

GUIA: TEMPERATURAS EXTREMAS.

2.1 TEMPERATURAS EXTREMAS Y HUMEDAD

En algunas oportunidades es necesario trabajar en lugares que son extremadamente fríos o calientes. Los extremos de temperaturas y humedad ocasionan incomodidad, mayor fatiga e irritabilidad, y disminuyen la cantidad y calidad del trabajo producido. La exposición a temperaturas que sobrecargan la capacidad del sistema orgánico de termorregulación, pronto ocasiona disturbios de la circulación, vulgarmente conocidos como insolación o agotamiento por calor, los cuales pueden revestir gravedad y llegar hasta causar la muerte. Cuando se labora a bajas temperaturas, un riesgo siempre amenazante es el congelamiento. Los cambios repentinos y bruscos en la temperatura y humedad, pueden tener efectos nocivos en los trabajadores.

2.2 AMBIENTES FRÍO.

Muchas miles de personas están expuestas a bajas temperaturas durante su trabajo en plantas congeladoras, frigoríficos, instalaciones para almacenamiento frío, trabajo de campo en áreas de clima frío, cría de ganado, explotación de bosques y otras actividades que se realizan al aire libre. Como el hombre es homotermo (animal de sangre caliente) debe mantener su temperatura corporal interna constante (37,5 °C); por lo tanto, si está protegido en forma adecuada puede trabajar eficientemente en climas muy fríos.

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 mencionar:

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

2.3 HIPOTERMIA.

La hipotermia se produce cuando la pérdida de calor del cuerpo es más rápida que su producción. Ante esta situación, lo primero que ocurre es una constricción de los vasos sanguíneos de la piel, en un intento para conservar el calor interno vital, las manos y los pies son los primeros afectados y si el cuerpo continua perdiendo calor comienza a producirse temblores

involuntarios. Esta es la forma que posee el organismo para intentar producir mas calor y es, en general, el primer signo real de hipotermia. Una mayor pérdida de calor produce dificultades para hablar, pérdida de memoria y destreza manual, colapso y finalmente la muerte.

La temperatura de las manos y pies puede disminuir hasta 23 – 26°C por debajo de la temperatura normal del cuerpo sin producir daño permanente. Una caída relativamente pequeña de la temperatura profunda del cuerpo (alrededor de 1,5°C) produce escalofríos y a medida que continúa descendiendo el cerebro se vuelve menos eficiente y la víctima presenta signos de confusión y desorientación.

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)

2.2.1 SIGNOS Y SINTOMAS

Situaciones clínicas progresivas de la hipotermia		
Temperatura del Núcleo		Síntomas Clínicos
°C	°F	
37.6	99.6	Temperatura rectal "normal"
37	98.6	Temperatura oral "normal"
36	96.8	La intensidad del metabolismo aumenta en un intento de compensar la pérdida de calor
35	95.0	Tiritones de intensidad máxima
34	93.2	La víctima se encuentra consciente y responde; tiene la presión arterial normal
33	91.4	Fuerte hipotermia por debajo de estas temperaturas
32	89.6	Conciencia disminuida; la tensión arterial se hace difícil de determinar; las pupilas están dilatadas; aunque reaccionan a la luz; se deja de tiritar
31	87.8	
30	86.0	Pérdida progresiva de la conciencia; aumenta la rigidez muscular; resulta difícil determinar el pulso y la presión arterial; disminuye la frecuencia respiratoria.
29	84.2	
28	82.4	Posible fibrilación ventricular con irritabilidad miocárdica
27	80.8	Cesa el movimiento voluntario; las pupilas no reaccionan a la luz; ausencia de reflejos tendinosos profundos y superficiales
26	78.8	La víctima está consciente en pocos momentos
25	77.0	Se puede producir fibrilación ventricular espontáneamente
24	75.2	Edema pulmonar
22	71.6	Riesgo máximo de fibrilación ventricular
21	69.8	
20	68.0	Parada cardiaca
18	64.4	Situación mas baja de hipotermia accidental de la que la víctima se ha

		recuperado
17	62.6	Electroencefalograma isoelectrico

2.4 SENSACIÓN TÉRMICA.

La sensación corporal de frío es un factor relativo. El termómetro puede marcar una temperatura superior a 4,4°C y la posibilidad de hipotermia parece remota, pero se han producido muchos casos a temperaturas por encima del punto de congelación. El enfriamiento del cuerpo depende de muchos factores, no sólo de la temperatura del aire. La humedad de la piel y de la ropa puede eliminar calor del cuerpo ciento de veces más rápidamente que cuando la piel está seca.

Probablemente la pérdida de calor por convección es el factor más importante y engañoso respecto a la pérdida de calor corporal. Cuando no hay movimiento de aire y la temperatura es de -1°C, el cuerpo sentirá frío, pero a la misma temperatura y con un viento de 40 Km/hr sentirá un frío intenso. Lo que sucede es que el viento elimina la delgada capa de aire que actúa como aislante entre la piel y la temperatura del ambiente.

Se ha intentado encontrar índices que permitan evaluar el frío del ambiente. Probablemente el **índice de sensación térmica** sea el más conocido y usado de los índices para stress por frío. Todos los índices de stress por frío, como los de stress calóricos, tienen limitaciones pero en condiciones adecuadas proporciona una información útil.

El factor de sensación térmica **“es el efecto refrescante de cualquier combinación de temperatura y velocidad del viento o movimiento del aire”**. Debe destacarse que las temperaturas de sensación térmica no tienen otro valor que el expresado, al efecto sobre el cuerpo. Aunque la temperatura de sensación térmica puede ser inferior a la del punto de congelación del agua (0°C), ésta no congelará a menos que la temperatura del aire está también por debajo del punto de congelación.

El índice de sensación térmica no toma en consideración que parte del cuerpo está expuesta al frío, al nivel de actividad y sus efectos sobre la producción de calor corporal y la cantidad de ropa usada. La Figura 1 también señala la importancia de mantener la cabeza, cuello y manos cubiertas para conservar el calor en un ambiente frío.

La piel es la barrera natural del cuerpo para el calor y el frío por lo que sus propiedades son muy importantes y la temperatura de la piel es un factor de peso en el control térmico corporal.

De la exposición Ocupacional al Frío: El Decreto N° 594 del 15 de Septiembre de 1999 del Ministerio de Salud **“Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo”**; establece:

Artículo 99: para los efectos del presente reglamento, se entenderá como

exposición al frío las combinaciones de temperatura y velocidad de aire que logren bajar la temperatura profunda del cuerpo del trabajador a 36°C o menos, siendo 35°C admitida para una sola exposición ocasional. Se considera como temperatura ambiental crítica al aire libre, aquella igual o menor a 10°C, que se agrava por lluvia y/o corriente de aire.

La combinación de temperatura y velocidad de aire da origen a determinada sensación térmica representada por un valor que indica el peligro a que está expuesto el trabajador.

SENSACION TERMICA											
Valores equivalentes de enfriamiento por efecto del viento											
	Temperatura real leída en el termómetro en °C										
	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	
Calmo	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-24	-40	
8	9	3	-3	-9	-14	-21	-26	-32	-38	-44	
16	4	-2	-9	-16	-23	-31	-36	-43	-50	-57	
24	2	-6	-13	-21	-28	-36	-43	-50	-58	-65	
32	0	-8	-16	-23	-32	-39	-47	-55	-63	-71	
40	-1	-9	-18	-26	-34	-42	-51	-59	-67	-76	
48	-2	-11	-19	-28	-36	-44	-53	-62	-70	-78	
56	-3	-12	-20	-29	-37	-46	-55	-63	-72	-81	
64	-3	-12	-21	-29	-38	-47	-56	-65	-73	-82	
Superior a 64 Km/hr poco efecto adicional	PELIGRO ESCASO En una persona adecuadamente vestida para menos de 1 hora de exposición				AUMENTO DE PELIGRO Peligro de que el cuerpo expuesto se congele en 1 min.			GRAN PELIGRO El cuerpo se puede congelar en 30 seg.			

Artículo 100: A los trabajadores expuestos al frío deberá proporcionárseles ropa adecuada, la cual será no muy ajustada y fácilmente desabrochable y sacable. La ropa exterior en contacto con el medio ambiente deberá ser de material aislante.

Artículo 101: En los casos de peligro por exposición al frío, deberán alternarse períodos de descanso en zonas templadas o con trabajos adecuados.

LIMITES MAXIMOS DIARIOS DE TIEMPO PARA EXPOSICION AL FRIO EN RECINTOS CERRADOS	
Rangos de Temperaturas (°C)	Exposición Máxima Diaria
De 0 a -18°	Sin limite siempre que la persona esté vestida con ropa de protección adecuada
De -19 a -34°	Tiempo total de trabajo: 4 horas, alternando una hora dentro y una hora fuera del área de baja temperatura. Es necesaria la ropa de protección adecuada
De -35 a -57°	Tiempo total de trabajo: 1 hora. Dos periodos de 30 minutos cada uno, con intervalos de por lo menos 4 horas. Es necesaria la ropa de protección adecuada
De -58 a -73°	Tiempo total de trabajo: 5 minutos durante una jornada de 8 horas. Es necesaria protección personal para cuerpo y cabeza

2.4.1 ÍNDICE DE SENSACIÓN TÉRMICA (IST): 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 definido en wátios $m^2 h$ y es función de la temperatura del aire y la velocidad del viento sobre el cuerpo expuesto.

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.

Ejemplo 1: Se desea determinar que protección en ropa de abrigo deberá usar un trabajador que está expuesto a las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura ambiente = $T_a = 4\text{ }^\circ\text{C}$

Velocidad del aire = $V_a = 16\text{ Km/hr}$

Con los valores de T_a y V_a se ingresa en la tabla de Sensación Térmica y se determina el valor de **IST** que en este caso corresponde a **-2 °C**. Por lo tanto la ropa de abrigo adecuada es aquella que sea capaz de proteger por lo menos a esa temperatura.

2.5 MEDIDAS DE CONTROL.

La capa de aire muerto que se encuentra entre el cuerpo y la ropa y el aire externo es esencial. La ropa se usa para mantener el calor del cuerpo y, en general, ningún tipo de ropa es adecuado para todas las condiciones climáticas. Las telas tipo denim de trama abierta, no sólo permiten la penetración del agua, sino también que el viento elimine el calor del cuerpo que debería quedar atrapado entre éste y la ropa. El plástico transparente o telas de nylon de trama apretada son una buena protección contra el viento y la lluvia pero ofrecen una protección escasa contra el frío.

Muchas capas de ropa relativamente liviana con una capa externa de un material impermeable al viento, mantienen mucho mejor la temperatura que una vestimenta gruesa puesta sobre la ropa que se usa para vivir en interiores. Cuando mayor sea la cantidad de celdas de aire en estas capas de ropa, mayor será su eficiencia aislante contra la pérdida de calor. Debe asegurarse que la ropa permita eliminar parcialmente la transpiración. Como la piel húmeda se congelará más rápidamente que la piel seca, es conveniente hacer uso de todos los medios factibles para mantener la piel lo más seca posible, empleando abrigos contra el viento y evitando la exposición de la piel a los efectos directos del mismo. Los problemas que se crean al usar varias capas de ropas especiales es que quien las usa se vuelve muy torpe en la realización de varias tareas de rutina. También debe tenerse en cuenta, si se debe trabajar en espacios reducidos, que se aumentan las dimensiones del cuerpo.

Existen respiradores de tipo térmico para quienes deben respirar aire

muy frío. A temperaturas muy inferiores a $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$, el tejido pulmonar puede comenzara congelarse a menos que el aire sea calentado antes de su inhalación.

2.6 AMBIENTES CALIENTES.

Los problemas de stress calóricos son más comunes que los causados por un ambiente frío. La evaluación de la información que relaciona la fisiología de una persona con los aspectos físicos de su ambiente no es simple. En ello está involucrado mucho más que la realización de una serie de mediciones de la temperatura del aire y la toma de decisiones sobre la base de esta información.

Existen dos fuentes de calor que son importantes para cualquiera que trabaje en un ambiente caliente:

- a) Calor interno generado metabólicamente, y
- b) Calor externo impuesto por el ambiente.

El calor metabólico es un subproducto de los procesos químicos que se producen en el interior de las células, tejidos y órganos. El calor del ambiente es importante porque influye en la velocidad de intercambio calórico del cuerpo con el ambiente y, en consecuencia, con la facilidad con que el cuerpo puede regular y mantener una temperatura normal.

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:

- **Vaso dilatación sanguínea:** aumento del intercambio de calor
- **Activación 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 $2,6\text{ litros}/\text{min}/\text{m}^2$
- **Cambio electrolítico del sudor:** la pérdida de NaCl puede llegar a $15\text{ g}/\text{litro}$

Consecuencias de la hipertermia:

- **Trastornos psiconeuróticos**
- **Trastornos sistemáticos:**
 - **Calambre por calor**
 - **Agotamiento por calor**
 - **Deficiencia circulatoria**
 - **Deshidratación**
 - **Desalinización**
 - **Anhidrosis**

- **Golpe de calor**
- **Trastornos en la piel**
 - **Erupción**
 - **Quemaduras (debido a las radiaciones ultravioletas)**

Calor metabólico: el proceso metabólico hace que el cuerpo produzca calor durante el descanso así como durante el trabajo. El calor metabólico generado por una persona promedio sentada tranquilamente es aproximadamente igual al de una lámpara de 100 vatios. Para permanecer a una temperatura constante este calor debe ser eliminado transfiriéndolo al ambiente. La temperatura central del cuerpo fluctúa muy poco y en condiciones normales ésta no aumenta ni disminuye su temperatura, mas bien se alteran las condiciones térmicas del ambiente para variar la velocidad de flujo calórico de las superficies del cuerpo.

Figura 1. Necesidades de Enfriamiento de las Áreas del Cuerpo Humano a nivel del mar y en reposo.



Disipación de calor: la sangre juega un papel importante en el transporte de calor desde las zonas profundas del cuerpo hacia la piel donde el calor puede disiparse por convección, radiación o evaporación. En consecuencia un ambiente caliente produce una carga adicional sobre el sistema cardiovascular de un individuo.

Cuando la velocidad de transferencia de calor del cuerpo por convección, radiación y evaporación de la transpiración no es adecuada debe producirse un aumento de calor.

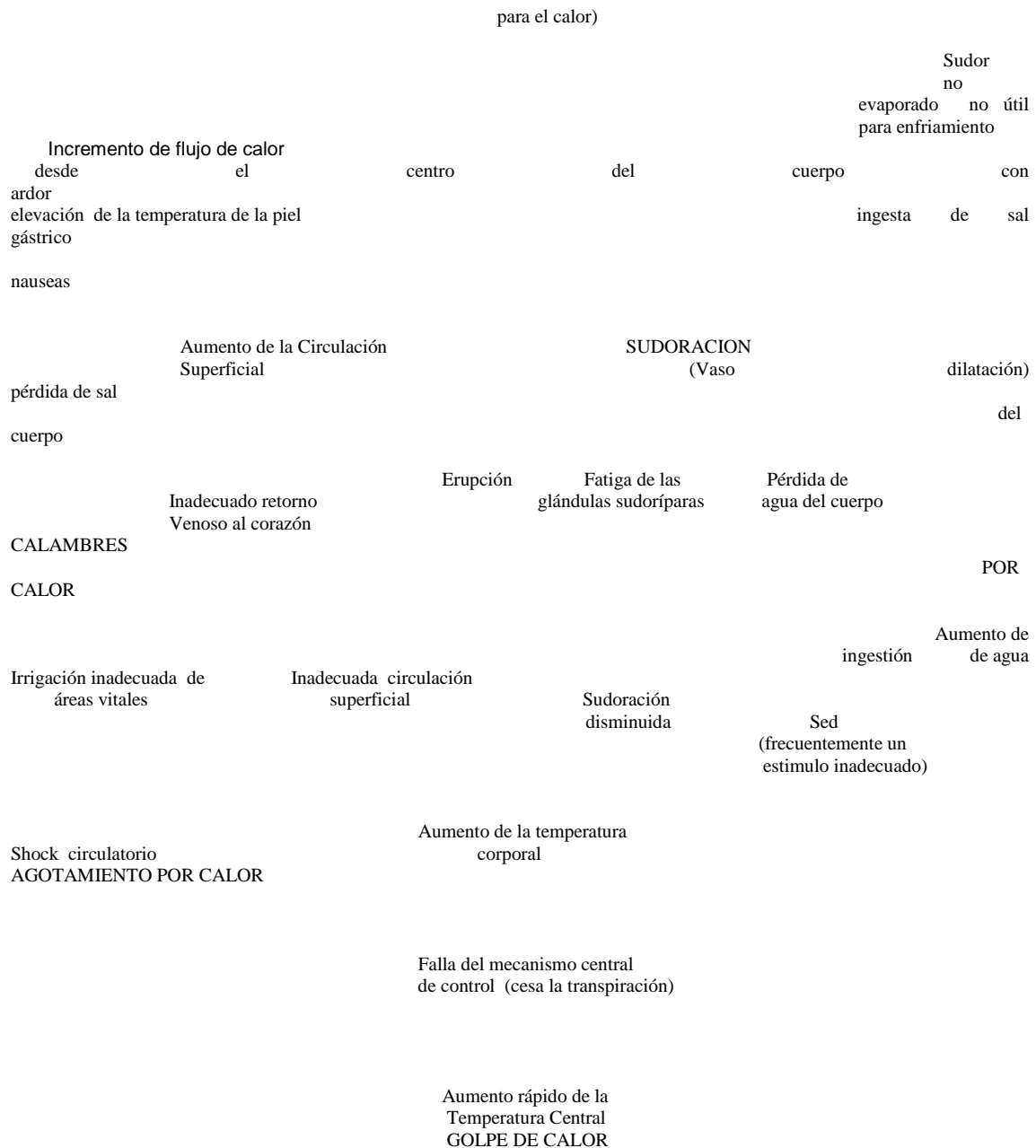
Figura 2. Respuesta del Cuerpo Humano al Aumento de Calor.

Pérdida mayor de calor
(o ganancia menor) por
RADIACION Y CONVECCION

Cuando la pérdida de calor por Radiación
y Convección son menores que la producción
de calor METABOLICO

Pérdida de calor por
EVAPORACIÓN

Aumenta la temperatura de la piel
(son activados los receptores nerviosos)



Un calentamiento excesivo del cuerpo puede conducir a un ataque por calor que puede ser fatal a menos que sea tratado en forma rápida y adecuada. Otras consecuencias del stress calórico incluye el agotamiento, calambres y un exantema conocido como fiebre miliar.

Stress calórico. El stress calórico es la suma de factores del ambiente y del trabajo físico que constituye la carga calórica total impuesta a un organismo. Los factores ambientales son la temperatura del aire, el intercambio del calor radiante, el movimiento del aire y la presión de vapor de agua. El trabajo físico contribuye al stress calórico total de la tarea al producirse calor metabólico en forma proporcional a la intensidad del trabajo. La cantidad y tipo de vestimenta también influyen sobre el stress calórico.

2.1.1 MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE CALOR.

Siempre que existan diferencias de temperaturas entre dos cuerpos (u objetos) o más puede transferirse calor. La transferencia de calor siempre se conducirá desde el cuerpo (u objeto) de mayor temperatura hacia el de temperatura más baja mediante uno o más mecanismos:

- **Convección:** Es la transferencia de calor de un lugar a otro por movimiento gaseoso o líquido. La convección natural es el resultado de diferencias de densidades causadas por diferencias de temperaturas. Como el aire caliente es menos denso que el frío, el primero asciende en relación con el aire más frío y viceversa;
- **Conducción:** Es la transferencia de calor desde un punto a otro dentro de un cuerpo, o de un cuerpo a otro cuando ambos están en contacto físico en un medio inmóvil, y;
- **Radiación:** Es el proceso por el cual la energía electromagnética (visible o infrarroja) es transmitida a través del espacio sin la presencia o movimiento de materia.

**TRANSMISIÓN DE CALOR POR
CONVECCIÓN**

**TRANSMISIÓN DE CALOR
POR CONDUCCIÓN**

F

FUENTE DE CALOR

TRANSMISIÓN DE CALOR POR RADIACIÓN

2.8 EVALUACIÓN DE LA CARGA DE CALOR AMBIENTAL.

Temperatura de Bulbo Seco (tbs): Es la temperatura del aire registrada en un sensor Térmico como un termómetro de vidrio con mercurio protegido de fuentes de energía radiante directa.

Temperatura de Bulbo Húmedo: (t_{bh}) La Temperatura sicrométrica de bulbo húmedo se registra mediante un termómetro cuyo bulbo está cubierto con un paño húmedo, protegido en forma efectiva de la radiación y expuesto a una corriente rápida de aire. Puede ser determinada empleando un sicrómetro de aspiración (aspirador) o sicrómetro hondo que se hace girar a mano para producir la velocidad de aire necesaria.

Temperatura Natural de Bulbo Húmedo: (t_{bh}) Se obtiene mediante un sensor humedecido con un paño húmedo sobre un termómetro de vidrio con mercurio expuesto al movimiento natural del aire y no-protegido de la radiación.

El bulbo del termómetro deberá cubrirse con un paño de algodón muy absorbente, hasta una altura en el vástago del termómetro no inferior a 2,5 centímetros por encima del bulbo y 2,5 centímetros del paño húmedo deberá estar expuesto al aire por encima de la parte superior del reservorio. El paño debe estar siempre humedecido hasta el borde superior con agua limpia destilada, que debe ser reemplazada cuando se ensucia.

Si el aire está saturado con vapor de agua, no se producirá enfriamiento y las temperaturas de bulbo seco y húmedo serán idénticas. Si el aire no está saturado, el enfriamiento (o depresión de bulbo húmedo) será proporcional a la velocidad de evaporación de agua para una velocidad constante de movimiento de aire.

Humedad del Aire: La humedad del aire es un concepto directamente relacionado con la cantidad de vapor de agua contenida en una determinada cantidad de aire. Su medida no está normalizada, y se utilizan varias magnitudes relacionadas con dicho contenido como medida de la humedad. La utilización de estas magnitudes en cada caso es función del aspecto particular de la humedad que interese en un problema. Algunas de estas magnitudes son:

Presión Parcial del Vapor (P_A): Presión que ejercería el vapor de agua si estuviese él sólo ocupando todo el volumen considerado. Se mide en

unidades de presión, y esta directamente relacionada con la presión total y el porcentaje, en volumen de vapor de agua en el aire según:

$$P_A = P_T \cdot \frac{\gamma}{100}$$

ecuación 2

Donde:

P_A = presión parcial de vapor de agua (mm de Hg.)

P_T = presión total (mm de Hg)

γ = porcentaje, en volumen, de vapor de agua en el aire

Humedad Absoluta (W): Masa de vapor de agua contenida en la unidad de masa de aire seco, en función de la presión parcial de vapor:

$$W = 0.622(P_A/700 - P_A)$$

ecuación 3

Donde:

W = humedad absoluta (Kg vapor/kg aire seco)

P_A = presión parcial (mm de Hg)

Humedad Relativa (Hr): Es la humedad absoluta expresada como a fracción o porcentaje de la humedad de saturación máxima a la temperatura de bulbo seco.

Las lecturas de los termómetros de bulbo seco y húmedo pueden emplearse en conjunto con una carta psicrométrica para determinar la humedad absoluta o relativa.

Temperatura de Globo (tg): En Higiene industrial se utiliza el termómetro de globo, que consiste en un termómetro corriente de bulbo, termo resistencia o termopar cuyo elemento sensible se sitúa en el centro de una esfera hueca metálica pintada exterior e interiormente de color negro mate.

El resultado de la lectura se conoce con el nombre de temperatura de globo. La temperatura radiante media está relacionada con la temperatura de globo, la temperatura del aire y la velocidad del aire. El calor radiante es una forma de energía electromagnética similar a la luz visible pero con una longitud de onda mayor. El color radiante proveniente de fuentes como metales calientes, llamas al descubierto y del sol que ejerce poco efecto calórico sobre el aire que atraviesa, pero su energía es absorbida totalmente por cualquier objeto que se interponga en su camino.

El intercambio calórico por radiación se producirá entre la superficie del cuerpo y todas las superficies que lo rodean que se encuentren a temperaturas diferentes. La intensidad de energía emitida por radiación por una superficie aumenta con la cuarta potencia de su temperatura absoluta.

Velocidad del Aire (v): La velocidad del aire en movimiento en el lugar

del trabajo contribuye sustancialmente al intercambio de calor del ser humano por evaporación y convección y puede ser medido por varios tipos de anemómetros. En general resulta difícil medir la velocidad del aire debido a que su movimiento no es estable ni unidireccional, por lo que se emplean dispositivos como termómetros o termocuplas calentadas o termistor que no son sensibles a la dirección del movimiento del aire. Como la velocidad del aire es generalmente variable, debe calcularse un promedio sobre el intervalo de tiempo medido.

2.9 INTERCAMBIO CALÓRICO NETO.

El Intercambio Calórico Neto entre una persona y su ambiente puede ser expresado por:

$$H = M \pm R \pm C \pm D - E$$

ecuación 4

Donde:

H = Calor Acumulado en el Cuerpo

M = Ganancia de calor Metabólico

R = Ganancia o pérdida de calor por Radiación o Infrarrojo

C = Ganancia o pérdida de calor por Convección

D = Ganancia o pérdida de calor por Conducción

E = Pérdida de calor por Evaporación

Deben considerarse todos los términos de esta ecuación.

2.9.1 CALOR ACUMULADO EN EL CUERPO (H): es el factor clave fundamental porque determina en forma directa el stress calórico potencial. En un caso ideal los términos de la derecha de la ecuación se ajustaran para mantener H cerca de cero.

$$H = M \pm R \pm C \pm D - E = 0$$

Si $H = 0$ no hay acumulación de calor en el cuerpo. Ambiente de trabajo confortable

Si $H > 0$ existe acumulación de calor en el cuerpo. Ambiente de trabajo caliente

Si $H < 0$ existe pérdida de calor corporal. Ambiente de trabajo frío.

2.9.2 GANANCIA DE CALOR METABÓLICO (M): la ganancia de calor metabólico está compuesta por el metabolismo basal o de reposo que proporciona la energía necesaria para mantener el funcionamiento del organismo y por el metabolismo de trabajo que provee la energía necesaria para que el cuerpo realice tareas específicas. El metabolismo sólo puede agregar calor al cuerpo por lo tanto M siempre es positivo.

Estimación del Metabolismo Energético M para varios tipos de actividades

Actividad	Índice Metabólico M				
	BTU/hr	Vatios (V)	Kcal/hr	Kcal/min	
Sueño	250	73	63	1,05	
Sentado tranquilo	400	117	100	1,75	
TRABAJO LIVIANO	Sentado, movimiento del brazo y tronco moderado(p. Ej. trabajo de escritorio)	450-550	130-160	113-140	1,8-2,3
	Sentado, movimiento de brazos y piernas moderado (p. Ej. Conducir un vehículo)	550-650	160-190	140-160	2,3-2,7
	Parado, trabajo liviano en una máquina o mesa principalmente con los brazos	550-650	160-190	140-160	2,3-2,7
	Sentado, movimiento fuerte de brazos y piernas.	650-800	190-235	165-200	2,8-3,3
TRABAJO MODERADO	Parado, trabajo liviano en máquina o mesa caminando alrededor.	650-750	190-220	165-190	2,8-3,2
	Parado, trabajo moderado en máquina o mesa caminando alrededor.	750-1000	220-290	190-250	3,2-4,2
	Caminando con movimientos para levantar y empujar.	1000-1400	290-410	250-350	4,2-5,8
TRABAJO PESADO	Levantar, empujar o atraer elementos pesados en forma intermitente (p. Ej. Trabajo de levantar y empujar).	1500-2000	440-590	380-500	6,3-8,3
	Trabajo muy pesado prolongado	2000-2400	590-700	500-600	8,3-10,8

1 BTU/hr = 0,252 Kcal/hr

2.9.3 GANANCIA O PERDIDA DE CALOR RADIACION (R): Es energía en forma de longitud de onda que se transforma en calor cuando choca con un objeto. Que el cuerpo humano emita o reciba energía radiante depende de la temperatura del cuerpo y de los objetos que lo rodean. Por lo tanto R puede ser negativo o positivo. Se determina mediante la siguiente expresión.

$$R = 22 (\text{trm} - 95) \quad [\text{BTU/hr}]$$

ecuación 5

Donde:

22 = Coeficiente de transmisión del calor por Radiación [BTU/hr °F]

trm = temperatura radiante media del ambiente [°F]

95 = temperatura superficial de la piel [°F]

La temperatura radiante media (trm) se obtiene de la siguiente expresión:

$$\text{Trm} = \text{trm} + 460 \quad [^{\circ}\text{R}]$$

ecuación 6

$$\text{Trm}^4 * 10^{-9} = \text{Tg}^4 * 10^{-9} + 0,103 \sqrt{v} (\text{tg} - \text{tbs})$$

ecuación 7

O bien:

$$T_{rm} = \sqrt[4]{\frac{T_g^4 * 10^{-9} + 0,103\sqrt{v}(t_g - t_{bs})}{10^{-9}}} \quad [^{\circ}R]$$

Donde:

v = velocidad del aire en [pie/min.]

T_{rm} = Temperatura Absoluta Radiante Media [°R]

T_g = Temperatura Absoluta de Globo (**tg +460**) [°R]

2.9.4 GANANCIA O PÉRDIDA DE CALOR POR CONVECCIÓN (C): Es la cantidad de energía calórica transferida entre la piel y el aire. La temperatura normal de la piel del cuerpo humano es de 35 °C ó 95 °F. Si la temperatura ambiente excede de la temperatura de la piel el cuerpo se calentará; las temperaturas del aire inferiores a la de la piel provocarán el enfriamiento del cuerpo. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$C = 2\sqrt{v} (t_{bs} - 95) \quad [BTU/hr]$$

ecuación 8

Donde:

2 = coeficiente de transmisión de calor por convección

v = velocidad del aire [pie/min]

t_{bs} = temperatura del aire [°F]

95 = temperatura de la piel [°F]

2.9.5 GANANCIA O PÉRDIDA DE CALOR POR CONDUCCIÓN (D): Es la energía calórica transferida entre partes del cuerpo y otros objetos con los que están en contacto directo. Normalmente su valor es insignificante, y puede ser despreciado (**D = 0**), excepto en casos especiales como cuando una persona está sumergida en un baño de hielo o agua.

2.9.6 PÉRDIDA DE CALOR POR EVAPORACIÓN (E): La evaporación de la transpiración reduce el calor del cuerpo y por lo tanto su valor es siempre negativo. Anteriormente se estableció que el calor acumulado en el cuerpo (H) en una situación ideal debe ser 0, **por lo tanto la cantidad de calor que se requiere (E_{req}) disipar por evaporación es:**

$$E_{req} = M \pm R \pm C \quad [BTU/hr]$$

ecuación 9

Rango Máximo de Pérdida de Calor (E_{máx}): Se define así la carga calórica que el hombre puede disipar mediante la transpiración (evaporación). Se expresa como:

$$E_{máx} = 10,3 * v^{0,4} * (42 - P_A) \quad [BTU/hr]$$

ecuación 10

Donde:

10,3 = Coeficiente de transmisión de calor por evaporación

v = velocidad del aire [pie/min]

42 = Presión parcial de vapor de agua de la transpiración de la piel

a 95 °F [mm de Hg]

P_A = Presión parcial de vapor de agua en el aire [mm de Hg]

La diferencia entre el Ereq y el Emáx indica el calor acumulado en el cuerpo, es decir H

Calculo de la presión parcial de vapor de agua:

$$P_A = \frac{(W + \Delta W) * (P_b + \Delta P_b)}{K + (W + \Delta W)} \quad \text{[mm Hg]} \quad \text{ecuación}$$

11

Donde:

W = Humedad absoluta del aire [gr/kg aire seco]

ΔW = Corrección de la humedad absoluta de acuerdo a la altitud y temperatura de bulbo húmero [gr/kg aire seco]

P_b = Presión Barométrica a nivel del mar = 760 [mm Hg]

ΔP_b = Corrección de la presión de acuerdo a la altitud [mm Hg]

K = Constante que relaciona el peso específico del vapor de agua con el del aire. K toma los siguientes valores de acuerdo a la temperatura de bulbo húmedo

Temperatura t _{bh}	K
Hasta 32 °C ó 89,6 °F	623
32 - 65 °C ó 89,6 - 149 °F	626
65 - 93 °C ó 149 - 199,4 °F	629

La tabla siguiente muestra los valores de corrección de presión ΔP_b para diferentes altitudes geográficas y los valores de corrección de la humedad absoluta ΔW para diferentes temperaturas y altitudes geográficas.

Correcciones aditivas para W y P_b a diferentes altitudes geográficas y temperaturas

H	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
ΔP_b	0	-44	-85,8	-125,7	-163,6	-199,7	-234	-266,6	-297,5	-326,8	-354,6
10	0,01	0,78	1,30	1,97	2,64	3,31	3,98	4,65	5,32	5,99	6,66
12	0,01	0,85	1,43	2,18	2,93	3,68	4,43	5,18	5,93	6,68	7,43
14	0,02	0,94	1,59	2,41	3,23	4,05	4,87	5,69	6,51	7,33	8,15
16	0,02	1,04	1,75	2,66	3,57	4,48	5,39	6,30	7,21	8,12	9,03
18	0,02	1,16	1,94	2,94	3,94	4,94	5,94	6,94	7,94	8,94	9,94
20	0,02	1,27	2,13	3,24	4,35	5,46	6,57	7,68	8,79	9,90	11,01
22	0,05	1,44	2,38	3,59	4,80	6,01	7,22	8,43	9,64	10,85	12,06
24	0,00	1,59	2,57	3,94	5,31	6,68	8,05	9,42	10,79	12,16	13,53
26	0,00	1,73	2,84	4,36	5,88	7,40	8,92	10,44	11,96	13,48	15,00
28	0,05	1,89	3,11	4,78	6,45	8,12	9,79	11,46	13,13	14,80	16,47
30	0,00	2,04	3,47	5,21	6,95	8,69	10,43	12,17	13,91	15,65	17,39
32	0,00	2,26	3,75	5,65	7,55	9,45	11,35	13,25	15,15	17,05	18,95
34	0,05	2,42	4,02	6,15	8,28	10,41	12,54	14,67	16,80	18,93	21,06
36	0,05	2,65	4,39	6,67	8,95	11,23	13,51	15,79	18,07	20,35	22,63
38	0,05	2,87	4,76	7,18	9,60	12,02	14,44	16,86	19,28	21,70	24,12
40	0,05	3,09	5,20	7,86	10,52	13,18	15,84	18,50	21,16	23,82	26,48
42	0,05	3,32	5,57	8,53	11,49	14,45	17,41	20,37	23,33	26,29	29,25

44	0.05	3.62	6.11	9.22	12.33	15.44	18.55	21.66	24.77	27.88	30.99
46	0.05	3.93	6.58	9.99	13.40	16.81	20.22	23.63	27.04	30.45	33.86
48	0.10	4.23	7.12	10.76	14.40	18.04	21.68	25.32	28.96	32.60	36.24
50	0.10	4.62	7.68	11.62	15.56	19.50	23.43	27.38	31.32	35.26	39.20

La altura h se encuentra en metros
 ΔP_b en mm de Hg
 ΔW en Gr/gr aire seco

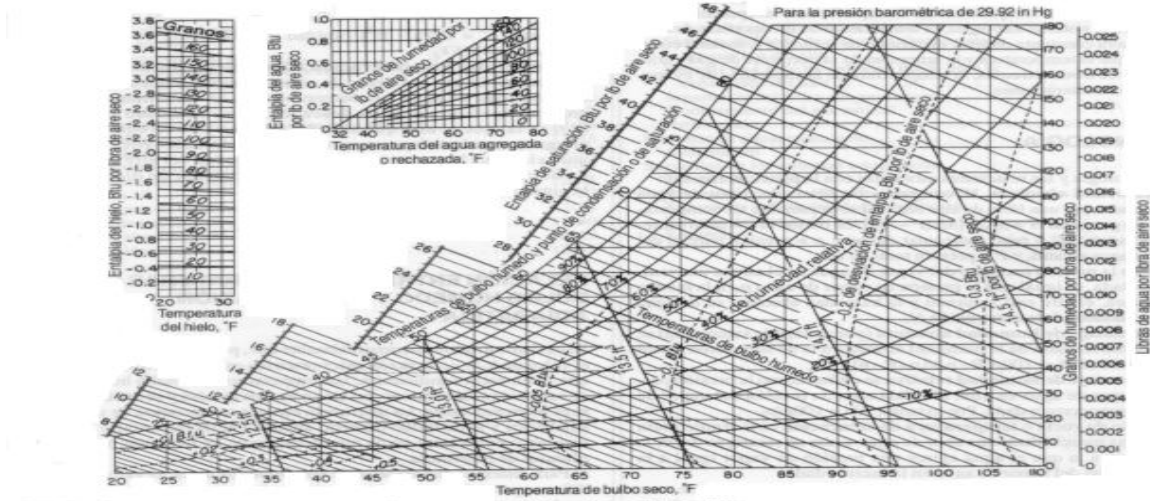


FIG. 12-2 Carta psicrométrica de temperaturas intermedias. Presión barométrica, 29.92 in de Hg.

Ejemplo de calculo:

En una fundición ubicada a 1300 m sobre el nivel del mar se obtuvieron las siguientes mediciones ambientales:

- tbs = 30 °C equivalente a 86 °F
- tbh = 18 °C equivalente a 64,4 °F
- tg = 50 °C equivalente a 122 °F
- v = 0,9 m/seg equivalente a 178,2 pie/seg

El trabajador en estudio realiza una actividad que le demanda un gasto energético de 260 Kcal/hr.

Se desea determinar si el trabajador está expuesto a calor.

Desarrollo:

Datos:

tbs	30 °C	86° F
tbh	18°C	64,4 °F
tg	50 °C	122 ° F
v	0.9 m7seg	178,2 pie /min.
h	1300 m	
M	260 kcal7hr	1031,75 BTU/hr

Se pide determinar si hay exposición al calor: (H)

$$H = E_{req} - E_{m\acute{a}x}$$

ecuación 9

$$E_{req} = M \pm R \pm C \quad [BTU/hr]$$

ecuación 10

$$E_{m\acute{a}x} = 10,3 v^{0,4} (42 - P_A) [BTU/hr]$$

Calculo de Ereq:

$$E_{req} = M \pm R \pm C$$

Calculo de R:

$$R = 22(trm - 95) \quad [BTU/hr]$$

ecuación 5

$$trm = T_{rm} - 460 \quad [^{\circ}F]$$

ecuación 6

$$T_{rm} = \sqrt[4]{\frac{T_g^4 * 10^{-9} + 0,103\sqrt{v}(t_g - t_{bs})}{10^{-9}}} \quad [^{\circ}R]$$

ecuación 7

Reemplazando datos en ecuación 6 tenemos:

$$T_g = 122 + 460 = 582 \text{ } ^{\circ}R$$

$$T_{rm} = \sqrt[4]{\frac{(582)^4 * 10^{-9} + 0,103\sqrt{178,2}(122 - 86)}{10^{-9}}}$$

$$T_{rm} = 636,59 \text{ } ^{\circ}R$$

$$trm = T_{rm} - 460 = 636,59 - 460 = 176,59 \text{ } ^{\circ}F$$

$$R = 22(176,59 - 95) = 1794,98 \text{ [BTU/hr]}$$

Calculo de C:

$$C = 2\sqrt{v}(t_{bs} - 95) \quad [BTU/hr] \quad \text{ecuación 8}$$

Reemplazando datos en ecuación 7 tenemos:

$$C = 2\sqrt{178,2}(86 - 95)$$

$$C = -240,28 \text{ [BTU/hr]}$$

Por lo tanto:

$$E_{req} = 1031,75 + 1794,98 - 240,28$$

$$E_{req} = 2586,45 \text{ [BTU/hr]}$$

Calculo de Emáx:

$$E_{máx} = 10,3 v^{0,4} (42 - P_A)$$

Calculo de P_A:

$$P_A = \frac{(W + \Delta W) * (Pb + \Delta Pb)}{K + (W + \Delta W)} \quad [\text{mm Hg}]$$

ecuación 11

Determinación de ΔW y ΔPb :

De la tabla de correcciones aditivas para W y Pb y con la temperatura de bulbo húmedo ($t_{bh} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$) y la altitud geográfica ($h = 1300 \text{ m}$) se determina ΔW y ΔPb de la siguiente manera:

H	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
ΔPb	0	-44	-85,8	-125,7	-163,6	-199,7	-234	-266,6	-297,5	-326,8	-354,6
10	0,01	0,78	1,30	1,97	2,64	3,31	3,98	4,65	5,32	5,99	6,66
12	0,01	0,85	1,43	2,18	2,93	3,68	4,43	5,18	5,93	6,68	7,43
14	0,02	0,94	1,59	2,41	3,23	4,05	4,87	5,69	6,51	7,33	8,15
16	0,02	1,04	1,75	2,66	3,57	4,48	5,39	6,30	7,21	8,12	9,03
18	0,02	1,16	1,94	2,94	3,94	4,94	5,94	6,94	7,94	8,94	9,94
20	0,02	1,27	2,13	3,24	4,35	5,46	6,57	7,68	8,79	9,90	11,01

Calculo de ΔPb :

De la tabla tenemos:

h	ΔPb
1.500	-125,7
1.300	X
1.000	-85,8

$$X = \frac{B - C}{A - C} * \frac{h - c}{b - c} + c \quad \text{ecuación 1}$$

$$X = \frac{1300 - 1000}{1500 - 1000} * [-125,7 - (-85,8)] + (-85,8)$$

$$\Delta Pb = -109.74 \text{ mm Hg}$$

Calculo de ΔW :

De la tabla tenemos:

h	ΔW
1.500	2,94
1.300	X
1.000	1,94

$$1300 \quad X$$

$$X = \frac{1300 - 1000}{1500 - 1000} * [2,94 - 1,94] + (1,94)$$

$$\Delta W = 2,54 \text{ gr/kg aire seco}$$

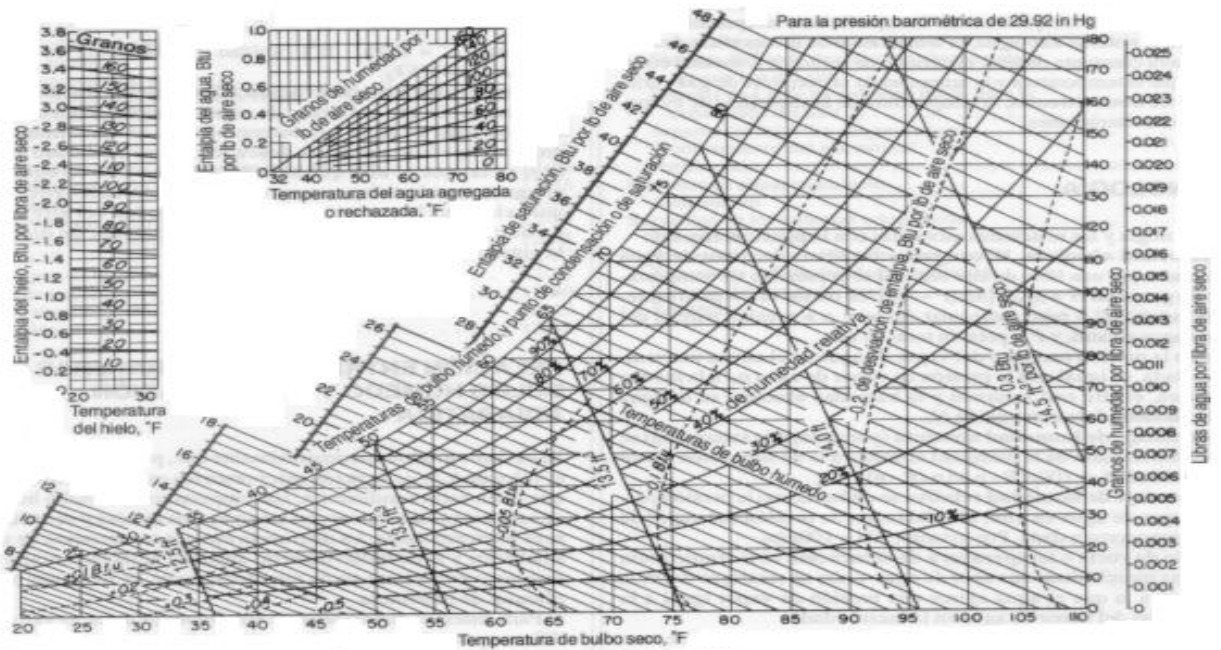


FIG. 12-2 Carta psicrométrica de temperaturas intermedias. Presión barométrica, 29.92 in de Hg.

Determinación de W, de la carta psicrometrica y con la temperatura de bulbo seco (tbs = 86 °F) y bulbo húmedo (tbh = 64,4 °F) se determina W; como muestra la figura:

$$W = 0,008 \text{ lbs/ lbs aire seco} = 0,008 \text{ gr/gr aire seco}$$

Pero W [gr/ kg aire seco]

$$W = 0,008 \frac{\text{gr}}{\text{kg}} * \frac{1000\text{gr}}{\text{kg}}$$

$$W = 8 \text{ gr/kg aire seco}$$

Constante K = 623 (ver tabla)

Resumiendo:

W	8 gr /Kg
ΔW	2,54 gr/kg
Pb	760 mm Hg
ΔPb	-109,74 mm Hg
K	623

Reemplazando valores en la ecuación 11 tenemos:

$$P_A = \frac{(8 + 2,54) * (760 - 109,74)}{623 + (8 + 2,54)}$$

$$P_A = 10,82 \text{ mm Hg}$$

Por lo tanto:

$$Em\acute{a}x = 10,3 * (178,2)^{0,4} (42 - 10,82)$$

$$Em\acute{a}x = 2553,15 \text{ [BTU/hr]}$$

Conocidos Ereq y Emáx se puede determinar si existe exposición al calor.

$$H = Ereq - Em\acute{a}x$$

$$H = 2586,45 - 2553,15$$

$$H = 33,3 \text{ [BTU/hr]}$$

Existe una acumulación de calor en el cuerpo, por lo tanto, hay exposición al calor.

La regulación de la temperatura del cuerpo es una función fisiológica importante y el ambiente (temperatura del aire, humedad, movimiento del aire e intercambio de energía radiante con el exterior) es lo que determina la posibilidad de lograrlo en forma fácil.

2.10 CONFORT TÉRMICO.

Un ambiente confortable, es el resultado del control simultaneo de temperatura, humedad y distribución del aire alrededor de quien lo ocupa. Este grupo de factores incluye la temperatura radiante media así como la temperatura del aire. El aire circula

Alrededor de la persona que ocupa el ambiente y de las superficies y también se produce un intercambio de calor radiante del ocupante con las superficies que lo rodean. Dentro de un espacio dado, el aire puede ser puesto en movimiento por acción térmica o mecánica. Para elegir las condiciones optimas para el confort es necesario conocer la energía gastada durante el transcurso de una actividad física de rutina ya que la producción de calor corporal se incrementa proporcionalmente con la intensidad del ejercicio.

El confort térmico es una función con muchas variables, incluyendo la estación del año, las temperaturas de bulbo seco y húmedo y las practicas y hábitos culturales. Para lograr un diseño y funcionamiento apropiado la calefacción y del acondicionamiento del aire es necesario describir detalladamente las zonas de confort.

2.11 ÍNDICES DE STRESS CALÓRICO

Las mediciones del ámbito de stress calórico varían desde las simples, como las lecturas del termómetro de bulbo húmedo o de termómetro de globo, hasta un análisis complejo donde deben integrarse de seis a diez variables para obtener un valor único. Ningún índice de stress calórico se correlaciona muy bien con el esfuerzo por calor (como temperatura del cuerpo, grado sudoración o ritmo cardiaco). Sin embargo, tres índices son los más empleados en este momento:

Temperatura Efectiva (T.E)
Índice de Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo (TGBH)
Índice de Stress Calórico de Belding-Hatch (ISC)

2.11.1 TEMPERATURA EFECTIVA (T.E): Es un índice sensorio (valor numérico) de los grados de calor que una persona desnuda hasta la cintura y ocupada en una actividad liviana, experimenta cuando se la expone a diferentes combinaciones de temperaturas, humedad y movimiento del aire

En este índice se hace intervenir la temperatura de bulbo seco, la temperatura de bulbo húmedo y la velocidad del aire.

Se llama temperatura efectiva de una atmósfera determinada a la señala un termómetro de bulbo seco inmerso en un ambiente equivalente, esto es que produzca la misma sensación de frío o calor, y que cumpla las condiciones de tener el aire en reposo, saturado de humedad y de temperatura igual a las de las paredes y suelo.

Si las paredes y suelo del ambiente considerado están a una temperatura distinta, por encima o por debajo del aire, a la temperatura de bulbo seco del ambiente equivalente, se le llama entonces **temperatura resultante**.

Es también importante este concepto porque en investigaciones realizadas se ha sacado la conclusión de que las diferentes funciones fisiológicas del cuerpo humano son las mismas bajo una misma temperatura, efectiva o resultante

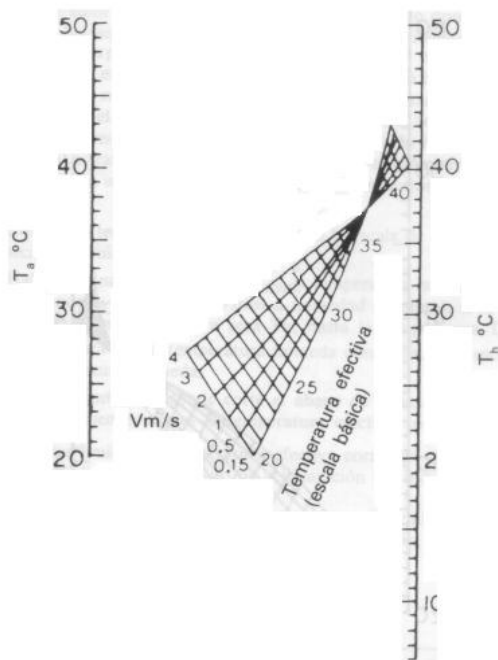
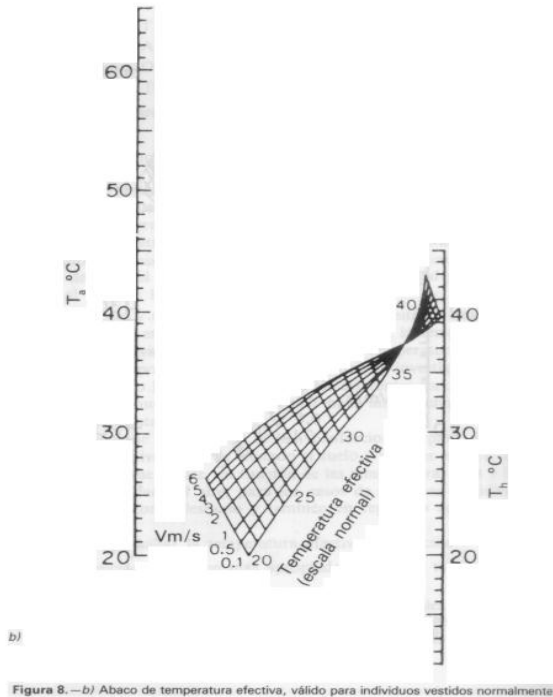


Figura 8. —a) Abaco de temperatura efectiva, válido para individuos con el torso desnudo (según KERSLAKE, 1972).

Los gráficos de las figuras siguientes se han confeccionados para determinar temperaturas efectivas, esto es, cuando el suelo y paredes están a la misma temperatura que el aire, en función de las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo y de la velocidad del aire para los casos de personas vestidas y en reposo y con el torso desnudo y también en reposo o aplicada un trabajo ligero.



La forma de hallar la temperatura efectiva, es sencilla:

1. Se selecciona el ábaco mas apropiado al tipo de trabajo y vestimenta.
2. Se unen los puntos de las escalas verticales laterales, donde se representan las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo, y donde corte la línea correspondiente a la velocidad del aire, ahí se representa la temperatura efectiva.

2.11.2 ÍNDICE DE TEMPERATURA EFECTIVA CORREGIDA (TEC): Dado que el índice de la temperatura efectiva no hace intervenir el intercambio de calor por radiación, resulta sólo apropiado donde las temperaturas de las superficies de los cuerpos del medio ambiente, son similares a la del cuerpo humano. Estas situaciones se dan normalmente en lugares donde no existen focos radiantes elevados, como hornos, estufas, etc y por tanto su aplicación queda limitada bajo estas condiciones.

Para ampliar el ámbito de aplicación de este índice, se introdujo una serie de correcciones, con objeto de hacer intervenir la temperatura radiante media a través de la lectura de un termómetro de globo (tg).

Cuando exista una tasa alta de radiación, las correcciones que pueden efectuarse son:

1. Colocar la temperatura de globo tg en la escala de la temperatura de bulbo seco tbs (sustituir tg por tbs)
2. Hallar en una carta psicrometrica. La temperatura de bulbo húmedo que correspondería al aire (con la misma humedad absoluta), si se calentase desde la temperatura de bulbo seco hasta la temperatura de globo.
3. Colocar esta nueva temperatura de bulbo húmedo corregida en la escala de la temperatura de bulbo húmedo.
4. Unir los puntos, y donde corte el ábaco de la velocidad del aire correspondiente, esa es la temperatura efectiva corregida.

2.11.3 ÍNDICE DE TEMPERATURA DE GLOBO DE BULBO HÚMEDO (TGBH): Se emplea por la facilidad de determinación. Para el índice de TGBH es necesario la temperatura de bulbo húmedo (tbh), la temperatura de globo (tg) y la temperatura del aire de bulbo seco (tbs).

El Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, establece:

“Para efectos del reglamento, se entenderá por carga calórica ambiental el efecto de cualquier combinación de temperatura, humedad y velocidad del aire y calor radiante, que determine el Índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo (TGBH)”

“La carga Calórica Ambiental a que los trabajadores podrán exponerse en forma repetida, sin causar efectos adversos a su salud, será la que se indica en la tabla de Valores de Limites Permisibles (VLP) del índice TGBH, los que se aplicarán a trabajadores aclimatados, completamente vestidos y con provisión adecuada de agua y sal con el objeto de que su temperatura corporal profunda no exceda los 38 °C”

El Índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo se determinará considerando las siguientes situaciones:

- a. **Al aire libre con carga solar:**

$$\text{TGBH} = 0,7 \text{ TBH} + 0,2 \text{ TG} + 0,1 \text{ TBS} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad \text{ecuación 12}$$

- b. **Al aire libre sin carga solar, o bajo techo:**

$$\text{TGBH} = 0,7 \text{ TBH} + 0,3 \text{ TG} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad \text{ecuación 13}$$

Correspondiendo:

TBH = Temperatura de bulbo húmedo natural en °C

TG = Temperatura de globo en °C

TBS = Temperatura de bulbo seco en °C

Las temperaturas obtenidas se considerarán una vez alcanzada una lectura estable en termómetro de globo (entre 20 a 30 minutos).

El valor límite permisible para stress calórico combina tres parámetros básicos: las demandas metabólicas de la tarea; un índice de la severidad del ambiente (TGBH); y el porcentaje del tiempo que puede permitirse a una persona para que realice ese trabajo. La filosofía que se aplica en el VLP es que el stress ambiental no debe producir un aumento de la temperatura central del cuerpo que supere a la que provoca el trabajo por sí mismo.

VALORES LIMITES PERMISIBLES DEL INDICE TGBH EN °C			
Tipo de Trabajo	Carga de Trabajo según costo Energético (M)		
	Liviana inferior a 375 Kcal/hr	Moderada 375 a 450 Kcal/hr	Pesada Superior a 450 Kcal/hr
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

La exposición ocupacional a calor debe calcularse como exposición ponderada en el tiempo según la siguiente ecuación:

$$TGBH_{(prom)} = \frac{(TGBH)_1 \cdot t_1 + (TGBH)_2 \cdot t_2 + \dots + (TGBH)_n \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} \quad [^{\circ}C]$$

ecuación 14

En las que (TGBH)₁, (TGBH)₂ y (TGBH)_n son los diferentes TGBH encontrados en las distintas áreas de trabajo y descanso en las que el trabajador permaneció durante la jornada laboral y, t₁, t₂.....y t_n son los tiempos en horas de permanecía en las respectivas áreas.

Para determinar la carga de trabajo se deberá calcular el costo energético ponderado en el tiempo, considerando la tabla de Costo Energético según tipo de trabajo de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$M_{(prom)} = \frac{M_1 \cdot t_1 + M_2 \cdot t_2 + \dots + M_n \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} \quad [Kcal/hr] \quad \text{ecuación 15}$$

M₁, M₂, y M_n el costo energético para las diversas actividades y periodos de descanso del trabajador durante los períodos de tiempo t₁, t₂.....y t_n (en horas).

El instrumental para determinar el índice TGBH siempre debe ubicarse de tal manera que las lecturas obtenidas sean realmente representativas de las

condiciones ambientales a las que el trabajador está expuesto.

Los elementos sensores deben estar por lo menos a la altura media del trabajador y debe dársele mucha importancia a la ubicación de las fuentes de radiación y la dirección de los movimientos del aire. Después de instalar los instrumentos se debe dejar que transcurra un tiempo suficiente para permitir la estabilización (equilibrio) antes de obtener las lecturas.

2.11.4 ÍNDICE DE STRESS CALÓRICO DE BELDING-HATCH (ISC): este índice no tiene correlación con el esfuerzo por calor, pero de su determinación se obtiene mucha información sobre el ambiente que si se emplea el TGBH. Puede esperarse que el uso del ISC de más y mejores indicaciones sobre la eficacia potencial de posibles medidas de control que el empleo del TGBH.

Para calcular el ISC es necesario contar para cada lugar de trabajo, con medidas de la temperatura del aire (tbs), temperatura de bulbo húmedo sicrométrico (tbh), temperatura de globo (tg) y velocidad del aire (V), así como una estimación del grado de energía gastada (M) de los trabajadores en ese lugar. Una vez que han sido tomadas todas las medidas se calcula el intercambio calórico entre el trabajador y su ambiente por convección (C) y radiación (R) y se emplean con M para estimar la cantidad de sudoración necesaria para establecer el equilibrio (Ereq).

Entre otras suposiciones en el ISC se asume que la temperatura de la piel se mantiene constante a 35 °C (95 °F). Esta puede ser una de las suposiciones que causa los mayores errores y por esta razón en muchas condiciones laborales calientes se producirá una sobreestimación del stress. Sin embargo, el cálculo de R, C, Ereq y Emáx y la estimación de M permitirán conocer la contribución relativa de cada uno de ellos, y por lo tanto, pueden sugerir los medios posibles para solucionar el problema.

Es posible predecir el efecto que tendrán las distintas soluciones contempladas (ejemplo: aumento de la velocidad del aire, instalación de pantallas reflectoras entre el trabajador y la superficie caliente) sobre cada una de las velocidades de intercambio y sobre el ISC. Por lo tanto el efecto relativo de cada cambio potencial puede conocerse antes de su aplicación. Esto no puede hacerse con el TGBH.

Índice de Exposición al Calor: Es una relación entre la cantidad de calor que el individuo requiere disipar (Ereq) para mantener su balance calórico y la máxima que puede disipar (Emáx) en las condiciones ambientales dadas.

$$IE = \frac{Ereq}{Emáx} \cdot 100 \quad [%]$$

ecuación 16

Índice de Stress Calórico ISC: Está relacionado con el índice de exposición IE mediante la siguiente relación:

$$ISC = IE - 100$$

ecuación 17

Los valores del ISC pueden variar desde 100 a -70 , dependiendo si la exposición ambiental es de calor o de frío

Significación de los valores del Índice ISC

Valor del ISC	Implicaciones Higiénicas y Fisiológicas de la exposición diaria durante 8 horas
-70	Stress de frío severo. Debe esperarse una reducción en el rendimiento del trabajo físico. Es deseable la selección médica del personal. Condiciones inadecuadas cuando el esfuerzo mental exigido por el trabajo es apreciable. Se precisa ropa adicional especial.
-60	
-50	Stress de frío moderado. Si el trabajo es de tipo ligero, exige funciones intelectuales, destreza o especial atención, puede esperarse una pequeña reducción en el rendimiento o calidad del trabajo, no así en trabajos moderados o pesados. Se precisa ropa adicional
-40	
-30	Suave stress de frío. Es condición frecuente en áreas donde los hombres se recuperan de la exposición al calor.
-20	
-10	
0	Situación neutra. Ausencia de stress
+10	Stress térmico suave a moderado. Si el trabajo exige funciones intelectuales, destreza o especial atención puede esperarse una reducción entre moderada y sustancial en la calidad o rendimiento del trabajo. En trabajos físicamente pesados puede esperarse un ligero descenso del rendimiento respecto a condiciones térmicamente neutras.
+20	
+30	Stress térmico muy severo. Solamente un pequeño porcentaje de la población está cualificado para estos trabajos. Son necesarios períodos de descansos para hombres no aclimatados previamente. Debe esperarse una reducción al rendimiento del trabajo físico. Es deseable la selección médica del personal eliminando para estos trabajos a aquellos que tengan problemas cardiovasculares, respiratorios o dermatitis crónicas. Condiciones inadecuadas cuando el esfuerzo mental exigido por el trabajo es apreciable.
+40	
+50	
+60	
+70	Stress térmico muy severo. Solamente un pequeño porcentaje de la población está cualificado para estos trabajos. El personal será seleccionado previo reconocimiento médico por ensayos realizados en las condiciones de trabajo después de la aclimatación. Son necesarias medidas especiales de suministro de agua y sal. Debe reducirse la dureza del trabajo físico.
+80	
+90	
+100	Es el máximo stress tolerable diariamente por hombres jóvenes físicamente adecuados y previamente aclimatados.

Tiempo de Exposición al calor: el tiempo de exposición está basado en el hecho que el hombre puede tolerar una elevación de 2 °F en su temperatura, y su temperatura subirá 2 °F por cada 250 BTU ganados.

$$Te = \frac{250}{E_{req} - E_{máx}} \quad [Hrs]$$

ecuación 18

Ejemplo de calculo:

En una fundición ubicada a 3100 m sobre el nivel del mar se obtuvieron las siguientes mediciones ambientales

- tbs = 30 °C equivalente a 86 °F
- tbh = 25 °C equivalentes a 77 °F
- tg = 38 °C equivalentes a 100.4 °F
- v = 1,5 m/seg equivalente a 297 pie/min

El trabajador en estudio realiza una actividad que le demanda un gasto energético de 320 Kcal/hr.

Se pide determinar los índices de stress calórico por los métodos de la Temperatura Efectiva, TGBH y el ISC.

Desarrollo

Datos

tbs	30 °C	86 °F
tbh	25 °C	77 °F
tg	38 °C	100,4 °F
v	1,5 m/seg	297 pie/min
h	3100 m	
M	320 kcal/hr	1269,84 BTU/hr

a. Índice de Stress Calórico de Temperatura Efectiva TE

La forma de hallar la temperatura efectiva es:

1. se selecciona el Ábaco más apropiado al tipo de trabajo y vestimenta (en nuestro caso elegiremos el Ábaco para trabajadores normalmente vestidos).
2. se unen los puntos de las escalas verticales laterales, donde se representan las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo, y donde corte la línea correspondiente a la velocidad del aire, ahí se representa la temperatura efectiva. (ver ilustración Ábaco 1)

Respuesta:

Del Ábaco 1 se obtiene que la Temperatura efectiva TE es igual a 27,5 °C

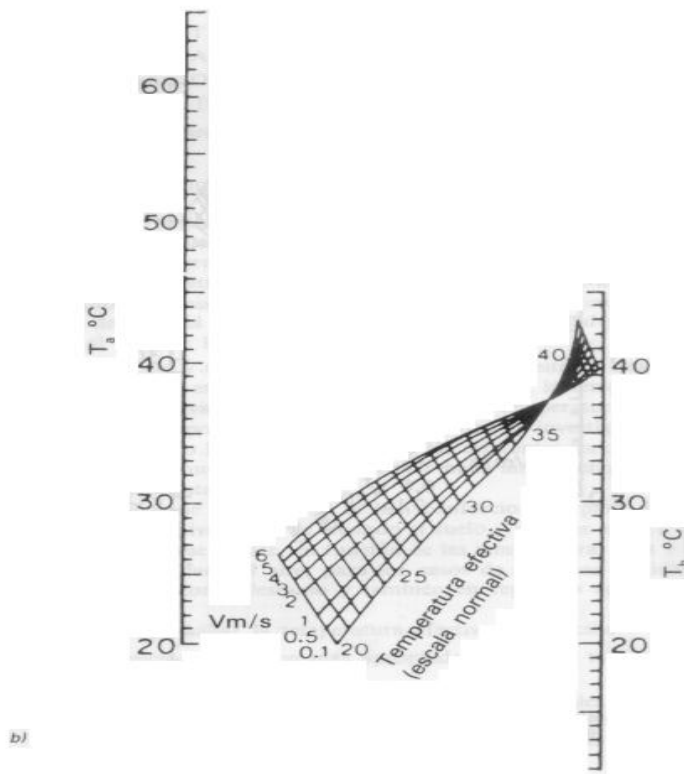


Figura 8.—b) Abaco de temperatura efectiva, válido para individuos vestidos normalmente.

b. Índice de Temperatura Efectiva Corregida TEC

Cuando exista una tasa alta de radiación, las correcciones que pueden efectuarse son:

1. Colocar la temperatura de globo t_g en la escala de la temperatura de bulbo seco t_{bs} (sustituir t_g por t_{bs})
2. Hallar en una carta psicrométrica. La temperatura de bulbo húmedo que correspondería al aire (con la misma humedad absoluta), si se calentase desde la temperatura de bulbo seco hasta la temperatura de globo.
3. Colocar esta nueva temperatura de bulbo húmedo corregida en la escala de la temperatura de bulbo húmedo.
4. Unir los puntos, y donde corte el ábaco de la velocidad del aire correspondiente, esa es la temperatura efectiva corregida.

Desarrollo:

- a) De carta psicrométrica, la temperatura de bulbo húmedo que correspondería al aire si se calentara desde la temperatura de bulbo seco hasta la temperatura de globo es de $81\text{ }^{\circ}\text{F} = 27,22\text{ }^{\circ}\text{C}$

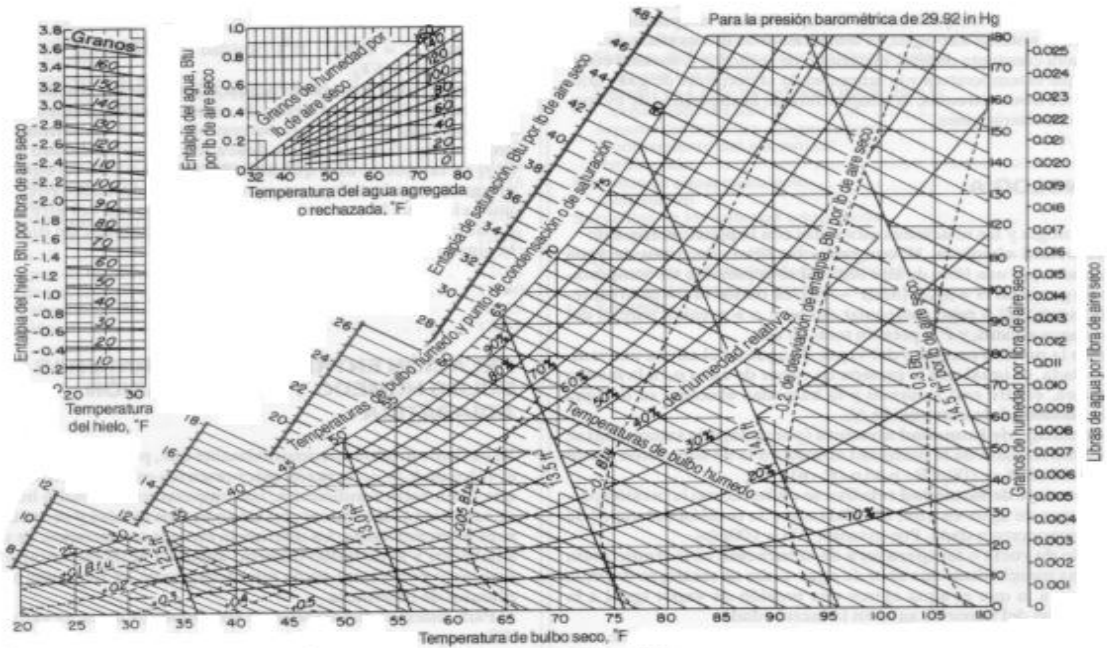
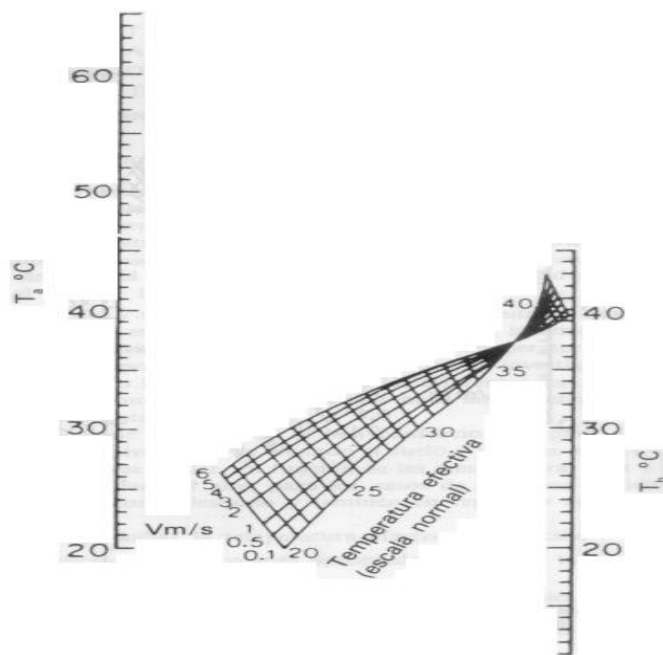


FIG. 12-2 Carta psicrométrica de temperaturas intermedias. Presión barométrica, 29.92 in de Hg.

b)



b)

Figura 8. — b) Abaco de temperatura efectiva, válido para individuos vestidos normalmente.

b) En el Ábaco 2 sustituimos la temperatura de bulbo seco por la de globo y usamos la nueva temperatura de bulbo húmedo ($t_g = 38^\circ\text{C}$; $t_{bh} = 27,2^\circ\text{C}$)

Respuesta: Del Ábaco 2 se obtiene que la Temperatura Efectiva Corregida TEC es igual a $31,2^\circ\text{C}$

c. Índice de TGBH:

1. Con carga solar:

$$\text{TGBH} = 0,7 \text{TBH} + 0,2 \text{TG} + 0,1 \text{TBS} \quad [^\circ\text{C}]$$

2. Sin carga solar:

$$TGBH = 0,7 TBH + 0,3 TG \quad [^{\circ}C]$$

Reemplazando valores en cada una de las ecuaciones tenemos:

1. Con carga solar:

$$TGBH = 0,7 * 25 + 0,2 * 38 + 0,1 * 30 = 28,1 \text{ } ^{\circ}C$$

2. Sin carga solar:

$$TGBH = 0,7 * 25 + 0,3 * 38 = 28,9 \text{ } ^{\circ}C$$

El valor de M es de 320 Kcal/hr.

Con el valor de M y del TGBH se ingresa a la tabla de Valores Limites Permisibles (VLP) para determinar el tiempo de exposición.

VALORES LIMITES PERMISIBLES DEL INDICE TGBH EN $^{\circ}C$			
Tipo de Trabajo	Carga de Trabajo según costo Energético (M)		
	Liviana inferior a 375 kcal/hr	Moderada 375 a 450 kcal/hr	Pesada Superior a 450 kcal/hr
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

En la segunda columna de la tabla $M < 375$ Kcal/hr y los valores de TGBH tenemos:

1. Con carga solar TGBH = 28,1 $^{\circ}C$ es menor que 30,0 la exposición es continua.
2. Sin carga solar TGBH = 28,9 $^{\circ}C$ es menor que 30,0 la exposición es continua.

d Índice de Stress Calórico ISC de Belding-Hatch:

$$\text{ecuación 17} \quad ISC = IE - 100$$

$$\text{ecuación 16} \quad IE = \frac{E_{req}}{E_{max}} \cdot 100$$

$$E_{req} = M \pm R \pm C \quad [BTU/hr]$$

ecuación 9

$$10 \quad E_{\text{máx}} = 10,3 v^{0,4} (42 - P_A) \quad [\text{BTU/hr}] \quad \text{ecuación}$$

Calculo de Ereq:

$$\text{ecuación 5} \quad R = 22 (t_{\text{rm}} - 95) \quad [\text{BTU/hr}]$$

$$\text{ecuación 6} \quad t_{\text{rm}} = T_{\text{rm}} - 460 \quad [^{\circ}\text{F}]$$

$$\text{ecuación 7} \quad T_{\text{rm}} = \sqrt[4]{\frac{T_g^4 * 10^{-9} + 0,103 \sqrt{v} (t_g - t_{\text{bs}})}{10^{-9}}} \quad [^{\circ}\text{R}]$$

Reemplazando valores tenemos:

$$T_g = 460 + t_g = 460 + 100,4 = 560,4 \text{ } ^{\circ}\text{R}$$

$$T_{\text{rm}} = \sqrt[4]{\frac{560^4 \cdot 10^{-9} + 0,103 \sqrt{297} (100,4 - 86)}{10^{-9}}} = 593,29 \text{ } ^{\circ}\text{R}$$

$$t_{\text{rm}} = 593,29 - 460 = 133,29 \text{ } ^{\circ}\text{F}$$

$$R = 22(133,29 - 95) = 842,38 \text{ } [\text{BTU/hr}]$$

$$8 \quad C = 2 \sqrt{v} (t_{\text{bs}} - 95) \quad [\text{BTU/hr}] \quad \text{ecuación}$$

$$C = 2 \sqrt{297} (86 - 95) = -310,21 \text{ } [\text{BTU/hr}]$$

Reemplazando los valores de M, R y C en la ecuación del Ereq tenemos:

$$E_{\text{req}} = 1269,84 + 842,38 - 310,21 = 1802,01$$

$$E_{\text{req}} = 1802,01 \text{ } [\text{BTU/hr}]$$

Calculo de E_{máx}.

$$10 \quad E_{\text{máx}} = 10,3 v^{0,4} (42 - P_A) \quad [\text{BTU/hr}] \quad \text{ecuación}$$

11

$$P_A = \frac{(W + \Delta W) \bullet (Pb + \Delta Pb)}{K + (W + \Delta W)} \quad [\text{mm Hg}] \quad \text{ecuación}$$

Determinación de ΔW y ΔPb :

De la tabla de correcciones aditivas para W y Pb y con la temperatura de bulbo húmedo ($t_{bh} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$) y la altitud geográfica ($h = 3100 \text{ m}$) se determina ΔW y ΔPb de la siguiente manera:

	H	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
	ΔPb	0	-44	-85,8	-125,7	-163,6	-199,7	-234	-266,6	-297,5	-	-354,6
											326,8	
10	0,01	0,78	1,30	1,97	2,64	3,31	3,98	4,65	5,32	5,99	6,66	
12	0,01	0,85	1,43	2,18	2,93	3,68	4,43	5,18	5,93	6,68	7,43	
14	0,02	0,94	1,59	2,41	3,23	4,05	4,87	5,69	6,51	7,33	8,15	
16	0,02	1,04	1,75	2,66	3,57	4,48	5,39	6,30	7,21	8,12	9,03	
18	0,02	1,16	1,94	2,94	3,94	4,94	5,94	6,94	7,94	8,94	9,94	
20	0,02	1,27	2,13	3,24	4,35	5,46	6,57	7,68	8,79	9,90	11,01	
22	0,05	1,44	2,38	3,59	4,80	6,01	7,22	8,43	9,64	10,85	12,06	
24	0,00	1,59	2,57	3,94	5,31	6,68	8,05	9,42	10,79	12,16	13,53	
26	0,00	1,73	2,84	4,36	5,88	7,40	8,92	10,44	11,96	13,48	15,00	
28	0,05	1,89	3,11	4,78	6,45	8,12	9,79	11,46	13,13	14,80	16,47	

Calculo de ΔPb :

De la tabla tenemos:

$$\Delta Pb = -240,52 \text{ mm Hg}$$

Calculo de ΔW :

De las tablas tenemos:

Para $t = 24 \text{ }^\circ\text{C}$

Para $t = 26 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\Delta W_2 = 9,224$$

Por lo tanto para $h = 3100 \text{ m}$ tenemos:

$$\Delta W = 8,77 \text{ gr/kg aire seco}$$

Determinación de W , de la carta psicrométrica con la temperatura de bulbo seco ($t_{bs} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$) y bulbo húmedo ($t_{bh} = 77 \text{ }^\circ\text{F}$) se determina W como se muestra en la carta.

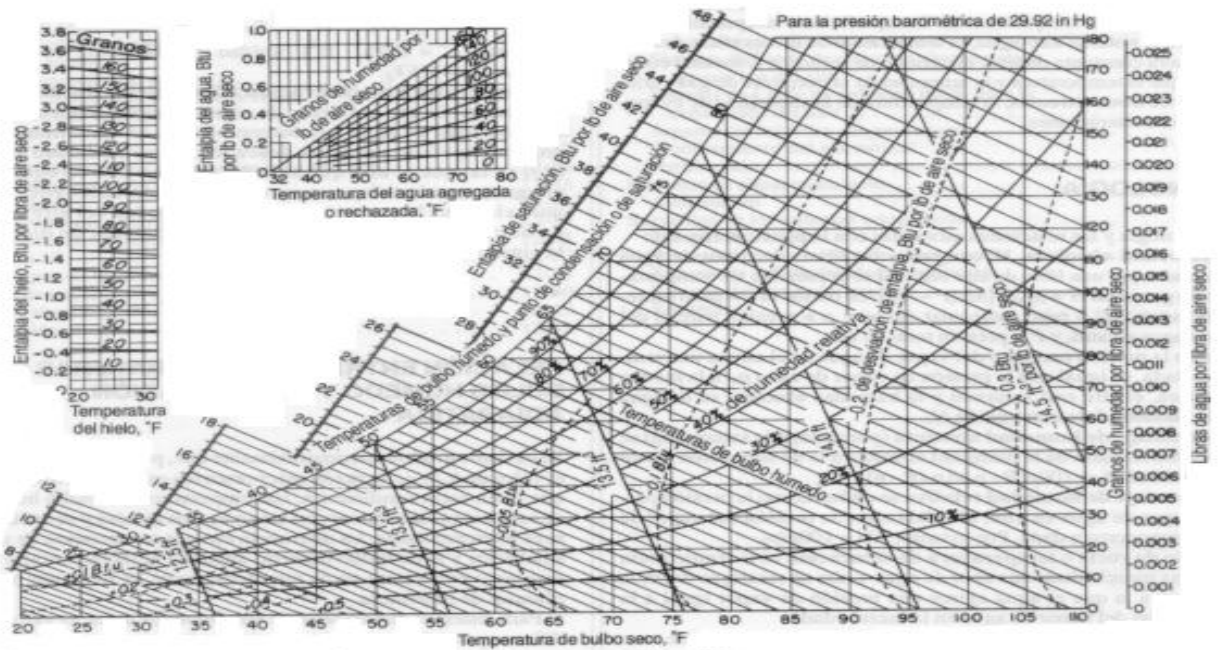


FIG. 12-2 Carta psicrométrica de temperaturas intermedias. Presión barométrica, 29.92 in de Hg.

$$W = 0,018 \text{ lbs/lbs aire seco} = 0,018 \text{ gr/gr aire seco}$$

Pero W [gr/kg aire seco]

$$W = 0,018 \frac{\text{gr}}{\text{gr}} \cdot \frac{1000\text{gr}}{\text{kg}}$$

$$W = 18 \text{ gr/ kg de aire seco}$$

Constante $K = 623$ (ver tabla)

Resumiendo:

W	18 gr/kg
ΔW	8,77 gr/kg
Pb	760 mm Hg
ΔPb	-240,52 mm Hg
K	623

Reemplazando valores en la ecuación 11 tenemos:

$$P_A = \frac{18 + 8,77 \cdot \sqrt{760 - 240,52}}{623 + 18 + 8,77}$$

$$P_A = 21,40 \text{ mm Hg}$$

Por lo tanto

$$Emáx = 10,3 * (297)^{0,4 * (42 - 21,40)}$$

$$E_{\text{máx}} = 2069,22 \text{ [BTU/hr]}$$

Reemplazando valores de E_{req} y $E_{\text{máx}}$ en ecuación 16 tenemos:

$$IE = \frac{1802,01}{2069,22} \cdot 100$$

$$IE = 87,09$$

Reemplazando valores de IE en ecuación 17 tenemos:

$$ISC = 87,09 - 100$$

$$ISC = -12,91$$

De acuerdo a la tabla de significación de los valores del Índice ISC

-30	Suave stress de frío. Es condición frecuente en áreas donde los hombres se recuperan de la exposición al calor.
-20	
-10	

2.12 MEDIDAS DE CONTROL.

El control del esfuerzo por calor se logra mediante el control del stress calórico en áreas frecuentadas por los trabajadores o modificando la interfase entre ellos y el ambiente. El stress calórico se controla en general por métodos de ingeniería, medidas administrativas laborales o por el uso de equipo de protección personal.

2.12.1 MÉTODOS DE INGENIERÍA: Son procedimientos que pueden ser usados para reducir el stress de un ambiente caliente e incluyen:

- 1 Protección contra las fuentes exteriores de calor
- 2 Protección contra las fuentes interiores de calor
- 3 Tratamiento del medio de propagación

Protección contra las fuentes exteriores de calor: La naturaleza de las cargas será esencialmente radiante, particularmente debido a la radiación solar.

La protección se hará tratando de reducir la transmisión de calor a través de paredes y techos, pudiendo diferenciarse las partes transparentes y las partes opacas.

Los procedimientos a seguir serían:

- 1 **Protección de las partes opacas.** Para reducir la transmisión por muros y terrazas habrá que tener en cuenta la orientación, el color, el tipo de construcción, etc. La reducción se conseguirá con :

- 2 **Aumento del coeficiente de las paredes** (cal viva, hoja de cobre, pintura plástica, pintura de aluminio, etc.)
 - 3 **Aumento del coeficiente de cambio exterior de calor de la pared** (por ejemplo, riego de las superficies).
 - 4 **Aumento de la resistencia térmica de las paredes** (uso de ciertos materiales, dobles techos etc.) (figuras 1 y 2)
- 1 **Protección de las partes transparentes.** El cálculo de la radiación solar se hará teniendo en cuenta, entre otros datos, el tipo de vidrio, la superficie de transmisión, la orientación, la protección solar, la producción de sombras, obteniéndose la resolución mediante:
 - 2 **Aumento del coeficiente de reflexión de los cristales** (por ejemplo instalación de cristales dobles separados por hojas metálicas).
 - 3 **Disminución del flujo de calor incidente** (por ejemplo, variando la orientación de las ventanas, instalando pantallas horizontales, colocando toldos o persianas creando sombras.
 - 4 **Absorción del flujo incidente en los cristales** (empleo de colores como azul o verde).

Protección contra las fuentes interiores de calor: Las principales fuentes interiores de calor, estarán en el propio proceso de fabricación (aunque no todas), y la naturaleza de las cargas será fundamentalmente radiante y convectiva.

Algunos métodos para la protección de estas fuentes son comunes y eliminan radiación y convección, si bien puede considerarse que actúan principalmente sobre una de ellas y para combatir la radiación directa habrá que utilizar medidas muy concretas. Los procedimientos a seguir serán:

- 1 **Protección contra las fuentes de calor radiante.** Este tipo de protección se conseguirá mediante:
 - 2 **Apantallamiento:** con el apantallamiento se protege directamente a las personas, impidiendo, por la interposición de barreras, el camino de propagación de la radiación, en la dirección de los operarios. Los siguientes tipos de barreras son generalmente usados:
 - 1 **Barreras de material reflectivo:** Hay tres tipos de barreras reflectoras:
 - 2 Aluminio, Acero inoxidable o láminas con superficies altamente pulidas. Sobre un 95 % del calor radiante es reflejado
 - 3 Hoja delgada de Aluminio ordinario respaldada por material aislante. Sobre 95 % del calor radiante es reflejado
 - 4 Pintura de aluminio sobre 65 % del calor radiante

es reflejado

- 5 **Barreras de Absorción:** Este tipo de barreras se usa cuando se desea la conversión de calor radiante a calor convectivo. Las superficies negras y planas absorben radiación aumentando la temperatura del objeto. Aunque hay reirradiación, la mayoría del calor es disipado por convección .
 - 6 **Barreras enfriadas por agua:** Es tas barreras son del tipo de absorción pero utilizando agua para disipar el calor absorbido.
 - 7 **Barreras transparentes:** hay dos tipos generales de barreras transparentes:
 1. Vidrio especial. Es un vidrio que reduce la transmisión por radiación. Existen dos tipos Vidrio absorbente y Vidrio reflectivo.
 2. Malla metálica. La reflexión de la malla metálica reduce la cantidad de calor radiante que alcanza al operador.
- 1 **Aislamiento.** Con el aislamiento se reduce la temperatura superficial y por tanto el escape de calor sensible y de energía radiante, afectando especialmente el valor de la carga de radiación .
- 1 **Protección contra las fuentes de calor convectivas:** Las principales formas de actuar sobre estas fuentes son:
 - 2 **Extracción localizada:** Instalación de campanas de aspiración encima de los focos de producción de calor.
 - 3 **Ventilación general:** Por evacuación de la columna de aire caliente por convección natural.
 - 4 **Energía calorífica generada por la iluminación, motores, sistemas de ventilación etc.**
 - 5 **Energía calorífica desprendida por las personas que ocupan las zonas de trabajo.**

Tratamiento del medio de propagación: el medio de propagación será el aire que rodea a las personas y las formas de actuar sobre él se basarán en:

- 1 **Ventilación general por dilución** (entrada de aire frío y expulsión del aire caliente). El aire caliente tiende a ascender, formando una columna, que en los edificios con aberturas en el techo, puede ser canalizado hacia el exterior, con la ayuda de aberturas en las partes bajas de los cerramientos que permitan el tiro natural con la entrada de aire
- 2 **Acondicionamiento del aire:** En determinadas ocasiones será preciso efectuar un tratamiento previo del aire en las instalaciones de ventilación general. Estos tratamientos estarán enfocados a modificar la temperatura o la cantidad de vapor de agua.

2.12.2 CONTROL ADMINISTRATIVO: Estos controles incluyen aclimatación al calor, un régimen de trabajo descanso diseñados para reducir los picos de

stress, distribución de la carga de trabajo durante periodos máximos y realización del trabajo caliente en las horas mas frescas del día. Las tareas muy agotadoras pueden realizarse con mayor numero de trabajadores, para disminuir el trabajo pesado de cada individuo. También debe permitirse que los trabajadores deambulen y hagan interrupciones para descansar. Debe disponerse de trabajadores de relevo para que reemplacen a los trabajadores que necesitan un descanso.

- 1 **Régimen de trabajo-descanso** : El control administrativo se aplicará de acuerdo con los regímenes de trabajo-descanso indicados en las tablas de TGBH

VALORES LIMITES PERMISIBLES DEL INDICE TGBH EN °C			
Tipo de Trabajo	Carga de Trabajo según costo Energético (M)		
	Liviana inferior a 375 kcal/hr	Moderada 375 a 450 kcal/hr	Pesada Superior a 450 kcal/hr
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

- 2 **Aclimatación:** Trabajar en medios caldeados produce un fenómeno conocido como aclimatación. En una situación que provoca stress calórico, una persona aclimatada **tendrá un ritmo cardíaco menor, una menor temperatura corporal, un mayor índice de sudoración y un sudor más diluido** (contiene menos sal) que un individuo no aclimatado al comenzar su exposición al calor. Por lo tanto la aclimatación es otra forma de reducir el esfuerzo por calor.

A los trabajadores nuevos, o aquellos que regresan después de una enfermedad o de vacaciones se les debe dar un tiempo adecuado para que se aclimaten a las condiciones de trabajo caliente.

Para iniciar los cambios corporales que darán lugar a una aclimatación son necesarios el stress por trabajo o por calor. Si se trabaja en el calor durante dos horas por día durante una semana o dos se puede lograra una aclimatación prácticamente completa para esas condiciones. La práctica general, para lograr una aclimatación, es mantener las condiciones ambientales relativamente constantes y aumentar gradualmente (durante una semana) el trabajo realizado. Si se trabaja mas de dos horas por día al calor, no se aumentará ni se disminuirá la velocidad de aclimatación. Sin embargo, la falta de una cantidad adecuada de agua o sal, reducirá la

velocidad de aclimatación.

- 3 **Balance de fluidos y electrolitos:** Un aspecto del control del esfuerzo por calor que con frecuencia se descuida es que debe asegurarse que las personas que trabajan al calor tengan una provisión adecuada de agua fría y sal. Aunque las tabletas de sal pueden ser usadas para reponer este electrolito, una practica mucho mejor es la provisión de agua ligeramente salada (aproximadamente 1 gr de sal por litro de agua) para beber y la indicación de ingerir alimentos muy salados.

Se debe enseñar a los trabajadores las condiciones básicas para prevenir un stress calórico , así como sus causas, síntomas y tratamiento.

Los controles de practicas laborales dependen tanto de la limitación de la duración del stress calórico como la provisión de aire acondicionado en las áreas de descanso para asegurar un enfriamiento rápido del cuerpo o de ambos. El éxito de la aplicación de este tipo de controles depende de un conocimiento profundo del stress calórico ejercido por el ambiente o del esfuerzo por calor que se produce en función de las variables ambientales.

Básicamente el uso de este tipo de control está limitado a aquellas tareas donde el stress calórico puede ser grande, pero la exposición puede ser muy corta sin interrumpir el desarrollo del trabajo. **El objetivo de los controles en las prácticas laborales es en general el de evitar que la temperatura del cuerpo se eleve por encima de un valor determinado (normalmente la temperatura central no exceda de los 38 °C) o el controlar el ritmo cardiaco o la recuperación del mismo.**

En general, no hay una buena correlación entre los índices de stress calórico con las temperaturas corporales o con los ritmos cardiacos como para depender únicamente de ellos para el control de las prácticas laborales. Usualmente es necesaria la determinación del esfuerzo realizando mediciones de uno o más parámetros del ambiente.

2.12.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL: Esta justificado la protección individual contra el calor por medio de vestidos especiales cuando no es posible modificar las propias condiciones térmicas ni reducir la intensidad o la duración del trabajo a límites compatibles con el exceso de calor.

Una norma que sirve de guía en la reducción de calor que recibe el organismo humano es que la temperatura superficial de la piel debe mantenerse lo mas próxima posible a 35 °C. Esta es la que registra en reposo en un medio calórico comfortable, en tanto que una temperatura cutánea de 36 °C indica ya una considerable agresión térmica. Para cumplir este objetivo, el vestido de protección debe cumplir las siguientes funciones:

- 4 Impedir la penetración de calor ambiental que llega al vestido por radiación y convección
- 5 Eliminar el calor que atraviesa el vestido o se produce por el organismo bajo el vestido.

Dispositivos para impedir la penetración del calor ambiental:

- 1 La reflexión del calor radiante por la superficie externa del vestido
- 2 La disminución de la conducción térmica a través del vestido
- 3 La eliminación por evaporación de agua del calor recibido por la superficie del vestido.

Reflección del calor radiante: Puede obtenerse por metalización del tejido o su revestimiento por una fina hoja de aluminio pulimentado. Estos vestidos de protección tienen un precio elevado y exigen un mantenimiento cuidadoso para conservar sus propiedades reflectoras. El polvo, los cuerpos grasos, el uso y la oxidación disminuyen su eficiencia.

En lugar de metalizar el vestido se ha propuesto fabricar vestiduras constituidas por delgadas plaquetas articuladas y aluminizadas, que pueden llevarse por encima de los vestidos usuales de trabajo.

Hay que recordar que con los vestidos reflectantes los 9/10 como máximo, del calor radiado se refleja, el resto es absorbido por el vestido, lo que necesita suficiente aislamiento entre la superficie de la piel y el vestido.

Disminución de la conducción térmica a través del vestido: Se puede obtener de dos maneras:

- 1 **Aislamiento Estático:** debe mantener la capa interna por debajo de los 45 °C (nivel de calor térmico en caso de contacto con la piel). Los materiales usados deben ser flexibles y conservar sus propiedades aislantes a pesar del sudor y los aplastamientos pasajeros.
- 2 **Aislamiento Dinámico:** el aislamiento dinámico consiste en ventilar en contra corriente la envoltura aislante del vestido. Estos sistemas permiten expulsar el calor de radiación o convección que tiende a penetrar en el vestido a través de la cubierta aislante.