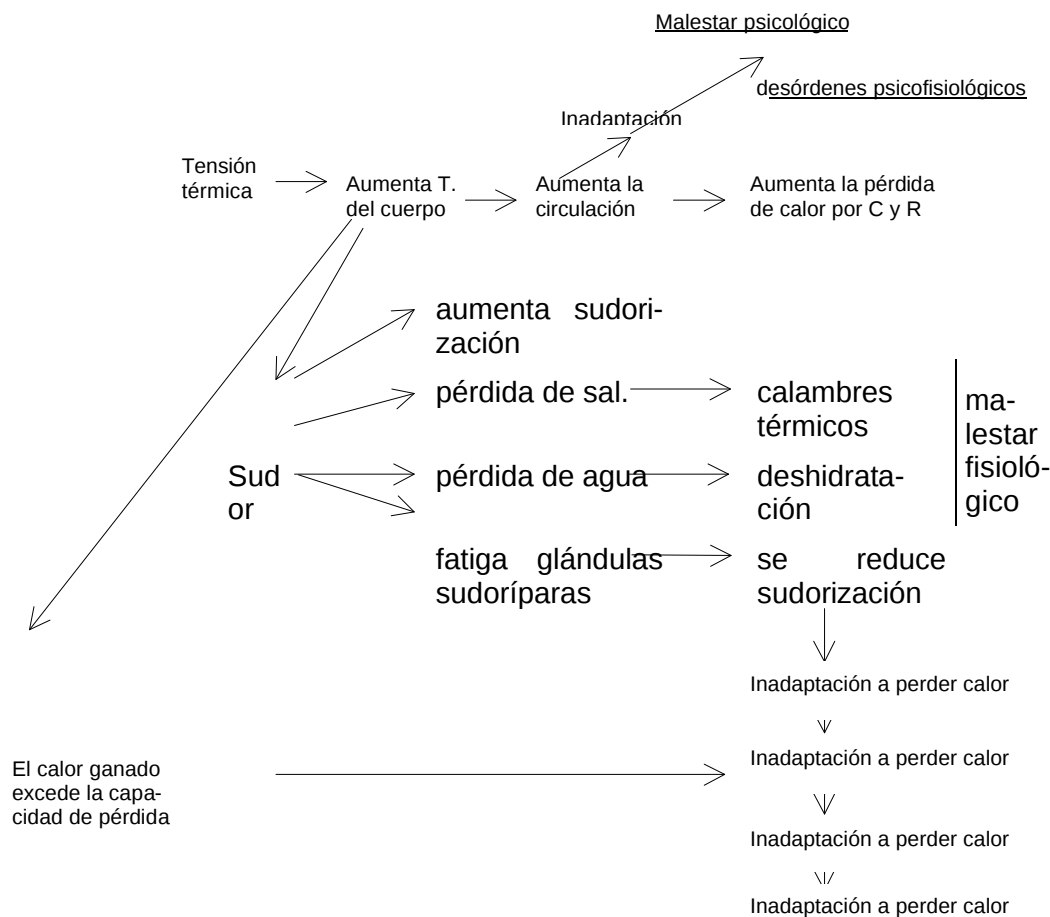


Fig. 4 Diagrama de efectos psicofisiológicos

Las consecuencias son variables según van apareciendo sucesivamente las alteraciones y sus efectos en la salud, cuando llegan a nivel patológico.

Los métodos de evaluación del ambiente térmico se pueden clasificar en tres grupos:

- 1) Fisiológicos basados en la experiencia de respuestas humanas a condiciones humanas ambientales, así como de ocupación.
- 2) Instrumentales que se basan en estudios sobre colectividades y pretenden determinar un modelo o índice que responda a los parámetros ambientales, caracterizando respuestas que podríamos llamar de hombre tipo.
- 3) Otros métodos que se basan en evaluar el ambiente térmico para casos concretos y lugares específicos mediante la medición exacta de parámetros ambientales.

Métodos Fisiológicos

Los métodos fisiológicos se suelen basar en la determinación del índice de temperatura efectiva.

Se denomina temperatura efectiva a aquella que marcaría un termómetro seco en un ambiente saturado y donde la velocidad del aire fuese nula, con una sensación de confort semejante a otros ambientes a temperaturas y humedades relativas distintas, así como diferentes velocidades del aire en su entorno, considerando que las paredes y suelo del recinto están a la misma temperatura del aire.

Es un índice propuesto por la American Society of Heating, Refrigeration and Ventilating Engineering (ASHRAE). Se puede decir que las diversas condiciones ambientales que tienen un efecto fisiológico semejante tendrán la misma temperatura efectiva. En el diagrama de la Figura 5 se puede definir la temperatura efectiva de cualquier estado ambiente.

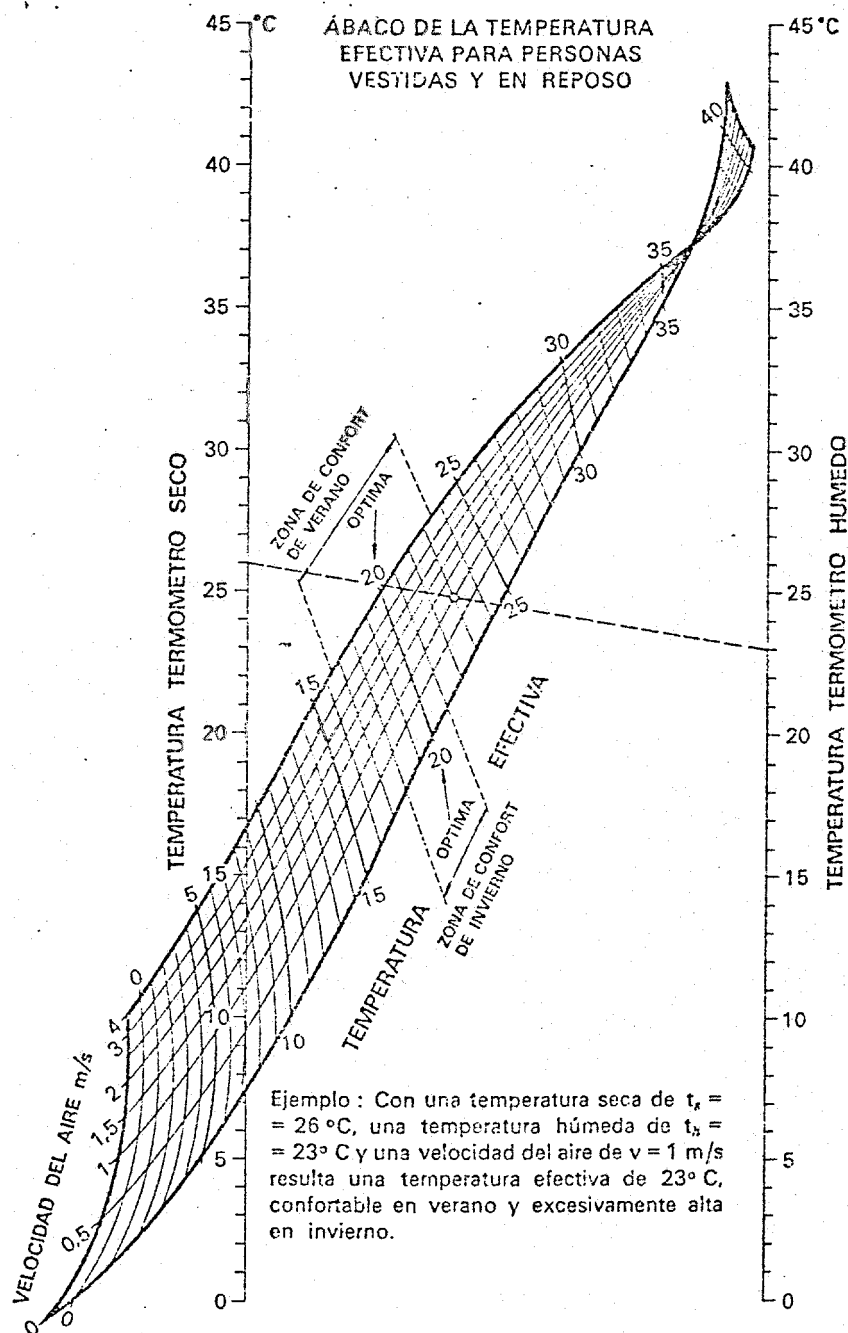


Fig. 5 Diagrama de temperatura efectiva

Este gráfico se complementa con un diagrama de aire húmedo diagrama de Temperatura seca - Temperatura de rocío o humedad específica (ASHRAE) donde cualquier estado del aire ambiental viene definido por un punto en función de la temperatura seca, humedad específica, humedad relativa, entalpía y demás parámetros del aire en esas condiciones (Fig. 6).

El diagrama de aire húmedo permite en función de la carga de calor sensible y latente del local, establecer las condiciones de tratamiento de aire adecuado.

Los inconvenientes del índice de temperatura efectiva es que no contempla el factor metabolismo ni valora las condiciones de radiación.

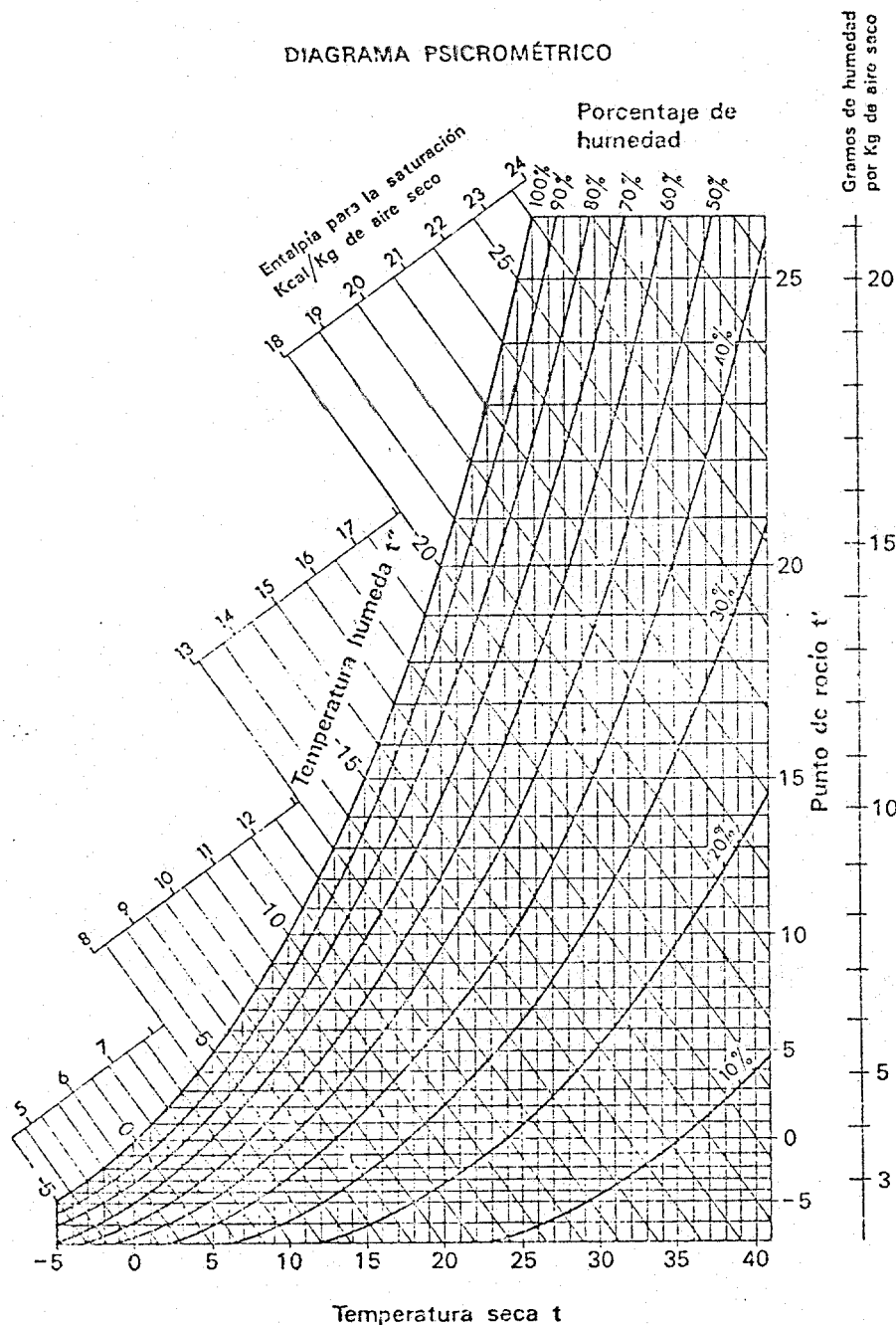


Fig. 6 Diagrama psicrométrico

Índice de temperatura efectiva corregida

De ahí que exista otro método denominado **Índice de Temperatura Efectiva Corregida**. En el índice de temperatura efectiva no se considera el intercambio de calor por radiación con el entorno, dado que las temperaturas de la superficie del medio am-

biente se consideran semejantes a las del cuerpo humano y, por tanto, no hay intercambio neto por radiación.

Estas situaciones no son frecuentes en procesos industriales donde existen focos radiantes a mayor temperatura, como estufas, hornos y otro tipo de focos de alta temperatura, o bien equipos frigoríficos, a menor temperatura del ambiente y consecuentemente de la superficie del cuerpo, y en la práctica la temperatura efectiva no es un índice corrector del confort.

Se emplea en estos casos el índice de temperatura efectiva corregida haciendo intervenir la temperatura radiante media, sustituyendo la temperatura seca en la determinación de la temperatura efectiva por la temperatura de globo.

La temperatura de globo es la temperatura estabilizada que marcaría un termómetro introducido en una esfera de cobre hueca de 15 cm. de diámetro pintada exteriormente de negro, midiendo la temperatura radiante media del entorno.

La temperatura radiante media viene dada por:

$$T_R^4 = T_G^4 + 0,103 \cdot 10^9 \cdot v^{1/2} (T_G - T_S)$$

donde v es la velocidad del aire. T_G la temperatura de globo y T_S la temperatura seca.

En el diagrama de aire húmedo, que se representa a continuación, se determina el área de las zonas de confort tanto en verano como en invierno, marcando las condiciones de sensación en cada punto del diagrama.

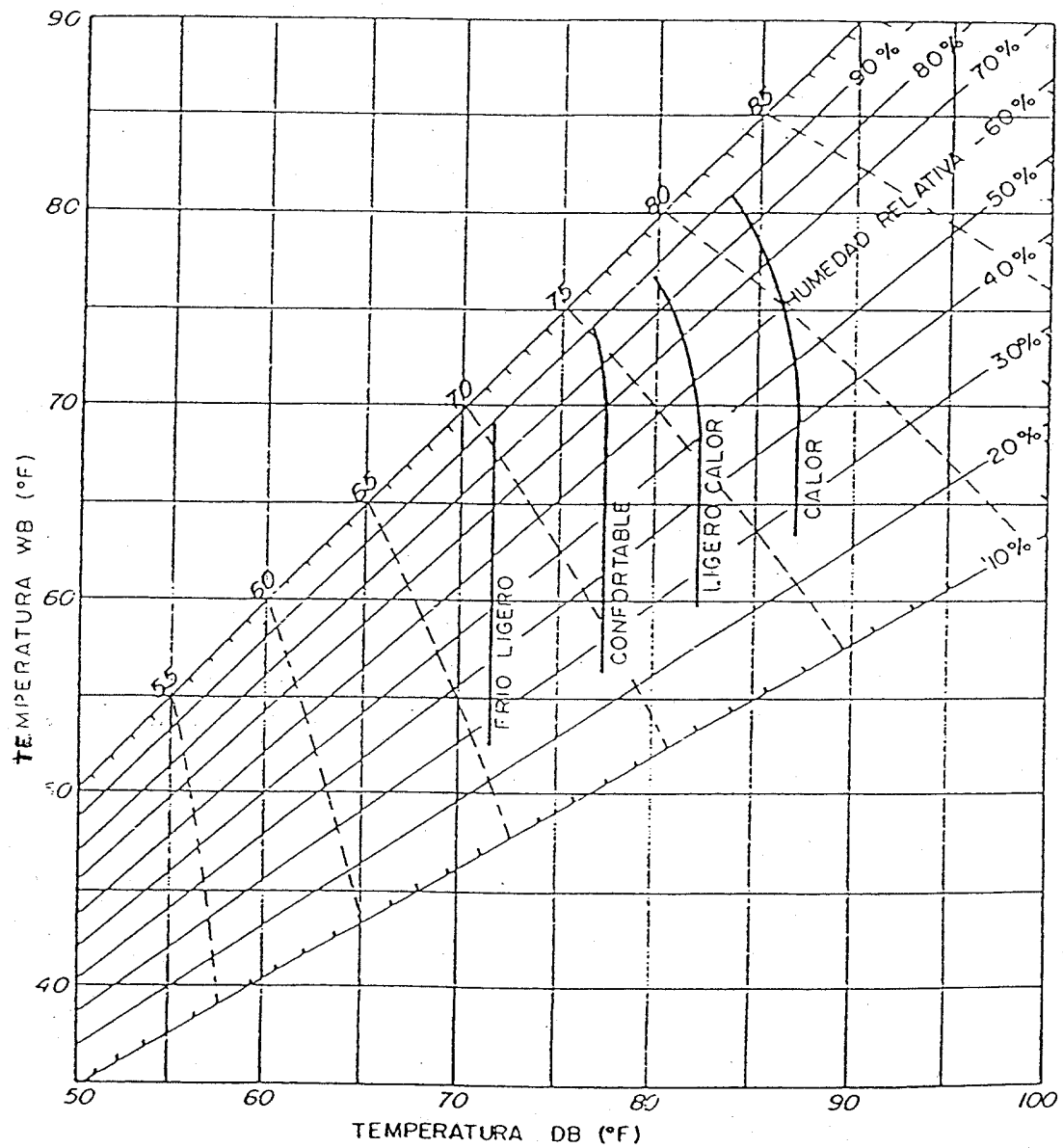


Fig. 7 Zona de confort

En la Figura 7 se determinan las condiciones de satisfacción en función de ambos índices.

La Tabla IV, definida por ASHRAE, da una relación entre temperatura efectiva, sensación térmica y estado de salud.

Relación entre la nueva temperatura efectiva ET*, sensación térmica y estado de salud.
Reproducida por autorización de ASHRAE Handbook & Product directory, 1977, Fundamentals Volumen

ETF*	Sensaciones térmicas	Reacciones fisiológicas	Estado de Salud
°C	Límite tolerable	Calentamiento del cuerpo Imposibilidad de regulación	Colapso circulatorio
40	Mucho calor Graves molestias	Esfuerzo creciente debido a la sudoración y a la circulación sanguínea	Creciente período de golpes de calor. Fastidios cardiovasculares.
35			
30	Calor Bastante calor		
25	Calor ligero Neutro - Confort	Regulación normal asegurada por el sudor y por el sistema vasomotor Regulación asegurada del sistema vasomotor	Normal
20	Ligeramente fresco	Aumento de la pérdida de calor por radiación y convección Necesidad de más abrigo o de movimiento	
15	Fresco - Leves molestias Frío	Vasoconstricciones en las manos y en los pies	Crecientes fastidios por sequedad de las mucosas y de la piel Dolores musculares Molestias en la circulación periférica
10		Escalofríos	

¹ P.O. Franger "Thermal Confort Conditions, a new and rational basis for the heating and air conditioning technology" Danfoss News 1/72. Para una más amplia información se consulta "P.O. Fanger, Thermal Confort Analisis and Applications of Environmental Engineering" Teknisk Vorlag. Compenhagen, 1970 reeditada por Mc Graw-Hill, 1973.

TABLA IV

Existe otro índice denominado PMV-PPD (voto previsto y porcentaje previsto de insatisfacción), que se basan en la determinación de 6 parámetros a partir de los cuales se obtiene el índice. Estos parámetros son la velocidad del aire, la temperatura radiante media, la temperatura del aire, la presión de vapor, el ritmo metabólico de la persona y la influencia del vestido. Hay medidores de confort térmico que determinan los valores de PMD y PPD. Si estos dos factores cumplen la ecuación de confort, se puede considerar que las condiciones son confortables.

En la Figura 8 se determinan las condiciones de satisfacción en función de ambos índices.

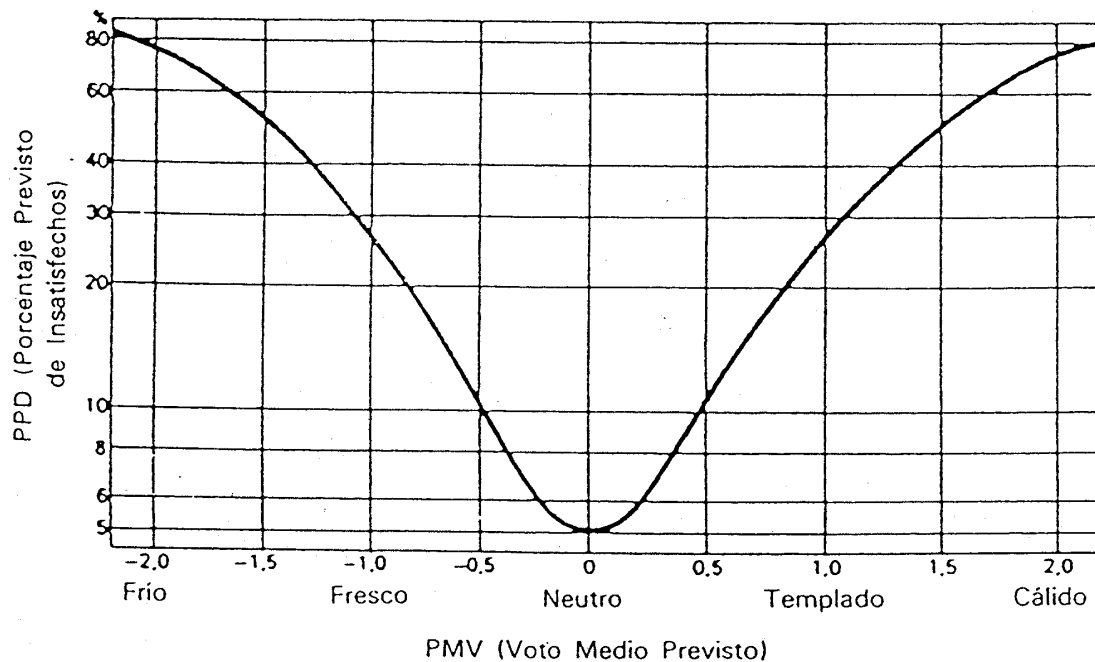


Fig. 8 Utilización del índice PMV-PPD, para determinación de condición de confort. Según Franger

De las seis variantes citadas, las cuatro últimas representan las condiciones climáticas ambientales, que en función de la actividad desarrollada y de la ropa que viste la persona, pueden fijar las condiciones para conseguir un confort óptimo.

Producción de calor del cuerpo humano para diversos niveles de actividad (Reproducida de ASHRAE Hand book & Product Directory 1977, Fundamentals Volumen)

Actividad	Metabolismo (met) ⁽¹⁾	Actividad	Metabolismo (met)
En reposo		Dependiente en mostrador ...	2,0
– Durmiendo	0,7	Profesor	1,6
– Tendido	0,8	Relojero	1,1
– Sentado inactivo	1,0	Conductor de vehículo	
– En pies, relajado	1,2	– automóvil	1,5
		– motocicleta	2,0
Caminando por llano km/h		– autocarro	3,2
– Andando despacio 3,2	2,0	– vuelo normal	1,4
– Andando normal 4,8	2,6	– aterrizaje instrumental	1,8
– Andando rápido 6,4	3,8	– combate aéreo	2,4
Ocupaciones varias		Trabajos domésticos, compras	
– Horno de pan	1,4 ÷ 2,0	– Limpiezas	2,0 ÷ 3,4
– Cervecería	1,2 ÷ 2,4	– Cocinar	1,6 ÷ 2,0
– Carpintería		– Lavar planchar	2,0 ÷ 3,6
• Sierra de mesa	1,8 ÷ 2,2	– Hacer compras	1,4 ÷ 1,8
• Sierra de mano	4,0 ÷ 4,8		
• Cepillo de mano	5,6 ÷ 6,4	Trabajos de oficina	
Fundición		– Mecanografía	1,2 ÷ 1,4
– Martillo neumático	3,0 ÷ 3,4	– Genérico	1,1 ÷ 1,3
– Conducción de hornos ...	5,0 ÷ 7,0	– Diseño	1,1 ÷ 1,3
Garaje	2,2 ÷ 3,0		
Trabajos de laboratorios	1,4 ÷ 1,8	Distracciones	
Trabajo de taller		– Gimnasia	3,0 ÷ 4,0
– Ligero (p.e. ind. electr.) ..	2,0 ÷ 2,4	– Baile	2,4 ÷ 4,4
– Pesado (p.e. acerería	3,5 ÷ 4,5	– Tenis, individual	3,6 ÷ 4,6
		– Baloncesto	5,0 ÷ 7,6
		– Lucha	7,0 ÷ 8,7
		– Golf	1,4 ÷ 2,6

¹ 1 met = 50 kcal/m³h = 58,2 W/m²

TABLA V

ALGUNOS TIPOS DE TRABAJO CLASIFICADOS DE ACUERDO CON EL NIVEL DE CARGA DE TRABAJO*

Nivel	Carga de Trabajo	Gasto energético
1	Descanso	100 Kcal/h (o menos).
2	Ligero: Sentado: trabajos manuales ligeros (escribir, mecanografiar, coser); trabajo con manos y brazos (pequeñas herramientas , inspección montaje de materiales ligeros); trabajo con brazos y piernas (conducir en condiciones normales, funcionar mandos de pie). De pie: (prensa taladradora, pequeñas piezas; fresadora, pequeñas piezas; devanado de pequeño inducido; fabricación con pequeñas herramientas eléctricas; paseos (hasta 3 kph).	101 - 200 Kcal/h
3	Moderado: trabajos con brazos y manos (clavar, archivar); trabajos con brazos y piernas (manejar furgonetas, tractores o equipos de construcción fuera de la carretera); trabajos con brazos y tronco (martillo de aire, montaje tractores, emplaste, manejo intermitente de materiales moderadamente pesados, desherbado, cava, escoger frutas o verduras); empujar o tirar de carros o carretillas ligeros, andar 3-5 kph.	201 - 300 Kcal/h
4	Pesado: trabajos pesados con el tronco y brazos; traslado de materiales pesados; paleado; martillar; aserrar; cincelar madera; cortar césped a mano; cavar; andar 6 kph; empujar o tirar de carros cargados; colocar cemento.	301 - 400 Kcal/h
5	Muy pesado: actividad pesado a paso rápido; trabajo con hacha; paleado pesado o cavado pesado; subir escaleras de mano; futing; correr, andar más de 6 kph; levantar pesos de más de 44 libras, 10 veces/minuto.	Más de 401 Kcal/h
(* Para una determinación exacta del gasto energético del trabajador en la tarea mediante la medición del consumo de oxígeno del hombre, ver AIHA 1971, <i>Ergonomic Guides J.</i> , 32: 560)		

Fuente: Citado en el Informe de JERRY D. RAMSEY. Departament of Industrial Engineering. Texas Technical University. Lubbock. TX 79407. Año 1978. Publicado por la American Industrial Higiene Association Journal.

TABLA VI

Métodos Instrumentales

En cuanto a los **métodos instrumentales** en ellos se busca un modelo físico con un comportamiento similar a la sensación o comportamiento del individuo en unas condiciones de trabajo y de ambiente externo.

El método WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) es el más utilizado por su sencillez y fue desarrollado por Yaglund. Se miden en este caso:

La temperatura seca T_s

La temperatura húmeda (aire estático) T_H

La temperatura de Globo T_G

Carga metabólica M

Se define un índice TLV (valor permisible promedio) para la sobrecarga térmica. Expresa un valor por debajo del cual, se puede estar expuesto repetidamente sin efecto nocivo para la salud. Tabla VI.

La temperatura WBGT es la temperatura o valor ponderado de los valores de temperatura medidos mediante instrumentos con los cuales se define un índice rápido y poco subjetivo, es decir depende de las mediciones de los instrumentos y no de las percepciones individuales. Tabla VII.

La fórmula que liga las variables anteriores para obtener el valor WBGT es:

Para exteriores con carga solar $WBGT = 0,7 t_h + 0,2 T_G + 0,1 T_s$

Para exteriores sin carga solar o interiores $WBGT = 0,7 T_H + 0,3 T_G$

Se establece que para valores de la WBGT de 30 °C se debe reducir la actividad, y que para valores superiores a 31 °C se debe suspender la actividad.

Los valores de WBGT vienen corregidos según el tipo de actividad, las condiciones del individuo, la carga metabólica y los regímenes de trabajo y descanso.

Los valores correspondientes están indicados en las Tablas siguientes.

También es interesante los gráficos sobre Índice de la tensión térmica y tiempo máximo de permanencia definidos en los diagramas de la Figura 9 y el gráfico siguiente

TLV PARA LA EXPOSICIÓN AL CALOR (VALORES EN °C WBGT)

Régimen de trabajo y descanso	Tipo de Trabajo		
	Ligero	Moder.	Pesado
Trabajo continuo	30,0	26,7	25,0
75% trabajo y 25% descanso, cada hora	30,6	28,0	25,9
50% trabajo y 50% descanso, cada hora	31,4	29,4	27,9
25% trabajo y 75% descanso, cada hora	32,2	31,1	30,0

Fuente: American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Serie Documentos. Colección Técnica Nº 010.10.12 (Traducción Española). 1976. Servicio Social de Higiene y Seguridad del Trabajo.

TABLA VII

MODIFICACIÓN DEL WBGT

Factores	Modificación del WBGT (°C)
Una persona no aclimatada, no físicamente apta.	-2
Ante un incremento de la velocidad del aire: velocidad superior a 300 fpm y temperatura del aire inferior a 35 °C	+2
ROPA: – Pantalones cortos, semi-desnudo – ropa impermeable que interfiere la evaporación, chaqueta * – Gabardinas – Traje completo	+2 -2 -4 -5
Obesidad, o persona mayor	-1 a -2
Mujeres	-1

TABLA VIII

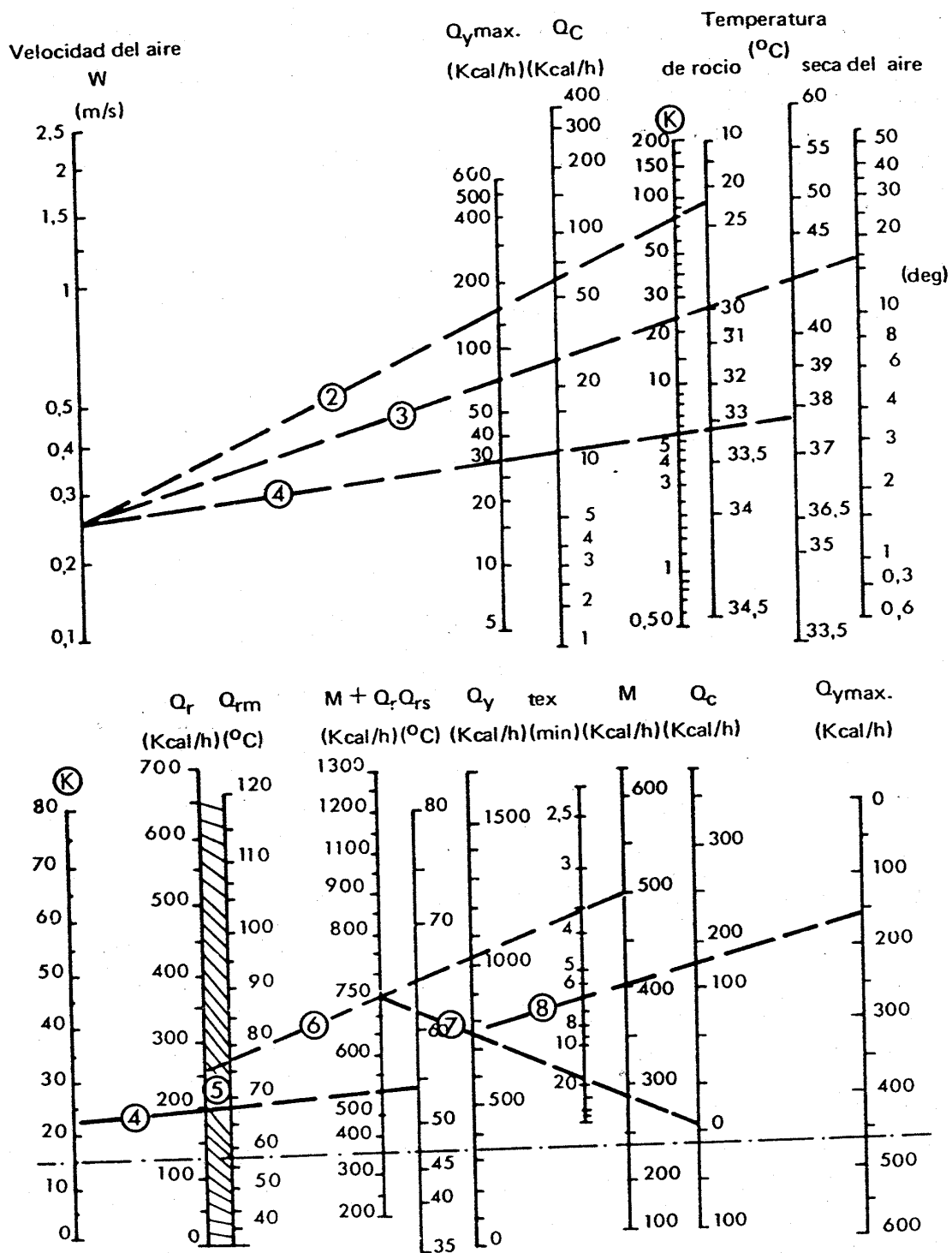


Fig. 9 Determinación dl índice de tensión térmica y del tiempo máximo de permanencia

Fuente: BELDING and HATCH. University of Pittsburgh. 1950. Traducción Española, citado por José GUADIX. Higiene Industrial Básica. Sevilla.

VALORES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN AL CALOR

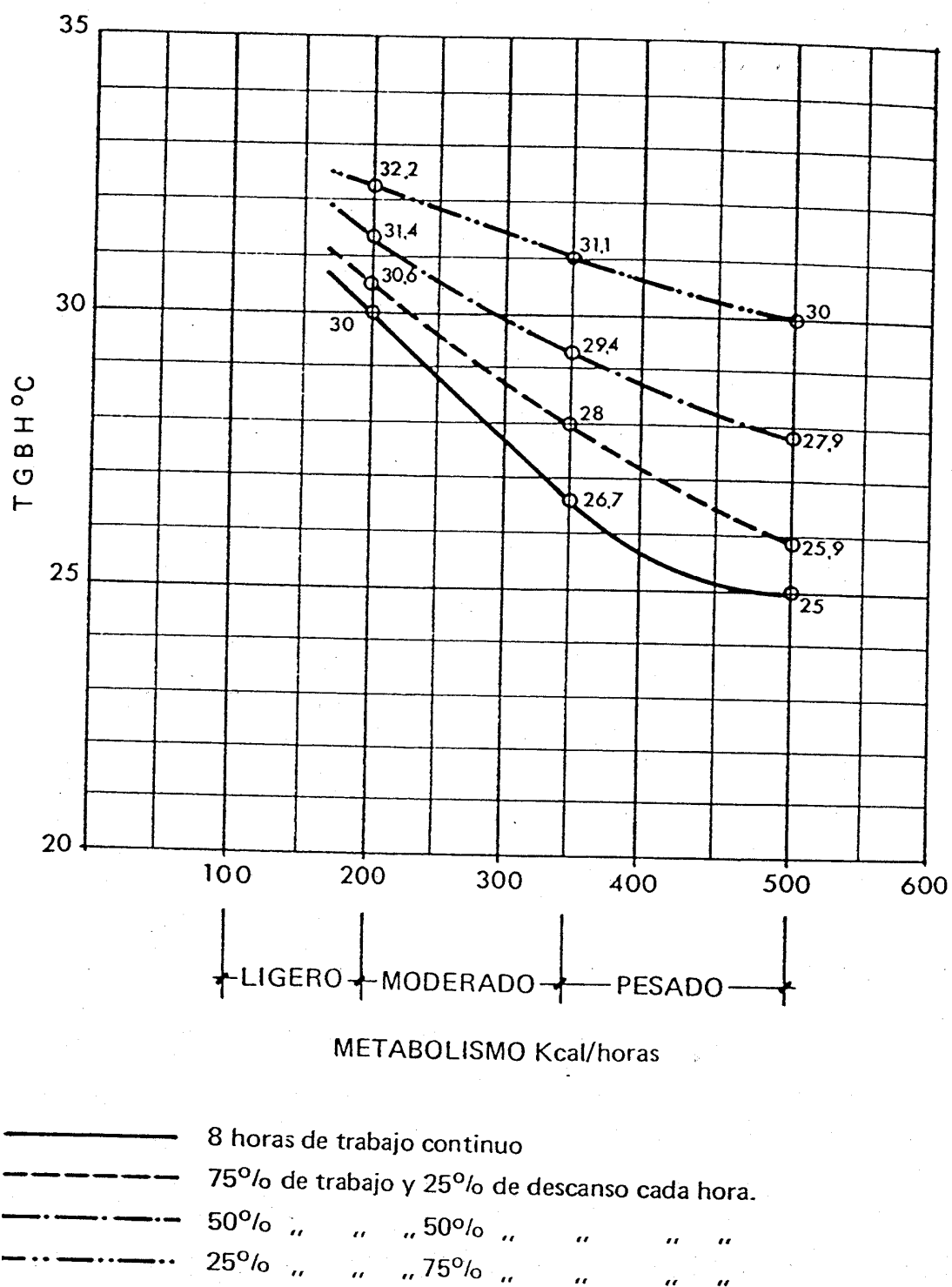


Fig. 10 Valores permisibles de exposición al calor

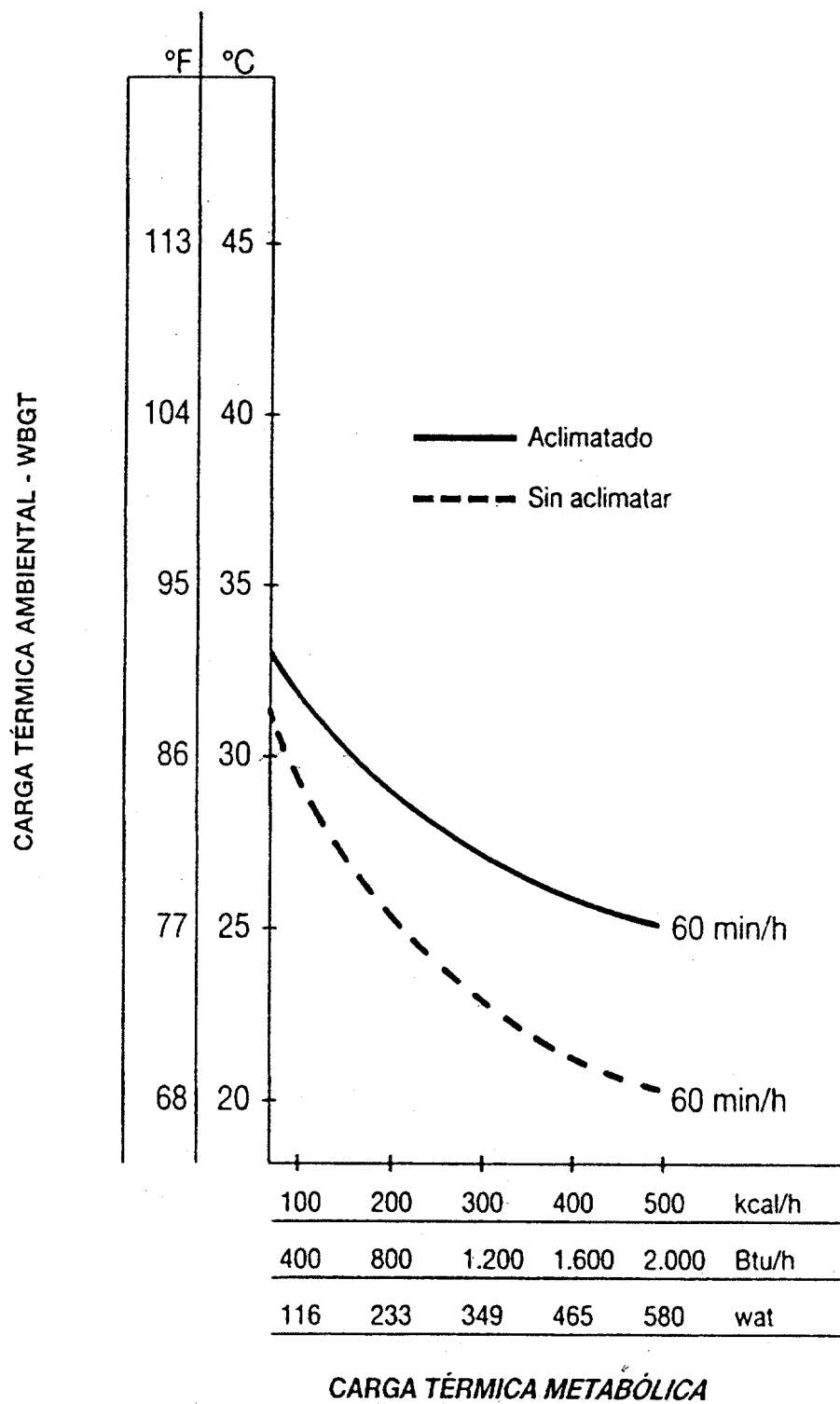


Fig. 11 TLV_s de exposición permisible al calor para trabajadores aclimatados y sin aclimatar

Los valores de WBGT vienen corregidos según el tipo de actividad, las condiciones del individuo, la carga metabólica y los regímenes de trabajo y descanso, según se indica en la Figura 12.

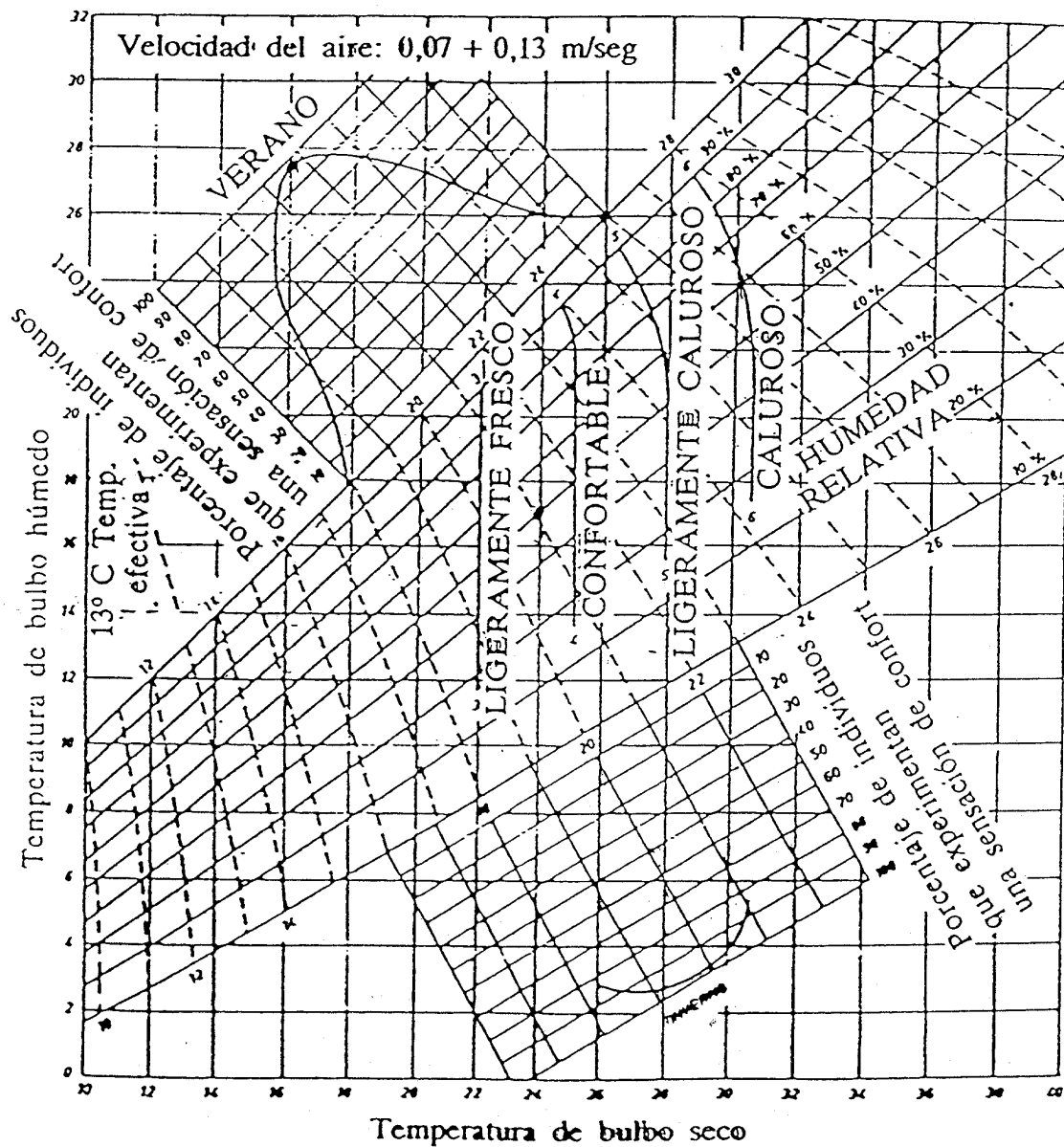


Fig. 12 Sensaciones físicas en función de las variables térmicas del medio.

4. Medidas correctoras

A continuación se enumeran una serie de medidas correctoras, descritas en función del término que los identifica:

agua potable: debe existir una fuente adecuada de agua potable cerca del lugar de trabajo, y los trabajadores deben estar informados de la necesidad de ingerir agua con frecuencia.

aclimatación: aquellos trabajadores nuevos o aquéllos recién incorporados (por baja o vacaciones) o aquéllos que estén asignados a trabajos más ligeros, deben tener un período de aclimatación previo antes de incorporarse definitivamente a pleno trabajo.

formación en primeros auxilios: en cada lugar de trabajo donde puedan darse casos de sobrecarga térmica deben existir personas formadas en el reconocimiento y aplicación de primeros auxilios en enfermedades o síntomas derivadas del trabajo en ambiente de calor.

ventilación general: puede emplearse una ventilación general o localizada para reducir la temperatura en el lugar de trabajo.

ventilación por aspiración localizada: la ventilación por aspiración localizada, en aquellos focos de alta producción de calor, ayudará a eliminar el calor latente y sensible del aire de trabajo.

enfriamiento localizado: el enfriamiento localizado del trabajador puede ser un medio efectivo de proporcionar alivio al mismo ante una exposición al calor.

refrigeración del local: puede emplearse una refrigeración mecánica del local para reducir la temperatura del aire suministrado y la temperatura del local de trabajo.

ventiladores individuales: los ventiladores personales aumentan la velocidad del aire y la pérdida del calor por evaporación cuando la temperatura del aire es inferior a 35 °C.

protección radiante: la protección radiante mediante pantallas reflexivas, mamparas, delantales reflexivos, etc., interrumpirá la línea de intercambio térmico radiante.

aislamiento o sustitución: puede emplearse el aislamiento, nuevo emplazamiento, nuevo diseño o sustitución de equipo y/o procesos para reducir la sobrecarga térmica en el lugar de trabajo.

calor metabólico: puede reducirse el calor interno generado mediante ajustes en la duración del período de trabajo, la frecuencia y duración de los intervalos de descanso, el ritmo del trabajo y la mecanización del trabajo.

ropa y aparatos de enfriamiento: los aparatos personales de refrigeración y/o ropa protectora ayudarán a reducir la sobrecarga térmica cuando las posibilidades de aplicar medidas correctoras son limitadas.

temperatura máxima-mínima: cuando sea posible los trabajos deben programarse para que se lleven a cabo en las horas de menos calor del turno laboral.

áreas de descanso: el empleo de áreas de descanso con aire acondicionado o más frías reducirá la acumulación de calor por el trabajador.

autolimitación de la exposición: el trabajador puede limitar su exposición e interrumpir su trabajo si es necesario, basándose en síntomas de sobrecarga térmica.

reconocimientos médicos: aquellos trabajadores expuestos a calor extremo, deben ser reconocidos por un médico antes de ser asignados a este tipo de trabajo; y sometidos a reconocimientos médicos periódicos a partir de su asignación.

vigilancia por un compañero: los trabajadores deben ser observados por un supervisor entrenado que pueda detectar a tiempo cualquier síntoma de sobrecarga térmica.

PROTECCIÓN CONTRA FUENTE EXTERIORES DE CALOR

RADIACIÓN

PROTECCIÓN DE PARTES OPACAS

- 
- 
- * AUMENTO COEFICIENTE DE REFLEXIÓN
 - * AUMENTO COEF. DE CAMBIO EXTERIOR: RIESGO
 - * AUMENTO RESISTENCIA PAREDES: AISLANTES
 - * PROTECCIÓN DE PARTES TRANSPARENTES
 - * ABSORCIÓN DEL FLUJO INCIDENTE EN CRISTALES (AZUL).

TABLA IX

PROTECCIÓN CONTRA FUENTES INTERIORES DE CALOR

- APANTALLAMIENTO
- AISLAMIENTO DE LA FUENTE
- EXTRACCIÓN LOCALIZADA
- VENTILACIÓN
- CENTRALIZAR REACTANCIAS
- LUMINARIAS VENTILADAS Y MEJOR RENDIMIENTO LUMÍNICO

VENTILACIÓN :

EFFECTO REFRIGERANTE DE LA

VELOCIDAD DEL AIRE

0 °C → 0,1 m/s

8 °C → 6,5 m/s

TABLA X

Control de los procesos térmicos

El control de la tensión térmica puede efectuarse actuando sobre la Fuente, el Medio o el Individuo, bien separadamente o en su conjunto.

Los objetivos que se pretende son:

Reducir las aportaciones térmica procedentes de fuentes exteriores, como la radiación solar o efectos de reverbero a otras superficies radiantes.

Controlar las condiciones del aire ambiente interior.

Medios de protección para reducir el metabolismo energético, limitar los tiempos de exposición y mejorar las condiciones del individuo.

Actuación sobre la fuente

Se basa en medidas principalmente físicas.

Protección contra aportaciones de calor exteriores, actuando sobre tabiques, aumentando el coeficiente de reflexión y coeficiente de convección externo, aumentando así mismo la resistencia térmica del tabique, creando cámaras de aire a techos y superficies de separación.

En el caso de tabiques o separaciones acristaladas, se colocarán persianas exteriores, o ventanas dobles, y se estudiará la orientación de las mismas para reducir su efecto.

Protección contra aportaciones de calor interiores. Normalmente estas fuentes son de origen radiante o convectivas. En las radiantes la protección más sencilla y eficaz es la colocación de pantallas, que deberán tener coeficientes de reflexión altos en la cara del foco caliente. Cuando los focos calientes son de tipo convectivo, la solución es la extracción del aire caliente bien por chimeneas naturales o por extracción sobre la fuente de calor.

Actuación sobre el medio

El trabamamiento del aire interior mediante equipos de calefacción o refrigeración es la solución más usual y adecuada.

Deberá calcularse la carga máxima en invierno y verano, teniendo en cuenta todos los factores que puedan intervenir, y también la distribución interior y la situación del individuo, instalando los equipos de calefacción o refrigeración, adecuados a cada caso. Considerando además de la carga térmica, las velocidades de aire interiores, la posible estratificación de temperatura, y los focos interiores de calor, así como las corrientes convectivas interiores.

En algunos casos, principalmente en las estaciones intermedias, Primavera y Otoño, será suficiente con una ventilación adecuada. Deberá cuidarse la calidad del aire evitando la proliferación de organismos, especialmente en el acondicionamiento verano-invierno con el mismo climatizador. También además de las velocidades de aire entor-

no al individuo, dentro de los límites de confort, así como las temperaturas de inyección del aire tratado, que pueda dar lugar a un rechazo fisiológico.

Actuación sobre el individuo

Además de las medidas anteriores, puede ser preciso tomar otras medidas entorno al individuo como son:

- la reducción del calor metabólico
- la limitación de la duración de la exposición
- establecimiento de un microclima alrededor del punto de trabajo
- control fisiológico periódico.

Control personal. Cuando la carga térmica que recibe el individuo es superior a la permitida, se produciría una elevación de la temperatura de la superficie de la piel, que se contrarrestará con una vestimenta adecuada, que aísla al individuo del medio ambiente.

Esta ropa además debe cumplir una serie de condiciones como ser ininflamable, impedir la penetración de calor radiante, permitir una flexibilidad y facilidad de movimiento y en algunos casos no impedir la transpiración.

RESUMEN DE MÉTODOS GENERALES PARA EL CONTROL DE LA TENSIÓN TÉRMICA

Limitar tiempo de exposición del trabajador

Reducir el calor metabólico generado, mediante el control del trabajo.

Limitar el número de personas trabajando

Empleo de materias aislantes en maquinaria y tuberías para evitar la transmisión del calor

Aislamiento de un proceso

Ventilación para conseguir control sobre la temperatura y la humedad

Método de la mancha fría para procurar alivio inmediato en ciertos puestos de trabajo

Extracción localizada para eliminar el calor sensible y latente en foco de emisión

Uso de trajes refrigerados

Uso de trajes aluminizados para evitar la absorción del calor, para facilitar la reflexión del calor

Uso de pantallas reflexivas o absorbentes, para evitar el calor transmitido por radiación

Modificación de la emisividad y adsorptividad de superficies con capas de pinturas especiales

Aclimatación del personal para acostumbrarlo paulatinamente al calor

Máscara con intercambiador de calor incorporado para exposiciones breves en ambientes de elevada temperatura

Eliminación de fugas de calor

Disminución de la temperatura del foco emisor

Evitar la exposición de la piel a la acción del viento o de corrientes de aire, utilizando apantallamiento si fuera necesario

En caso de congelación se trasladará al accidentado a una zona caliente dándole calor pero no frotando la parte expuesta

Reconocimientos médicos periódicos y previamente a la asignación del trabajo

Vigilancia de un compañero o Supervisor

Áreas de Descanso

Precaución en el manejo de objetos metálicos que conducen más fácilmente el calor, utilizándose guantes de protección

MEDIDAS CORRECTORAS

1. Suministrar agua potable
2. Aclimatación de los trabajadores.
3. Formación en primeros auxilios y en el reconocimiento de los síntomas de sobrecarga térmica.
4. Suministrar una ventilación general.
5. Suministrar ventilación por aspiración localizada.
6. Enfriamiento localizado.
7. Refrigeración del local.
8. Suministrar ventiladores.
9. Emplear protección radiante.
10. Aislamiento, nuevo emplazamiento, nuevo diseño, sustitución.
11. Reducción del calor metabólico mediante reducción del trabajo o un aumento de los períodos de descanso.
12. Aparatos de refrigeración personal y/o ropa protectora.
13. Programar el trabajo al período más frío del turno de trabajo.
14. Usar áreas de descanso con aire acondicionado.
15. Permitir auto-limitación de la exposición.
16. Reconocimientos médicos antes del ingreso.
17. Vigilancia por un compañero.

Fuente: Citado en el Informe de JERRY D. RAMSEY. Department of Industrial Engineering. Texas Technical University Lubbock. TX 79407. Año 1978. Publicado por la American Industrial Hygiene Association Journal.

TABLA

XI

Medición de los factores determinantes del ambiente térmico

Los factores que determinan el que un ambiente sea confortable o no, son:

- **Medida de la temperatura seca.** Termómetros de bulbo; termopares; Termoresistencias
- **Medida de la temperatura húmeda.** Termómetro húmedo. Higrometros. Psicrometros.
- **Medida de la velocidad del aire:** Anemómetros
Termoanemómetros
- **Medida de la temp. radiante media:** Termómetros de globo
Pirómetros

De estos cuatro parámetros dependen los intercambios de calor por radiación, convección y evaporación.

Medida de la temperatura del aire

Esta temperatura interviene en la determinación del calor por convección. Su medida es sencilla si se toman las debidas precauciones. Su medición se efectúa con termómetros.

Cálculo de la temperatura del aire a partir de la del termómetro:

$$T_a = T_t + \sigma \frac{E_T}{h_c} (T_t^4 - T_w^4)$$

T_t = temperatura del termómetro

E_T = coeficiente de emisión del termómetro

h_c = coeficiente de convección

T_w = temperatura media de entorno

Si hay fuerte carga de radiación, los errores en la medida de la temperatura del aire pueden ser considerables. Para lograr una medición termométrica lo más exacta posible, será conveniente:

- Recubrir el sistema termométrico con una pintura reflectante para reducir su coeficiente de emisión.

Todos los equipos poseen un tiempo de respuesta: tiempo que tarda en pasar desde una temperatura inicial T_0 a una temperatura final T_A . El tiempo de respuesta θ puede ser calculado a partir de la constante de tiempo x = la constante de tiempo del instrumento es suministrada por el fabricante.

$$T_t = T_0 + (T_A - T_0) (1 - e^{-\theta/x})$$

Instrumentos de medida de la temperatura del aire

Medida fundamentalmente por termómetros de diversos tipos:

- a. Termómetros de líquidos: generalmente de mercurio. Útil de - 40 °C hasta 350 °C

Inconvenientes: Fragilidad
 Elevada constante de tiempo (200 a 800 sg)

Ventajas: Alta simplicidad del método

- b. Termómetros de resistencia: se basa en una comparación con otras resistencias (la de referencia fija y constante durante la medida). Las más usadas:

- Hierro-níquel
- Platino

Presentan respuesta lineal

"x" = 390 sg.

- c. Termómetros termoelectrónicos: Empleados en estudios fisiológicos "x" : 30-50 sg.

Inconvenientes: Precio alto
 Mala sensibilidad

Ventajas: "x" pequeña
 Permiten hacer medidas remotas en varios puntos simultáneamente.
 Respuesta lineal

- d. Termistores: son semiconductores.

Ventajas: uso sencillo
 sensibilidad elevada
 constante de tiempo 2x2 prácticamente nula

Inconvenientes: Elevado precio
 Respuesta no lineal (obliga a calibraciones constantes)

Medida de la velocidad del aire

Interviene la velocidad del aire en los intercambios por convección y evaporación.

Sin difíciles de medir, los más adecuados son los basados en la transferencia de calor entre un cuerpo caliente y el ambiente.

Catatermómetro: Termómetro de dilatación de líquido (alcohol) con un bulbo de gran volumen. Cayó hace tiempo en desuso pues su forma, dimensiones y propiedades térmicas difieren notablemente de las del cuerpo humano.

Termoanemómetros: Basados en el mismo principio que el catatermómetro, pero mide la pérdida de calor por unidad de tiempo.

Medida de la humedad del aire

La humedad absoluta del aire controla la evaporación del sudor; si es elevada, éste se dificulta (es una barrera térmica para el organismo).

Psicrómetro

Formado por: Dos termómetros

Artificio para producir convección forzada del aire alrededor de los mismos

Instrumentos para la medición de la humedad del aire

Se llaman higrometros. Clasificados en :

Higrómetros de condensación

Alta presión y elevado precio, difíciles de manejar

Higrómetros de variación de la conductividad eléctrica

para humedad absoluta

para humedad relativa

Higrómetros de absorción

Son pocos precisos, de bajo precio, ,necesitan frecuentes calibraciones y su medida es indirecta

Determinación de la temperatura equivalente de radiación

Este concepto permite el cálculo indirecto de los intercambios por radiación entre el hombre y el recinto.

Se la ha definido como la temperatura de las paredes de un recinto virtual para el que la temperatura de las paredes es uniforme y las transferencias por radiación en este ambiente son iguales a las transferencias por radiación en el recinto real.

Un aparato para la medición de esta temperatura es el termómetro de globo negro que consiste en una esfera negra, en cuyo centro se coloca el bulbo de un termómetro de mercurio o un termopar o una sonda de resistencia.

- Diámetro de la esfera: 15 cm.
- Construida la esfera en cobre o aluminio (buenos conductores del calor), su espesor debe estar comprendido entre 0,005 a 0,2 mm.
- Superficie exterior pintada de negro mate (absorbe la radiación proveniente de las paredes del recinto).

La temperatura equivalente de radiación puede calcularse a partir de la ecuación:

$$T_w^4 = T_G^4 + 2,8 \cdot 10^8 (T_G - T_A) \cdot V$$

5. Normas y Reglamentos que regulan los procesos térmicos según la seguridad.

LEGISLACIÓN ESPAÑOLA

Ley 31/1995 de 8 de noviembre Ley de Prevención de Riesgos Laborales (BOE 10-11-95)

REAL DECRETO 38/1997 de 17 enero. Reglamento de los Servicios de Prevención (BOE- 31-1-97) y ORDEN DE 27 de junio de 1997 Orden de desarrollo, (BOE-4-7-97)

REAL DECRETO 486/1997 de 14 de abril Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (BOE-23-4-97).

REAL DECRETO 1561/1995 de 21 de septiembre Sobre jornadas especiales de trabajo (BOE-230 de 26/9/95).

REAL DECRETO 486/1997 de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, (BOE-23-4-97).

REAL DECRETO 1751/1998 de 31 de julio. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITE, (BOE-5-8-98).

Normas Técnicas

UNE-EN 28996:1995. Ergonomía, Determinación del calor metabólico.

UNE-EN 27727:1995. Ambientes térmicos. Instrumentos y métodos de medida de los parámetros físicos.

UNE-EN 27243:1995. Ambientes calurosos. Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT (temperatura húmeda y temperatura del globo).

UNE-EN 12515_1997. Ambientes térmicos calurosos. Determinación analítica e interpretación del estrés térmico, basados en el cálculo de la tasa de sudoración requerida.

UNE-EN ISO 7739:1996. Ambientes térmicos moderados. Determinación de los índices PMV y PPD y especificaciones de las condiciones para el bienestar térmico.

UNE-ENV ISO 11079:1998. Evaluación de ambientes fríos. Determinación del aislamiento requerido para la vestimenta.

ISO 9886:1992. Evaluation of thermal strain by physiological measurements.

ISO 9920:1995. Ergonomics of the thermal environment - Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble.

Libros y artículos de revistas

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (1998), *TLVs® Valores Límite para Sustancias Químicas y Agentes Físicos en el Ambiente de Trabajo. Beis® Índices Biológicos de Exposición para 1997. Versión en castellano*, Vaelncia: Consellería de Empleo, Industria y Comercio de la Generalitat Valenciana.

BARTUAL SANCHEZ, J. y "otros" (1994). *Higiene industrial*. Madrid: INSHT.

ENANDER A. y HYGGE S. "Thermal stress and human performance", Scand J. Work Environ Health 1990; nº 16 (suppl 1) : 44-50.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (1990). *Condiciones de Trabajo y Salud* (2ª Edición). Madrid: INSHT.

MAIRIAUX PH et MALCHAIRE J. (1990). *Le travail en ambiance chaude. Principes, méthodes, mise en oeuvre*, Paris: Masson. Collection de Monographies de Médecine du travail.

NATIONAL INSTITUTE FOR WORKING LIFE (1998). *Problems with cold work. Proceedings from an international symposium held in Stockholm, Sweden, Grand Hôtel Satsjöbaden November 16-20, 1997*. Estocolmo: Arbetslivsinstitutet.

NOTAS TÉCNICAS DE PREVENCIÓN 322-1993. "Valoración del estrés térmico: índice WBGT". Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

PARSONS K.C. (1993). *Human thermal environments*, Londres. Taylor & Francis.

SOCIALSTYRELSEN. THE NATIONAL BOARD OF HEALTH AND WELFARE (1997). *Hypothermia - cold - induced injuries*. Estocolmo: Socialstyrelsen.

Bibliografía

1. BAIXAULI, F.L. Curso de formación al riesgo higiénico por Stress térmico.
2. ALDAY FIGUEROA, E. y VELAZQUEZ VILLA, R. 1ª ponencia: los acondicionadores y humidificadores de aire como posibles medios transmisores de enfermedad. III Conferencia Nacional de Medicina, Higiene y Seguridad en el Trabajo. Oct., 1981, INSHT.628-83.
3. BORDELCUP. Etude de la charge thermique du conducteur de machine verriere type I.S., Revue des dconditions de Travail, nº 20, Nov/Dec. 1985.
4. CASTEJÓN, E. y BERNAL, F. Tensión térmica. Serie Manual Técnico de Higiene industrial, Servicio de publicaciones i.n.s.n.t.
5. CASTEJON VILELLA, E. El confort térmico y su evaluación. En Documentos Técnicos I.N.S.H.T. 1983/14 Junio 1983.
6. CASTEJÓN VILERLLA, E. Evaluación del ambiente térmico en higiene del trabajo.En Revista de Medicina de Empresa. Vol. IX, nº 4. 1974
7. CLARK, R.P. y Hdholm, E.O., Man and his thermal environment. London. Edward Arnold. 1985.
8. III Coloquio de prevención de accidentes de enfermedades profesionales en la industria metalúrgica. (III ponencia). Palma de Mallorca. Julio 1982.
9. OVEJANOVICH, G.J. Computer program for evaluating the thermal environment. En American Ind. Hyg. Ass., J., 1983, 44 (9) 690-695.
10. CHIANTA, M.A. STOLL, A.M. y PIERGALLINI, J.R. Protección a la radiación térmica por disipación del calor lateral. En Aerospace medicine. USA. Vol. 45, nº 4, 1974.
11. FARRERAS-RIZNAB j. Medicina interna. Edit. Marín. Barcelona. 1980.
12. GARRIDO, M. y PEREZ, P. El trabajo en ambientes de sobrecarga térmica. Servicio Social de Higiene y seguridad del trabajo. Serv. de publicaciones. 1981.
13. GUADIX, J. Problemas termohigrométricos. Análisis, evaluación y control. Curso de higiene industrial básica. Sevilla, Julio. 1976. Servicio de Publicaciones I.N.S.H.T.
14. GUYTON, A.C. Manual de fisiología médica. Edit. Interamericana. México, 1971.
15. LEHMAN, G. Fisiología práctica del trabajo. Edit. Aguilar. 1960.
16. MENENDEZ, M. y ARQUES, E. Riesgos en ambientes de calor. « Stress térmico ». VIII Congreso nacional de medicina, Higiene y Seguridad en el trabajo. Octubre, 1977. Serv. Publicaciones del I.N.S.H.T.
17. MILLIGAN , M.V. Physiological Heat Stress Criteria A.S.H.R.A.E. Journal, August, 1974.

18. MORTE GOMEZ, F. Tensiones térmicas en el cuerpo humano. Anales de mecánica y electricidad.
19. Occupational exposure to hot environments. Criteria for a recommended standard. Department of health. Education and welfare. (National Institute for Occupational Safety and Health) USA., 1972.
20. PELLET, M.V. Medio interno. Líquidos corporales. Edit. Margan. Madrid, 1980.
21. POWELL, H.C. The industrial environment : its evaluation and control. U.S. Department of Health, education and Welfare.
22. ORTIZ, A. y MENDEZ, A. Fundamentos de fluidoterapia. Instituto Ibys. Madrid, 1978.
23. PATTY, F.A. Industrial Hygiene and toxicology. Vol. I. Interscience Pub. Inc. New York, 1958.
24. RAPE, R. y AUBERTIN, C. Conditions de travail a la chaleurs. Etude de la verriere a main ; Cahiers de notes documentaires. 1983.
25. SILBO MAGL, S. y DESPOPOULOS, A. Atlas de fisiología. Lab. Novag. 1982.
26. TLVs for chemical substances and physical agents in the work-room environment with intended charges for 1976. American Conference of Governamental Industrial Hygienist (A.C.G.I.H.) Langsind. USA.
27. PEREZ, P. y GARRIDO, M. Trabajo en ambientes calurosos. IX Curso de medicina higiene y seguridad del trabajo (Curso Precongreso) I.N.S.H.T., 1980.