

b) Variables que definen el estado y posición del cuerpo:

- Producción metabólica de calor, M.
- Posición del cuerpo respecto a los focos radiantes, A.

PRINCIPALES EFECTOS DE LAS TEMPERATURAS EXTREMAS SOBRE EL ORGANISMO

Temperaturas bajas

Cuando el calor cedido al medio ambiente, es superior al calor recibido o producido por medio del metabolismo basal y el de trabajo, debido a la actividad física que se está ejerciendo, el organismo tiende a enfriarse y, para evitar esta hipotermia (descenso de la temperatura del cuerpo), pone en marcha múltiples mecanismos, entre los cuales podemos indicar:

- **Vaso-constricción sanguínea:** disminuir la cesión de calor al exterior.
- **Desactivación** (cierre) de las glándulas sudoríparas.
- **Disminución** de la circulación sanguínea periférica.
- **Tiritona:** producción de calor (transformación química en mecánica/térmica).
- **Autofagia de las grasas almacenadas:** transformación química de lípidos (grasas almacenadas) a glúcidos de metabolización directa.
- **Encogimiento:** presentar la mínima superficie de piel en contacto con el exterior.

Consecuencias de la hipotermia

- Malestar general.
- Disminución de la destreza manual.
 - Reducción de la sensibilidad táctil.
 - Anquilosamiento de las articulaciones.
- Comportamiento extravagante (hipotermia de la sangre que riega el cerebro).
- Congelación de los miembros (los más afectados, las extremidades).
- La muerte se produce cuando la temperatura interior es inferior a 28 °C por fallo cardíaco.

Temperaturas altas

Cuando el calor cedido por el organismo al medio ambiente, es inferior al calor recibido o producido por el metabolismo total (metabolismo basal + metabolismo de trabajo), el organismo tiende a aumentar su temperatura, y para evitar esta hipertermia (aumento de la temperatura del cuerpo), pone en marcha otros mecanismos entre los cuales podemos citar:

- **Vasodilatación sanguínea:** aumento del intercambio de calor.
- **Activación** (apertura) de las glándulas sudoríparas: aumento del intercambio de calor por cambio de estado del sudor de líquido a vapor.
- **Aumento** de la circulación sanguínea periférica. Puede llegar a 2,6 litros/min/m².
- **Cambio electrolítico de sudor:** la pérdida de ClNa puede llegar a 15 g/litro.

Consecuencias de la hipertermia

- Trastornos psiconeuróticos.
- Trastornos sistemáticos:
 - Calambre por calor.
 - Agotamiento por calor:
 - Deficiencia circulatoria.
 - Deshidratación.
 - Desalinización.
 - Anhidrosis.
 - Golpe de calor (hiperpirexia).
- Trastornos en la piel:
 - Erupción (miliaria rubra).
 - Quemaduras (debido a las radiaciones ultravioletas).

EVALUACION DE LAS VARIABLES QUE DEFINEN EL AMBIENTE TERMICO

Medida de la temperatura seca del aire

El nombre de temperatura seca se refiere, simplemente, a la temperatura del aire. El adjetivo *seca* es para distinguirla de otra medición de tempe-

El PPD (Porcentaje Previsto de personas en Disconfort) predice qué porcentaje de gente se encontrará térmicamente incómoda con un determinado PMV. En la Figura 11 se observa la relación entre PPD y PMV.

La Temperatura Operativa (°C) es el valor de la temperatura del aire y radiante media que produciría la misma pérdida de calor en una persona por convección y radiación, que en el ambiente real. Integra la influencia de la temperatura radiante y media del aire.

La Temperatura Equivalente (°C) es el valor de la temperatura del aire y radiante media que, a una velocidad del aire nula, produciría la misma pérdida de calor en una persona por convección y radiación, que en el ambiente real. Integra la influencia de la temperatura del aire, la temperatura radiante media y la velocidad del aire. Para velocidades de aire nulas, es igual a la Temperatura Operativa, y menor que ésta en caso contrario. Así se tiene en cuenta el efecto de enfriamiento del movimiento del aire.

La Temperatura de Confort (°C) es la Temperatura Equivalente para lograr un PMV de cero, dados el nivel de actividad, la vestimenta y la humedad. El Medidor del Confort Térmico calcula automáticamente la Temperatura Confort a partir de esos tres parámetros, previamente seleccionados.

La Temperatura Diferencia (K) es la cantidad en que habría que cambiar la Temperatura Equivalente, de forma que una persona, con la actividad metabólica y el aislamiento de vestimenta fijados, se sintiera confortable. Es igual a la Temperatura de Confort menos la Temperatura Equivalente.

Indice WBGT

El índice WBGT consiste en la ponderación fraccionada de las temperaturas húmedas, de globo y a veces temperaturas secas. Las principales fórmulas que lo definen son:

1. En exteriores (con exposición solar):

$$WBGT = 0,7 T_h + 0,2 T_g + 0,1 T_a$$

2. En interiores sin exposición solar (a la sombra):

$$WBGT = 0,7 T_h + 0,3 T_g$$

en donde



- WBGT = temperatura de globo y bulbo húmedo según fórmula °C
 Th = temperatura natural de bulbo húmedo °C
 Ta = temperatura de bulbo seco °C
 T = temperatura del termómetro de globo °C.

Estas temperaturas WBGT halladas para unas condiciones, se comparan con la temperatura WBGT, máxima admisible para unas condiciones de trabajo dadas.

Criterios ACGIH

Según criterios de la ACGIH, en sus tablas TLV's para 1990-91, las temperaturas °WBGT propuestas según los trabajadores estén o no aclimatados se observa en la Figura 12 y en la Tabla V.

De la relación:

La carga térmica soportada en WBGT

La carga máxima que puede soportarse para el trabajo

tendremos el índice de estrés térmico (según WBGT).

Para tareas donde la exposición al calor y el esfuerzo de trabajo son intermitentes, el promedio en tiempo se calcula según la ecuación siguiente:

$$\frac{(T_{WBGT_1}) t_1 + (T_{WBGT_2}) t_2 + \dots + (T_{WBGT_n}) t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

T = son los valores de las mediciones para los distintos intervalos de trabajo y descanso durante el período total

t = corresponde a la duración en minutos de los respectivos intervalos.

Criterios OSHA

Como se puede observar, la ausencia de valoración de la incidencia de la velocidad del aire hace que, en algunos casos, sus resultados no sean representativos de las condiciones estudiadas. Considerando este problema, el Comité Asesor de la OSHA en su normalización de este índice,

introduce este factor, aumentando la significación del mismo. Los valores umbrales se reflejan en la Tabla VI.

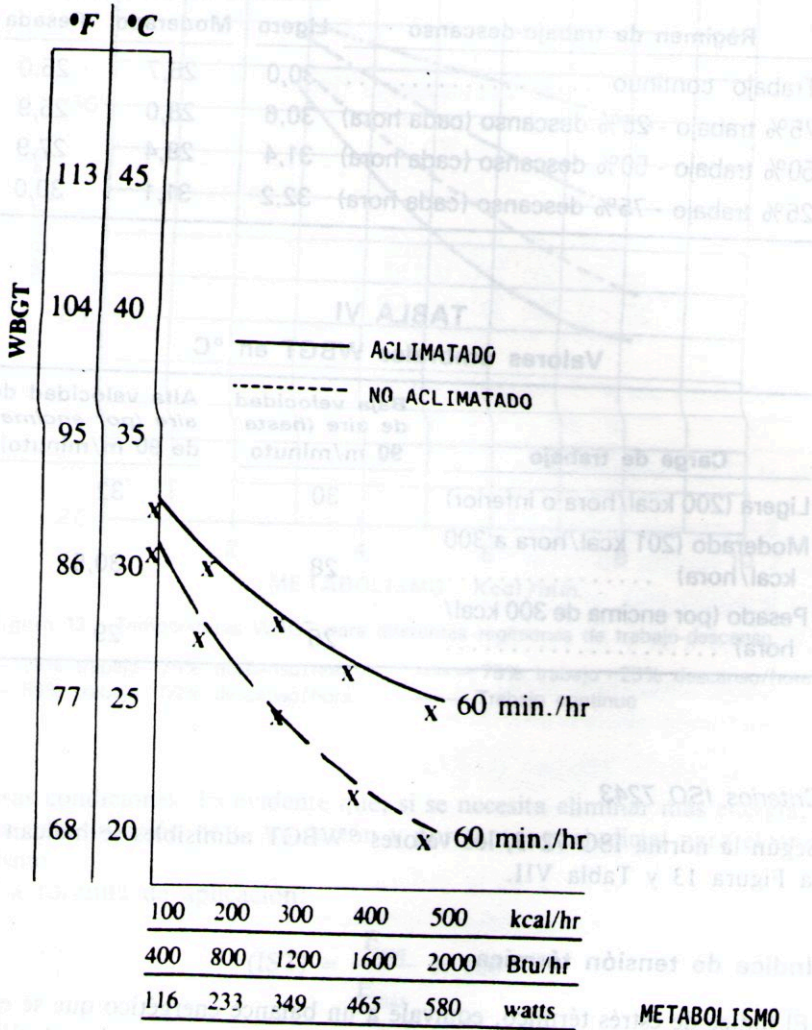


Figura 12

TABLA V
Valores de las temperaturas WBGT admisibles

Régimen de trabajo-descanso	CARGA DE TRABAJO		
	Ligero	Moderado	Pesada
Trabajo continuo	30,0	26,7	25,0
75% trabajo - 25% descanso (cada hora)	30,6	28,0	25,9
50% trabajo - 50% descanso (cada hora)	31,4	29,4	27,9
25% trabajo - 75% descanso (cada hora)	32,2	31,1	30,0

TABLA VI
Valores umbrales WBGT en °C

Carga de trabajo	Baja velocidad de aire (hasta 90 m/minuto)	Alta velocidad de aire (por encima de 90 m/minuto)
Ligera (200 kcal/hora o inferior)	30	32
Moderado (201 kcal/hora a 300 kcal/hora)	28	30,5
Pesado (por encima de 300 kcal/hora)	26	29

Criterios ISO 7243

Según la norma ISO 7243, los valores °WBGT admisibles se indican en la Figura 13 y Tabla VII.

Índice de tensión térmica

El índice de estrés térmico, equivale a un balance energético que se establece por la relación entre 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 del sudor)

y a describir las condiciones de trabajo con frío por debajo de las cuales se cree que la mayoría de los trabajadores pueden exponerse sin efectos adversos para la salud.

El objetivo de estos TLV es impedir que la temperatura interna (medida por la temperatura rectal) descienda de 36 °C —si bien para una exposición ocasional puede permitirse el descenso a 35 °C— y proteger todas las partes del cuerpo, en especial las manos, los pies y la cabeza de las lesiones por frío.

La evaluación de los efectos de los ambientes fríos sobre el hombre puede realizarse por los siguientes índices:

- Wind chill index (WCI).
- Índice de sensación térmica.
- Índice de estrés térmico (IST).

Asímismo puede efectuarse una valoración subjetiva del medio ambiente frío.

Wind chill index (WCI)

Este índice valora la pérdida de calor.

El flujo de calor perdido, puede calcularse por la ecuación:

$$WCI = (\sqrt{100 V_a + 10,45} - V_a) (33 - T_a)$$

WCI = Wind chill index, kcal h⁻¹ m⁻²

V_a = velocidad del aire, m sg⁻¹

T_a = temperatura del aire, °C.

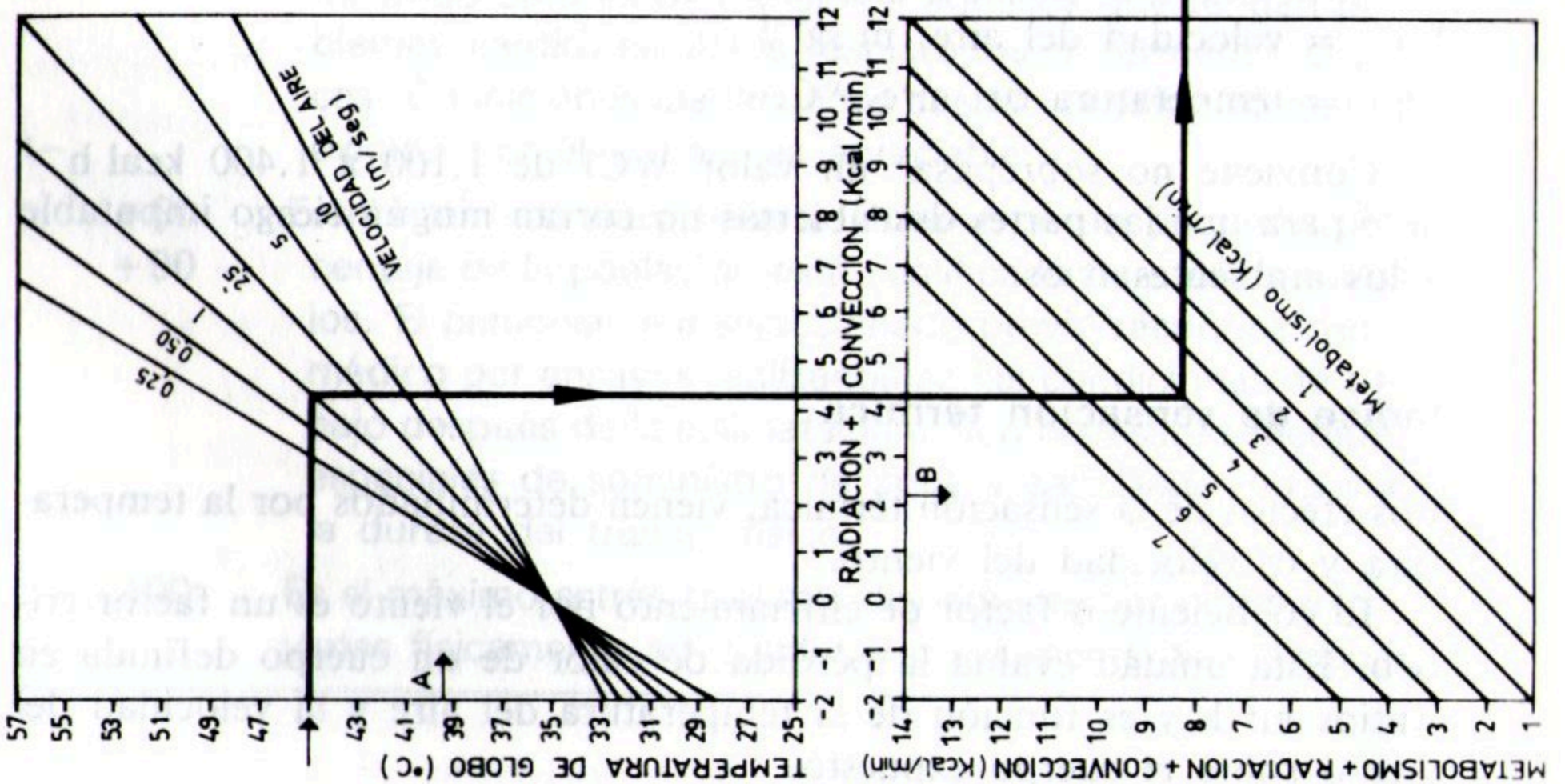
Conviene no sobrepasar un valor WCI de 1.100 a 1.400 kcal h⁻¹ m⁻² para que las partes descubiertas no corran ningún riesgo imputable a los ambientes fríos.

Índice de sensación térmica

Los efectos de la sensación térmica, vienen determinados por la temperatura y la velocidad del viento.

El coeficiente o factor de enfriamiento por el viento es un factor crítico. Esta unidad evalúa la pérdida de calor de un cuerpo definida en vatios m² h y es función de la temperatura del aire y la velocidad del viento sobre el cuerpo expuesto.

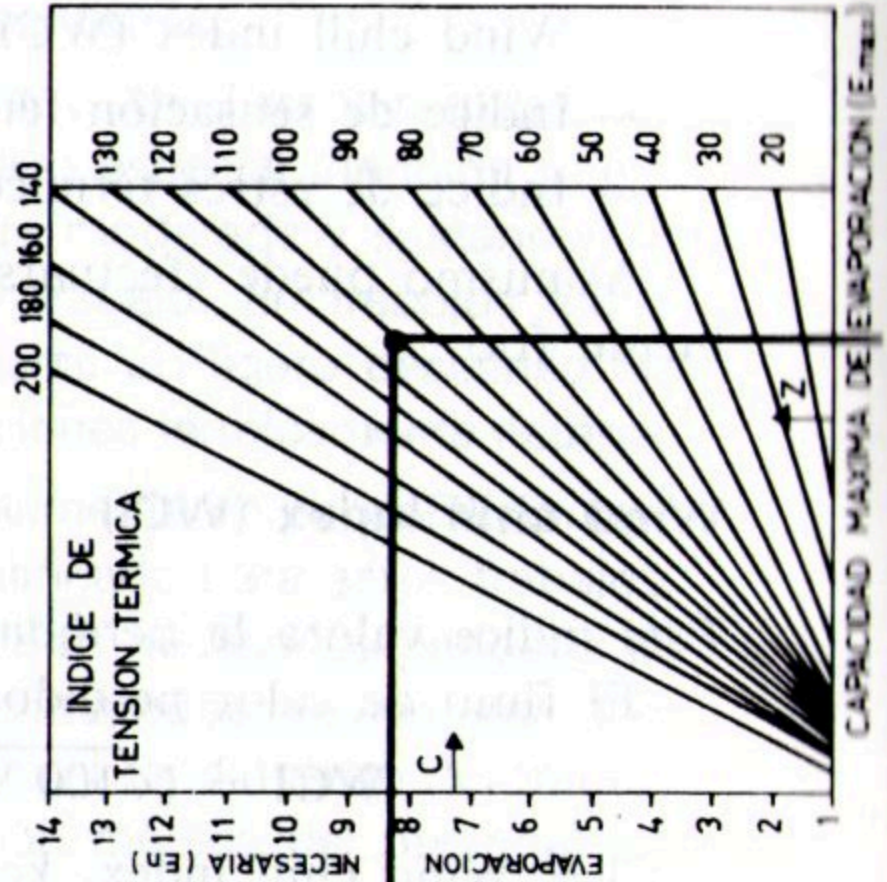
GRAFICOS PARA EL CALCULO DEL INDICE DE TENSION TERMICA



Etapa 1: Entrar por A. Trazar una línea vertical desde la intersección de la temperatura de globo con la velocidad del aire; se obtiene la carga de calor de radiación y convección combinadas. Extender la línea vertical hasta

Etapa 2: Entrar por B. Al interceptar con metabolismo, trazar una línea horizontal: se obtiene la carga total de calor expresada como la evaporación requerida para el balance calórico (Ereq). Extender la línea horizontal hasta entrar por C.

Etapa 3: Entrar por X. Trazar una línea horizontal desde la intersección de las temperaturas húmeda y seca: se obtiene el gradiente de presión de vapor entre la piel saturada a 35° C y la del aire ambiente. Extender la línea hasta



Etapas 4: Entrar por Y. Al interceptar la velocidad de la línea vertical: se obtiene la evaporación máxima de la piel húmeda a 35°C (E max.). Extender la línea hasta

Etapas 5: Entrar por Z. Mover hasta interceptar la línea horizontal desde C. Leer el valor del índice de stress calórico (si E max. es superior a 10, entrar por Z a 10).

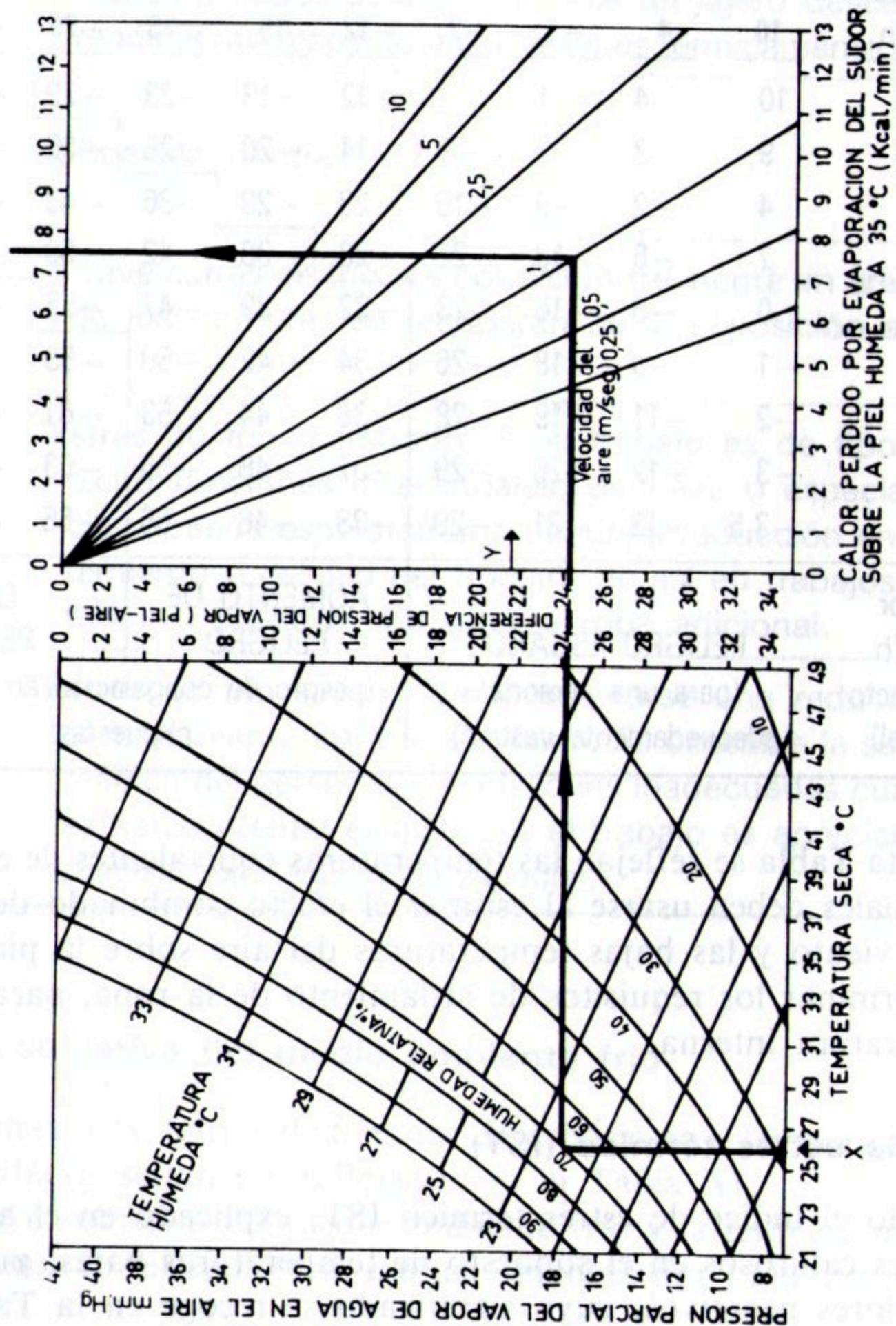


Figura 14.—Ejemplo práctico para el manejo del nomograma de índice de tensión térmica.

Cuanto mayor sea la velocidad del viento y menor la temperatura del área de trabajo, mayor será el valor de aislamiento de la ropa protectora exigida.

El grado de riesgo para personas adecuadamente vestidas, según las distintas velocidades de aire y temperaturas reales en °C se recogen en la Tabla IX.

TABLA IX

Velocidad del viento en km/h	Temperatura real leída en el termómetro °C									
	10	4	-1	-7	-12	19	-23	-29	-34	-40
Calmo	10	4	-1	-7	-12	-19	-23	-29	-34	-40
8	9	3	-3	-9	-14	-20	-26	-32	-38	-43
16	4	-2	-9	-16	-23	-29	-36	-43	-50	-57
24	2	-6	-13	-21	-28	-38	-42	-50	-58	-65
32	0	-8	-16	-23	-32	-39	-47	-55	-68	-70
40	-1	-9	-18	-26	-34	-42	-50	-59	-67	-75
48	-2	-11	-19	-28	-36	-44	-53	-61	-70	-78
56	-3	-12	-20	-29	-37	-45	-55	-63	-72	-80
64	-3,5	-12	-21	-29	-38	-48	-56	-65	-73	-82
Superior 64 km/h (poco efecto adicional)	PELIGRO ESCASO (para una persona adecuadamente vestida)					AUMENTO DE PELIGRO (peligro de congelación en las zonas expuestas)			GRAN PELIGRO	

En esta Tabla se reflejan las temperaturas equivalentes de enfriamiento, las cuales deben usarse al estimar el efecto combinado de refrigeración del viento y las bajas temperaturas del aire sobre la piel expuesta o al determinar los requisitos de aislamiento de la ropa, para mantener la temperatura interna.

Índice de estrés térmico (IST)

Aplicando el índice de estrés térmico IST, explicado en el apartado de ambientes calurosos en el supuesto de temperaturas bajas, pueden obtenerse valores negativos, cuyo significado se recoge en la Tabla X.