

CARGA TÉRMICA



GRUPO N° 13

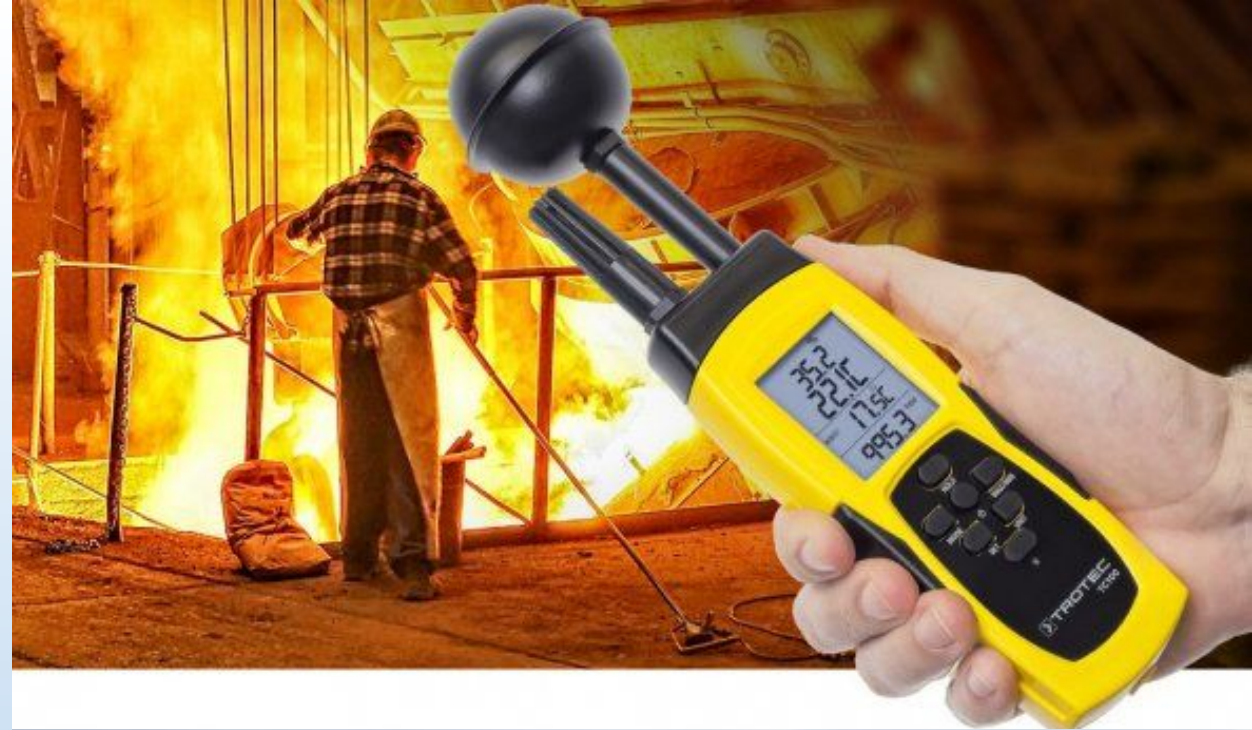
- Barroso, Ezequiel
- Baumann, Leo.
- Brambilla, Andres
- Garriga, Agustín

OBJETIVOS

1. Analizar y modelizar aquellos riesgos que pueden estar relacionados concretamente con el estrés térmico, tanto por calor como por frío.
2. Establecer las precauciones y prevenciones a tener en cuenta en trabajos en condiciones adversas de temperatura.
3. Aportar información contrastada acerca de los efectos del calor en la salud y seguridad laboral.
4. Conocer los requerimientos de la ley para poder implantar en las empresas planes de acción durante los episodios de calor y frío.
5. Concientizar sobre los peligros por la exposición a sobrecargas térmicas.
6. Conocer los procedimientos a realizar cuando un operario sufre una carga térmica.

ÍNDICE

1. Marco legal
2. Definiciones
3. Balance Calórico
4. Índices Analíticos
5. Estrés Térmico
6. Estrés por Frío
7. Ejemplos Prácticos



MARCO LEGAL

LEY N°19.587

LEY DE HIGIENE Y SEGURIDAD

- DECRETO 351 / 79 (Art. 60)
- DECRETO 911 / 96 (Art. 137)
- RESOLUCIÓN 295/2003

Hombre → Ser Homotermo → 36,8°C - 37,3°C

Art. 60:

Carga térmica ambiental:

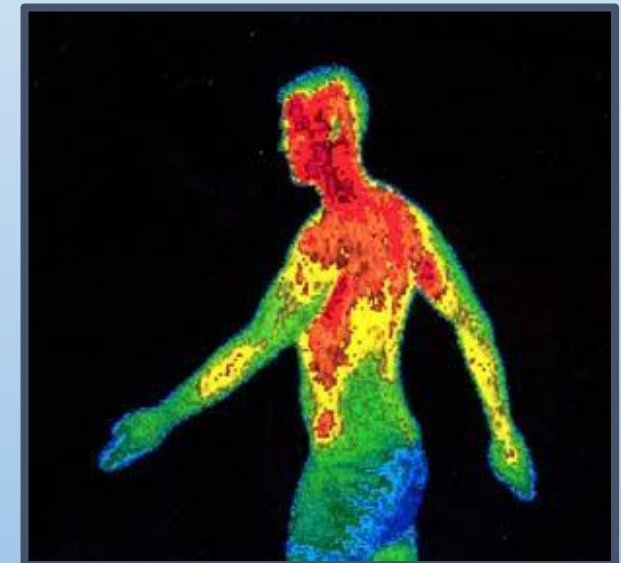
Es el calor intercambiado entre el hombre y el ambiente.

Carga térmica:

Es la suma de la carga térmica ambiental y el calor generado en los procesos metabólicos.

Condiciones higrotérmicas:

Son las determinadas por la temperatura, humedad, velocidad del aire y radiación térmica.



Estrés térmico:

Es la carga neta de calor, a la que un trabajador puede estar expuesto, como consecuencia de las contribuciones combinadas del gasto energético del trabajo, de los factores ambientales y de los requisitos de la ropa.

Tensión térmica:

Respuesta fisiológica global resultante del estrés térmico.

Ajuste fisiológico:

Mecanismos del organismo para la disipación de calor del cuerpo.

Aclimatación:

Es la adaptación fisiológica del individuo que se da de forma gradual para tolerar el estrés térmico.



CALOR METABÓLICO

Procesos físicos y químicos del cuerpo que producen y usan energía.

$$M = M_b + M_I + M_{II}$$

Estimación del Calor Metabólico
Res 295/03 Anexo III – Ley 19.587

Metabolismo basal (MB): Se considerará 70 W

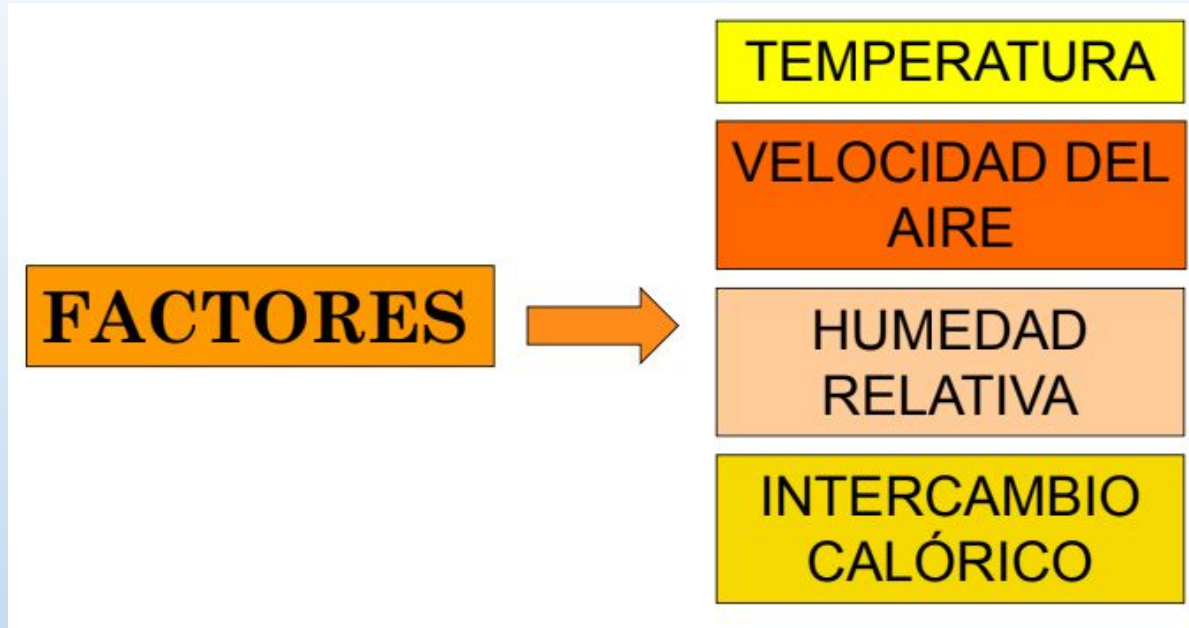
Adición derivada de la posición (MI):

Posición del cuerpo	MI (W)
Acostado o sentado	21
De pie	42
Caminando	140
Subiendo pendiente	210

Adición derivada del tipo de trabajo (MII):

Tipo de trabajo	MII (W)
Trabajo manual ligero	28
Trabajo manual pesado	63
Trabajo con un brazo ligero	70
Trabajo con un brazo pesado	126
Trabajo con dos brazos ligero	105
Trabajo con dos brazos pesado	175
Trabajo con el cuerpo ligero	210
Trabajo con el cuerpo moderado	350
Trabajo con el cuerpo pesado	490
Trabajo con el cuerpo muy pesado	630

CONDICIONES HIGROMÉTRICAS



Cuando las condiciones son favorables para la tarea que desarrollan las personas, podríamos decir que existe “Confort Térmico”. Esto significa que no experimentan sensación de calor ni de frío.

TEMPERATURA



- Temperatura de bulbo seco:

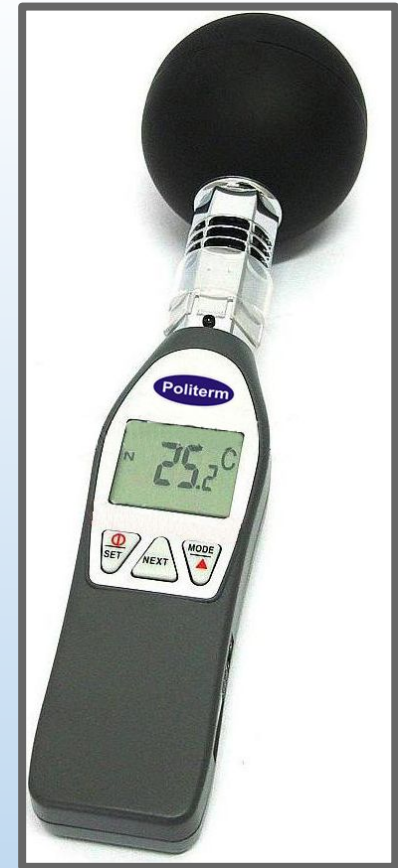
Mide la temperatura del aire sin considerar factores ambientales.

Instrumento: **psicrómetro o termómetro común.**

- Temperatura del globo

Determina la temperatura radiante media, considera radiación de los elementos del entorno.

Instrumento: **globotermómetro.**



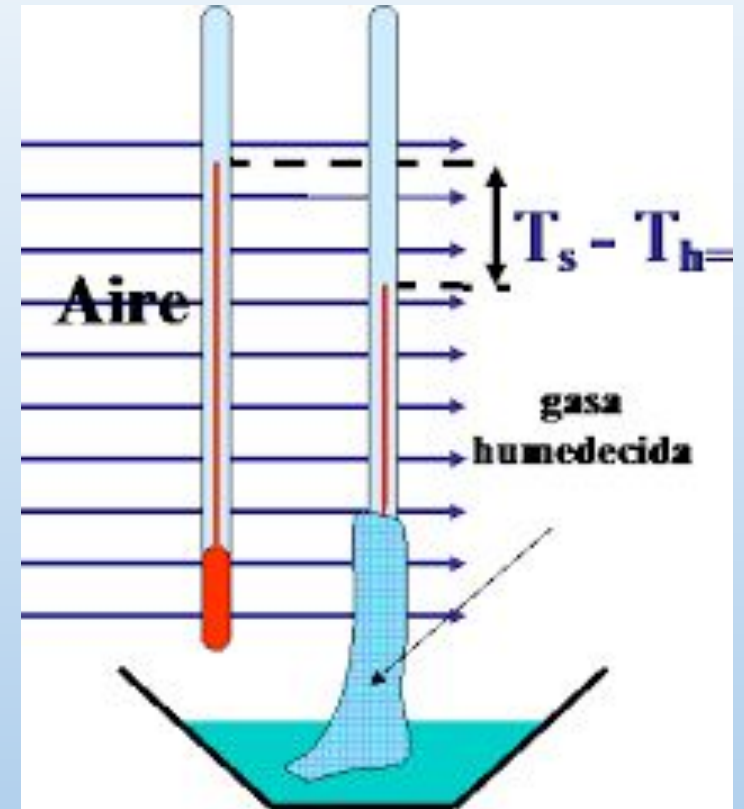
HUMEDAD RELATIVA

1. Temperatura de bulbo húmedo:

Forma de medir en un sistema donde interactúan aire y vapor de agua.

Se define como la proporción de vapor de agua en el aire comparada con una temperatura dada más alta posible.

Medición: Higrómetro digital, Psicrómetro



VELOCIDAD DEL AIRE

Importante en los procesos de intercambio calórico por convección y en procesos de evaporación.



Instrumento:

Anemómetro



FORMAS DE INTERCAMBIO CALÓRICO

POR RADIACIÓN

Emisión de ondas electromagnéticas que emanan un cuerpo a mayor temperatura que el cero absoluto. No se necesita un medio para desplazarse.

POR CONVECCIÓN

Corriente de aire que fluye a diferentes temperaturas y densidades. Presente en gases y fluidos.

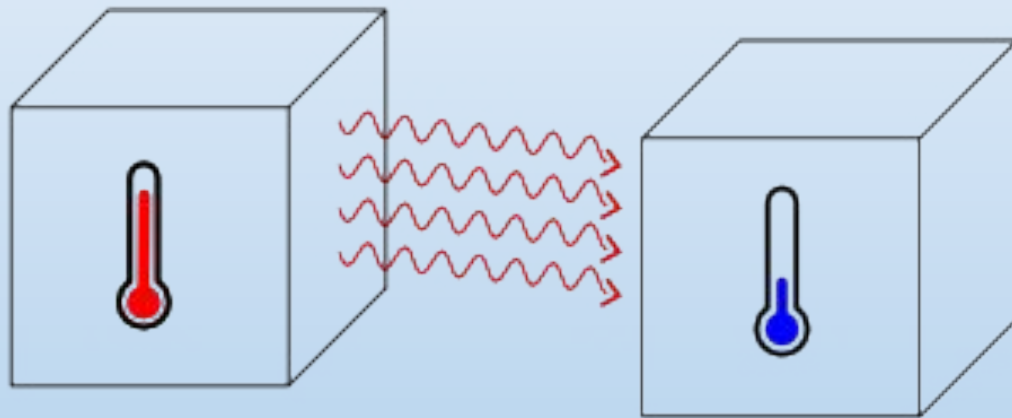
POR CONDUCCIÓN

Basado en el contacto directo entre los cuerpos, sin intercambio de materia.

INTERCAMBIO CALÓRICO: **por radiación**

Forma de transmitir energía calórica a distancia.

$$R = 3,95 \cdot 10^{-8} f_{clo} [(t_{clo} + 273)^4 - (TRM + 273)^4]$$
$$R = 3,95 \cdot 10^{-8} f_{clo} [(t_p + 273)^4 - (TRM + 273)^4]$$



Radiación

- R= intercambio de calor por radiación [Watt/m2]
- f_{clo} proporción de superficie corporal vestida ,[Adimensional]
- TRM = temperatura radiante media, en °C.
- t_{cl} = temperatura de la superficie del vestido °C
- t_p = temperatura de la superficie de la piel °C

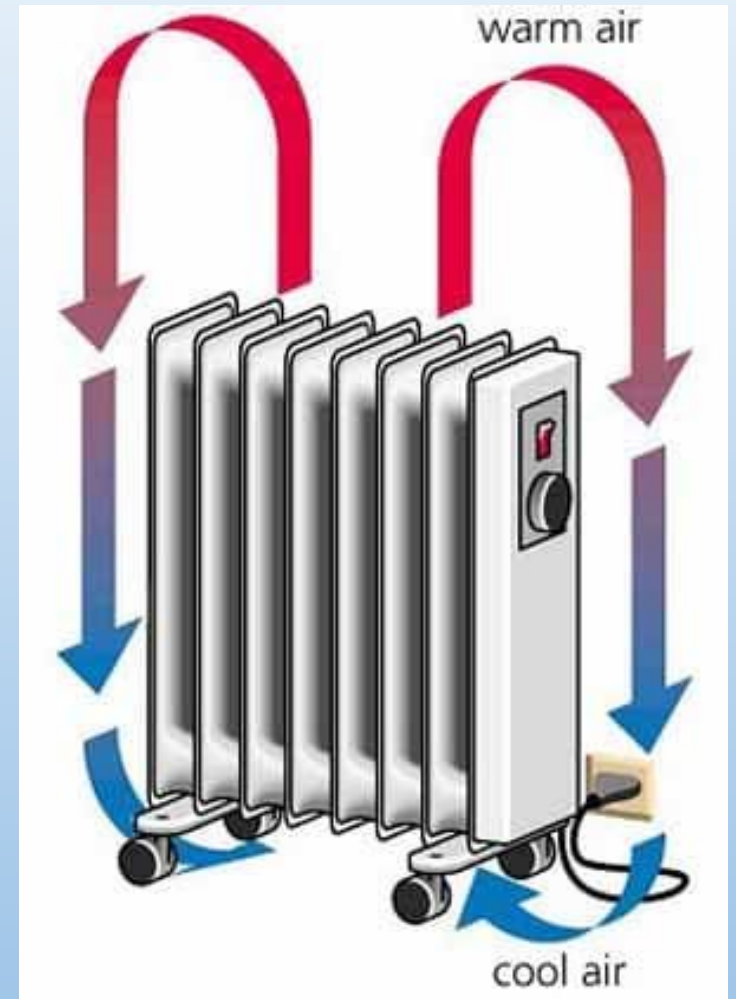
INTERCAMBIO CALÓRICO: por convección

La convección es una es forma de transferencia de calor que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas.

$$C = f_{clo} h_c (t_{clo} - t_a) \quad (W/m^2)$$

$$C = f_{clo} h_c (t_p - t_a) \quad (W/m^2)$$

- f_{cl} = proporción de superficie corporal vestida [Adimensional].
- h_c = coef. de transmisión de calor por convección [Watt/m²°C]
- t_{cl} = Temp. de la superficie vestido [°C]
- t_{al} = Temp. del aire [°C]
- t_{pl} = Temp. piel [°C]



BALANCE CALÓRICO

La acumulación de calor en el cuerpo humano se expresa por la ecuación general de balance térmico:

$$M \pm W \pm R \pm C - E \pm C_{res} \pm E_{res} - E_d \pm K = A$$

M: energía calórica producida por el organismo, calor metabólico

W: trabajo mecánico desarrollado

R: intercambio de calor por radiación

C: intercambio de calor por convección

E: pérdida de calor por evaporación del sudor

C_{res} : intercambio de calor por convección respiratoria

E_{res} : intercambio de calor por evaporación respiratoria

E_d : pérdida de calor por difusión del vapor

K: intercambio de calor conducción

A: ganancia o pérdida de calor por el cuerpo

BALANCE CALÓRICO

La ecuación práctica de balance térmico queda:

$$M \pm R \pm C - E = A$$

Los resultados pueden ser:

1. $M \pm R \pm C = 0$ ($E = 0$) equilibrio pero no suficientes para el confort térmico.
2. $M \pm R \pm C - E = 0$ equilibrio en condiciones permisibles
3. $M \pm R \pm C - E > 0$ desequilibrio por calor
4. $M \pm R \pm C - E < 0$ desequilibrio por frío

PÉRDIDA DE CALOR POR EVAPORACIÓN DEL SUDOR (E)

La evaporación del sudor es uno de los mecanismos más efectivos mediante el cual el cuerpo regular su temperatura interna.

La cantidad de sudor que se evapora varía en función de:

- Trabajo que se realice
- Tipo de vestido
- Velocidad del aire
- Humedad del ambiente
- Capacidad de sudar de cada persona

Las personas habituadas a trabajar en ambientes calurosos, pueden incrementar considerablemente su capacidad de sudoración.

PÉRDIDA DE CALOR POR EVAPORACIÓN DEL SUDOR (E)

El flujo máximo de calor por evaporación en la superficie de la piel se alcanza cuando la piel está completamente húmeda:

$$E_{max} = \frac{p_p - p_a}{R_t}$$

p_p : presión parcial de vapor de agua saturado a la temperatura de la piel, (kPa)

p_a : presión parcial del vapor de agua del ambiente, (kPa)

R_t : resistencia total del vestido y de la capa límite del aire a la evaporación, ($\text{m}^2\text{kPaW}^{-1}$)

Para una piel parcialmente húmeda:

$$E = w E_{m\acute{a}x} = w \frac{p_p - p_a}{R_t}$$

w : humedad de la piel, fracción de la piel completamente húmeda.

ÍNDICE DE TEMPERATURA GLOBO BULBO HÚMEDO (TGBH o WBGT)

(WET BULB GLOVE TEMPERATURE)

Es un método rápido y sencillo para determinar la severidad del ambiente térmico, recogido como criterio internacional por la ISO 7243.

El índice es aplicable en la evaluación del estrés térmico:

- En exposiciones continuas en períodos de tiempos de exposición cortos.
- En situaciones de estrés próximas al confort no es representativo.

Para el cálculo del WBGT se utilizan las siguientes expresiones, según sea sin radiación solar:

$$WBGT = 0,7 t_{bhn} + 0,3 t_g$$

O con presencia de radiación solar:

$$WBGT = 0,7 t_{bhn} + 0,2 t_g + 0,1 t_a$$

WBGT: índice de temperatura de globo y de bulbo húmedo, (°C)

tbhn: temperatura de bulbo húmedo natural, (°C)

tg: temperatura de globo, (°C)

ta: temperatura del aire, (°C)

ÍNDICE DE TEMPERATURA GLOBO BULBO HÚMEDO (TGBH o WBGT)

Si se quiere hallar el WBGT de un puesto de trabajo donde el operario permanezca estable, o cuando los parámetros no son constantes en el espacio que rodea al sujeto:

$$WBGT = \frac{(WBGT_{cabeza} + 2 WBGT_{abdomen} + WBGT_{tobillos})}{4}$$

Las mediciones deben realizarse a 0.1 m, 1.1 m, y 1.7 m del suelo si la posición en el puesto de trabajo es de pie, y a 0.1 m, 0.6 m, y 1.1 m, si es sentado.

Si el ambiente es homogéneo, basta con una medición a la altura del abdomen.

Las mediciones deben realizarse preferentemente durante los meses de verano y en las horas más cálidas de la jornada.

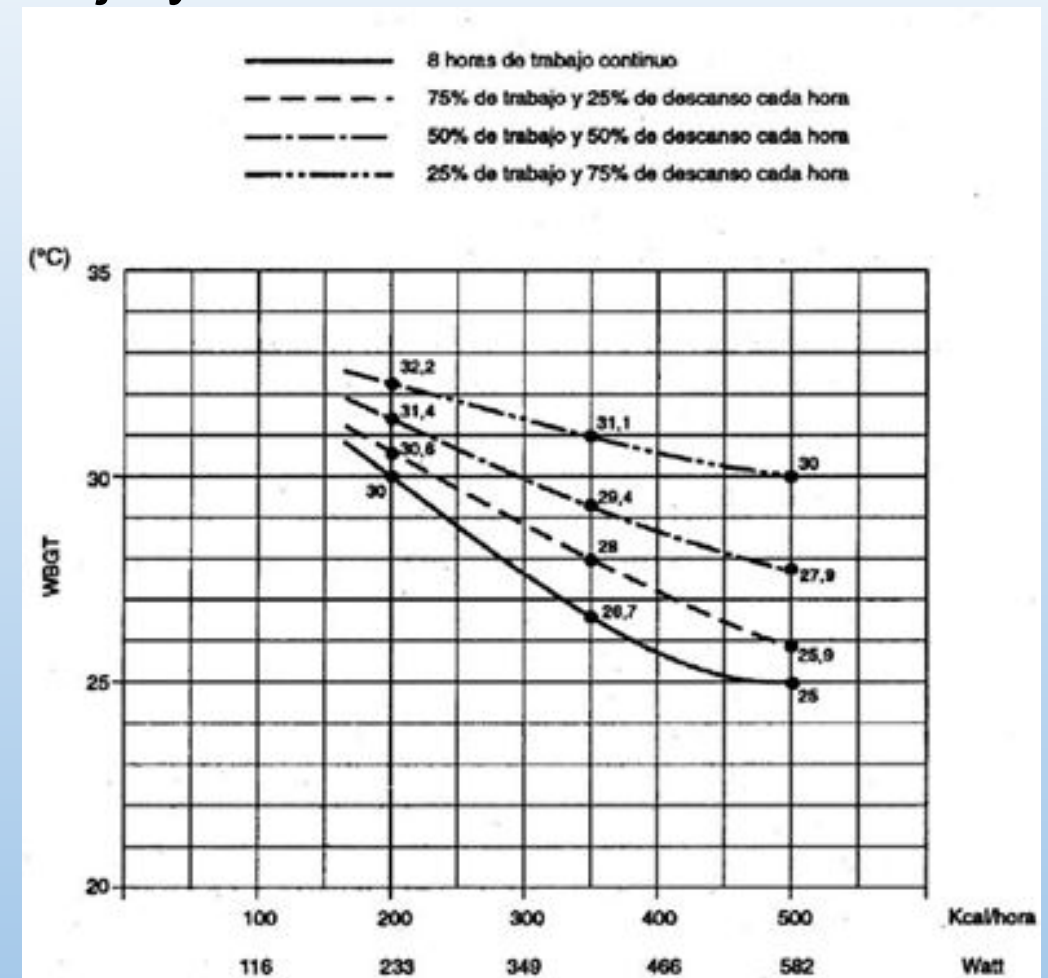
ÍNDICE DE TEMPERATURA GLOBO BULBO HÚMEDO (TGBH o WBGT)

En la gráfica es posible determinar las condiciones límites según el tipo de trabajo que se realice (M), y los tiempos de trabajo y descanso recomendados.

Los valores límite de referencia dados son válidos para una vestimenta ligera de verano (0,6 clo), para individuos sanos y aclimatados al calor.

Los factores de corrección:

Tipo de corrección	Valor (clo)	Corrección WBGT
Uniforme de trabajo de verano	0.6	0
Batas de algodón	1.0	-2
Uniforme de trabajo de invierno	1.4	-4
Protección antihumedad	1.2	-6



ÍNDICE DE TEMPERATURA GLOBO BULBO HÚMEDO (TGBH o WBGT)

Si durante la jornada de trabajo varían las condiciones ambientales o el consumo metabólico:

$$WBGT = \frac{\Sigma WBGT_i \cdot t_i}{\Sigma t_i}$$

$$M = \frac{\Sigma M_i \cdot t_i}{\Sigma t_i}$$

Bajo la condición de que:

$$\Sigma t_i \leq 60min$$

Para determinar los tiempos de descanso se utiliza el coeficiente (K) de descanso horario:

$$\Delta WBGT_{trabajo} = WBGT_{l\acute{im} trabaja} - WBGT_{trabajo}$$

$$\Delta WBGT_{descanso} = WBGT_{descanso} - WBGT_{l\acute{im} descanso}$$

$$K = \frac{\Delta WBGT_{descanso}}{\Delta WBGT_{trabajo} + \Delta WBGT_{descanso}}$$

ÍNDICE DE SUDORACIÓN REQUERIDA (SW_{req})

Este método recogido por la ISO 7933, proporciona los intervalos idóneos de sudoración requerida para colocar a la persona en situación de equilibrio térmico y lo que es fisiológicamente posible y aceptable para el operario.

Se apoya en la ecuación de balance térmico, y para el confort, basa su cálculo en:

- 1) Carga metabólica (M)
- 2) Temperatura del aire (t_a)
- 3) Temperatura radiante media (TRM)
- 4) Velocidad del aire (v_a)
- 5) Aislamiento térmico de la ropa (I_{clr})
- 6) Humedad relativa o presión parcial del vapor de agua (HR o p_a)

ÍNDICE DE SUDORACIÓN REQUERIDA (SW_{req})

Evaporación requerida(E)

La acumulación de calor en el cuerpo:

$$M \pm R \pm C - E = A$$

Definida E_{req} como:

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

La humedad requerida de la piel w_{req} se define como:

$$w_{req} = \frac{E_{req}}{E_{m\acute{a}x}}$$

ÍNDICE DE SUDORACIÓN REQUERIDA (SW_{req})

Sudoración requerida(SW_{req})

La sudoración se define como:

$$SW = \frac{E}{r} (W/m^2)$$

Donde r es la eficiencia de evaporación de sudor , y se calcula como:

$$r = 1 - \frac{w^2}{2}$$

Por lo tanto, SW_{req} viene dada por:

$$SW_{req} = \frac{E_{req}}{r_{req}} (W/m^2)$$

Siendo r_{req} :

$$r_{req} = 1 - \frac{w_{req}^2}{2}$$

ÍNDICE DE SUDORACIÓN REQUERIDA (SW_{req})

La interpretación de los valores:

a) Dos criterios de estrés:

- 1) La máxima humedad de la piel, $w_{m\acute{a}x}$
- 2) La máxima sudoración, $SW_{m\acute{a}x}$ (W/m^2)

b) Dos límites de tensión térmica:

- 1) La máxima acumulación de calor, $Q_{m\acute{a}x}$ (Wh/m^2)
- 2) La máxima pérdida de agua, $D_{m\acute{a}x}$ (g), (Wh/m^2)

Variable	No Aclimatado		Aclimatado	
	Alarma	Peligro	Alarma	Peligro
Máxima acumulación de calor, $Q_{m\acute{a}x}$ (Wh/m^2)	50	60	50	60
Máxima sudoración, $SW_{m\acute{a}x}$ (W/m^2)	200	250	300	400
Máxima pérdida de agua, $D_{m\acute{a}x}$ (Wh/m^2)	1000	1250	1500	2000
Máxima humedad de la piel, $w_{m\acute{a}x}$	0.85	0.85	1	1

Para cualquier persona:

- 1) La sudoración requerida SW_{req} no puede exceder a la sudoración máxima $SW_{m\acute{a}x}$ y
- 2) La humedad requerida de la piel w_{req} , no puede exceder a la humedad máxima $w_{m\acute{a}x}$, y
- 3) Los valores máximos están en función de la aclimatación del sujeto.

Categorías de protección:

1. Nivel de alarma: todos los trabajadores expuestos que tengan buena salud podrán alcanzar los valores límites, asegurándonos de esa forma la protección de la salud de los operarios.
2. Nivel de peligro: determinado porcentaje de trabajadores serán incapaces de realizar las mojaduras o débitos de sudor, por lo tanto pueden correr un riesgo que éste índice ayuda a controlar.

ÍNDICE DE SUDORACIÓN REQUERIDA (SW_{req})

Tiempo límite de exposición (DLE)

La exposición a condiciones de estrés térmico conlleva a dos riesgos:

- La deshidratación
- El golpe de calor

Debe determinarse una duración límite de exposición, en función de:

- El máximo almacenamiento de calor ($Q_{m\acute{a}x}$)
- La máxima pérdida de agua ($D_{m\acute{a}x}$)

Si se cumple:

$$E_p = E_{req} \quad SW_p < \frac{D_{m\acute{a}x}}{8}$$

- No hay límite de tiempo de exposición en las 8 horas de la jornada laboral.
- SW_p puede utilizarse como índice comparativo.

ÍNDICE DE SUDORACIÓN REQUERIDA (SW_{req})

Tiempo límite de exposición (DLE)

Si alguna de éstas dos condiciones no se cumple, se deberá calcular el DLE.

- Si la evaporación requerida no puede alcanzarse:

$$DLE_1 = 60 \frac{Q_{m\acute{a}x}}{E_{req} - E_p} \text{ (minutos)}$$

- Si la sudoración prevista supone una pérdida hídrica muy importante:

$$DLE_2 = 60 \frac{D_{m\acute{a}x}}{SW_p} \text{ (minutos)}$$

- Se toma el menor valor.
- Sí DLE_2 es el menor valor, este es el tiempo máximo de exposición durante toda la jornada.
- Si DLE_1 es el menor valor, combinarse el trabajo con períodos de descanso.

ÍNDICE DE ESTRÉS TÉRMICO

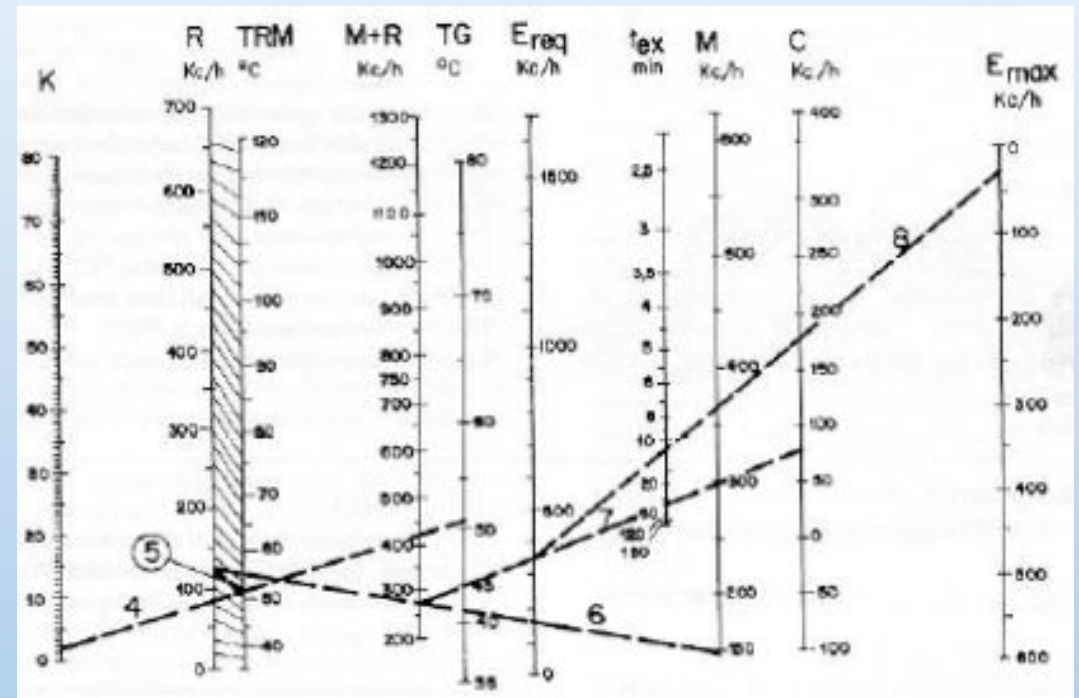
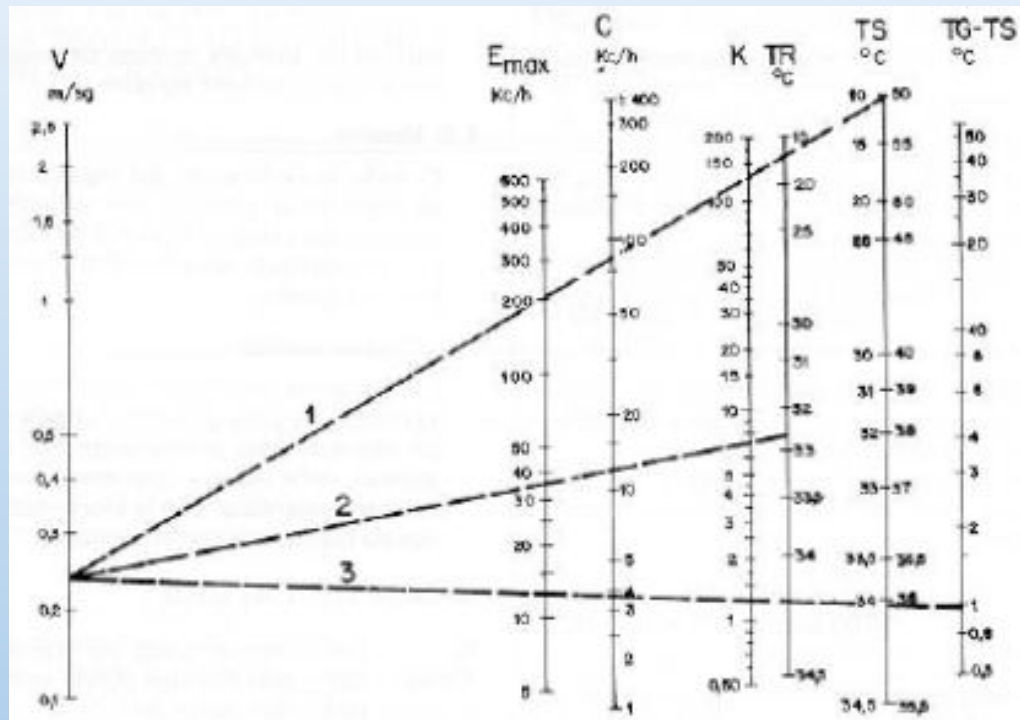
- En situaciones extremas es necesario limitar estrictamente el tiempo de permanencia.
- El método es particularmente apropiado para situaciones muy agresivas, con un tiempo máximo de permanencia inferior a 30 minutos.
- Se efectúa a partir de tres hipótesis principales:
 - a. Hombre standard de 70 Kg. de peso.
 - b. El vestido es ligero.
 - c. La temperatura de la piel es de 35°C.
- El método exige el conocimiento de los siguientes parámetros ambientales:
 - Temperatura seca.
 - Temperatura de rocío.
 - Temperatura de globo.
 - Velocidad del aire.

$$t_{ex} = \frac{3600}{E_{req} - E_{max}}$$

$$t_r = \frac{3600}{E_{max} - E_{req}}$$

ÍNDICE DE ESTRÉS TÉRMICO

Para su empleo en la práctica el método se presenta en forma de nomograma, la búsqueda del tiempo máximo de permanencia se desarrolla en ocho etapas de cálculo gráfico.



ÍNDICE DEL AISLAMIENTO DEL VESTIDO REQUERIDO (IREQ)

A través del vestido, se puede controlar y regular el calor corporal perdido para equilibrar un cambio en el clima ambiente.

Este método analítico se presenta en la Norma ISO 11079.

Consiste en:

- Resolver ecuación de balance de calor entre la persona y el ambiente según el aislamiento del vestido requerido (IREQ) necesario para mantener el balance de calor en equilibrio bajo un criterio específico de esfuerzo fisiológico.
- Calcular una duración límite de exposición (DLE) para un aislamiento del vestido disponible en base a niveles aceptables de enfriamiento corporal.

El IREQ se define en dos niveles de esfuerzo fisiológico:

- a) El $IREQ_{min}$, define el aislamiento mínimo requerido para mantener el equilibrio térmico en un nivel subnormal de temperatura corporal media.
- b) El $IREQ_{neutral}$ se define cómo el aislamiento requerido para proveer condiciones de neutralidad térmica.

ÍNDICE DEL AISLAMIENTO DEL VESTIDO REQUERIDO (IREQ)

El efecto del vestido en el calor latente intercambiado se representa en la ecuación:

$$E = w \frac{p_p - p_a}{R_t}$$

Para una vestimenta común y debido a la limitada contribución del calor perdido por evaporación para la sobrecarga por frío, R_T se calcula como:

$$R_T = 0,16 \left(\frac{f_{cl}}{h} + I_{clr} \right)$$

h : suma de los coeficientes de transmisión por convección y radiación.

f_{cl} : el factor de área vestida:

$$f_{cl} = 1,00 + 1,97 I_{clr}$$

I_{clr} : aislamiento térmico real de la ropa

ÍNDICE DEL AISLAMIENTO DEL VESTIDO REQUERIDO (IREQ)

Aislamiento térmico real de la ropa (I_{clr})

- La unidad del aislamiento térmico de la ropa (I_{cl}) en el sistema internacional es el $m^2\text{°C/W}$, pero una unidad más práctica y usual es el clo ($1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{°C/W}$)
- Define como el aislamiento necesario para mantener confortable a una persona que desarrolle una actividad sedentaria (menos de 60 W/m^2) a una temperatura de 21 °C .
- I_{clr} obtiene a partir de la resistencia térmica del vestido (I_{cl}) extraída de tablas (ISO 9920) y a actividad metabólica M .

$$I_{clr} = 0,9 I_{cl} \quad \text{si } M \leq 100 \text{ W/m}^2$$

$$I_{clr} = 0,8 I_{cl} \quad \text{si } M > 100 \text{ W/m}^2$$

ÍNDICE DEL AISLAMIENTO DEL VESTIDO REQUERIDO (IREQ)

El flujo de calor seco hacia la superficie del vestido es equivalente al que se transfiere entre la superficie del vestido y el entorno. Por consiguiente, puede expresarse según la expresión:

$$\frac{t_p - t_{cl}}{I_{clr}} = R + C = M - E_{res} - C_{res} - E$$

El aislamiento del vestido requerido, IREQ, se calcula iterando con:

$$M - W - E_{res} - C_{res} - E = R + C$$
$$t_{cl} = t_p - IREQ (M - W - E_{res} - C_{res} - E)$$

Para la evaluación de la exposición al frío por el índice IREQ, se propone el cálculo de dos valores de éste, IREQ_{min} e IREQ_{neutro}.

IREQ	t _p (°C)	w
IREQ _{min}	30	0.06
IREQ _{neutro}	35.7-0.028525·M	0.001·M

ÍNDICE DEL AISLAMIENTO DEL VESTIDO REQUERIDO (IREQ)

Tiempo límite de exposición (DLE) y Tiempo de recuperación (RT)

Si el aislamiento del conjunto de ropa seleccionado (I_{clr}) es menor que el valor de aislamiento requerido (IREQ), el tiempo de exposición debe limitarse para prevenir un enfriamiento corporal excesivo, aceptándose una pérdida de calor de -40 Wh/m^2 , para individuos físicamente sanos, por un tiempo limitado (20-30 minutos).

La duración límite a la exposición (DLE) al frío, se define como el tiempo máximo recomendado de exposición con el vestido disponible o seleccionado.

$$DLE = \frac{Q_{lim}}{A}$$

Tras la exposición, un tiempo de recuperación suele permitir al cuerpo recuperar el equilibrio térmico. El tiempo de recuperación (RT) se calcula de forma análoga, con las condiciones durante el período de recuperación.

$$RT = \frac{Q_{lim}}{A'}$$

Los cálculos del tiempo máximo de exposición y de recuperación se pueden estimar tanto para prevenir el riesgo de enfriamiento general del cuerpo como para evitar el inconfort, análogo al cálculo de $IREQ_{min}$ y $IREQ_{neutro}$.

ÍNDICE DEL AISLAMIENTO DEL VESTIDO REQUERIDO (IREQ)

El cálculo exacto del IREQ, tiempo máximo admisible y tiempo de recuperación precisa la utilización de un programa informático o calculadora programable. En el documento ISO/TR 11079:1993, se publica el programa informático adecuado.

Pero existen tablas en las que se dan los valores del IREQ en función de la velocidad y temperatura del aire y del nivel de actividad, ejemplo:

IREQ _{min} (clo) para M = 80 W/m ²						
Var (m/seg)	t _a					
	5°C	0°C	-5°C	-10°C	-20°C	-30°C
0.2	1.91	2.4	2.89	3.38	4.36	5.34
0.5	1.98	2.47	2.97	3.45	4.42	5.39
1	2.07	2.55	3.03	3.52	4.49	5.46
2	2.15	2.63	3.11	3.58	4.55	5.51
5	2.23	2.7	3.18	3.65	4.6	5.57

Y también para la determinación del DLE para según distintos valores del aislamiento del vestido, de la velocidad y temperatura del aire y del nivel de actividad, ejemplo para M = 80 W/m²:

I _{cl} (clo)	Var (m/seg)	t _a					
		5°C	0°C	-5°C	-10°C	-20°C	-30°C
0.5	0.2	>8	1.9	0.67	0.41	0.22	0.16
	0.5	>8	1.2	0.54	0.35	0.21	0.15
	1	1.61	0.8	0.43	0.29	0.18	0.13
	2	1.51	0.54	0.33	0.24	0.15	0.11
	5	0.66	0.34	0.23	0.18	0.12	0.09

ÍNDICE DE VIENTO FRÍO (WCI o IVF)

Se utiliza para calcular el riesgo de congelación de las partes de la piel no protegidas por el vestido suele utilizarse el índice de viento frío IVF o WCI (Wind Chill Index) cuya metodología de cálculo recogida en la Norma ISO 11079.

No se recomienda su aplicación para altas velocidades.

Se determina a partir de la ecuación:

$$WCI = 1,16 \left(10,45 + 10 \sqrt{v_{ar} - v_{ar}} \right) (33 - t_a)$$

WCI: índice de viento frío, (W /m²)

v_{ar} : velocidad relativa del aire, (m/s)

t_a : temperatura del aire, (°C)

Una interpretación práctica del WCI es mediante la temperatura de enfriamiento (t_{ch}) que se define como la temperatura ambiente que, bajo condiciones normales, tiene el mismo poder de enfriamiento que las condiciones ambientales reales.

$$t_{ch} = 33 - \frac{WCI}{25,5}$$

WCI (W/m ²)	t_{ch} (°C)	Efecto
1200	-14	Muy frío
1400	-22	Extremadamente frío
1600	-30	Congelación de tejidos expuestos en una hora
1800	-38	
2000	-45	Congelación de tejidos expuestos en un minuto
2200	-53	
2400	-61	Congelación de tejidos expuestos en medio minuto
2600	-69	

Estrés Térmico

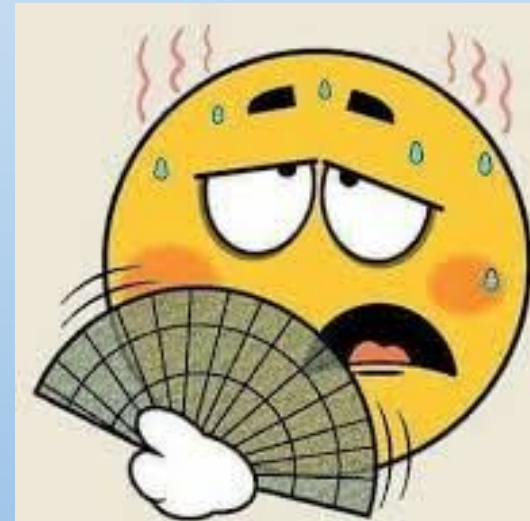
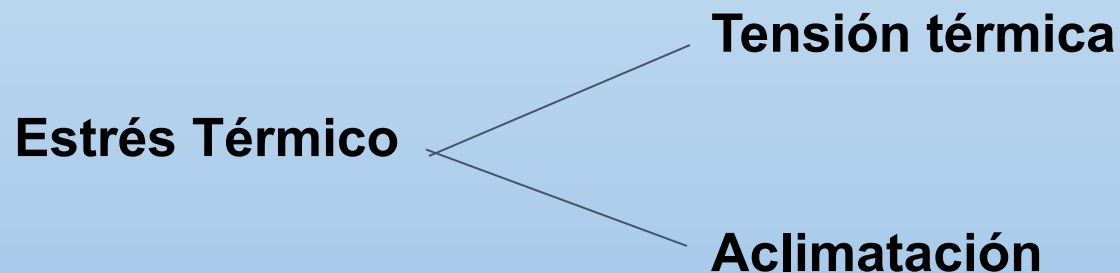
El estrés térmico es la **sensación de malestar** que se experimenta cuando la permanencia en un ambiente determinado exige esfuerzos desmesurados a los mecanismos de que dispone el organismo para mantener la temperatura interna, mientras se efectúa el intercambio de agua y demás sustancias del cuerpo.



Estrés Térmico

Un estrés térmico medio o moderado puede causar malestar y puede afectar de forma adversa la realización del trabajo y la seguridad, pero no es perjudicial para la salud. A medida que el estrés térmico se aproxima a los límites de tolerancia humana, aumenta el riesgo de los trastornos relacionados con el calor.

Presenta para **cada persona una respuesta distinta dependiendo de la susceptibilidad del individuo y su aclimatación.**



Evaluación de Estrés Térmico

Resolución 295/03 - Anexo III – Ley 19.587

A efectos de conocer la exposición de los trabajadores sometidos a carga térmica, se debe calcular el Índice de Temperatura Globo Bulbo Húmedo (TGBH).

TGBH = f(Temperatura del bulbo húmedo, Temperatura del globo, Temperatura del bulbo seco)

- **Para lugares interiores o exteriores sin carga solar:**

$$\text{TGBH} = 0.7 \cdot \text{TBH} + 0.3 \cdot \text{TG}$$

- **Para lugares exteriores con carga solar:**

$$\text{TGBH} = 0.7 \cdot \text{TBH} + 0.2 \cdot \text{TG} + 0.1 \cdot \text{TBS}$$

TBH = temperatura húmeda (a veces llamada, temperatura natural del termómetro del bulbo húmedo).

TG = temperatura de globo (a veces llamada, temperatura del termómetro de globo)

TBS = temperatura del aire seco (a veces llamada, temperatura del termómetro del bulbo seco)

Evaluación de Estrés Térmico

Resolución 295/03 - Anexo III – Ley 19.587

FACTORES DE CORRECCIÓN

TIPO DE ROPA	ADICIÓN AL TGBH
Uniforme de trabajo de verano	0
Buzos de tela (material tejido)	+3,5
Buzos de doble tela	+5

Estos valores NO deben utilizarse para trajes herméticos o prendas que sean impermeables o altamente resistentes al vapor de agua o al aire en movimiento de las fábricas.

Tabla 1: Adiciones a los valores TGBH (WBGT) medidos (°C) para algunos conjuntos de ropa

Esquema de Evaluación de Estrés Térmico

Resolución 295/03 - Anexo III – Ley 19.587

El proceso de la toma de decisión debe iniciarse si hay **informes** o **malestar** debidos al estrés térmico o cuando el juicio profesional lo indique.

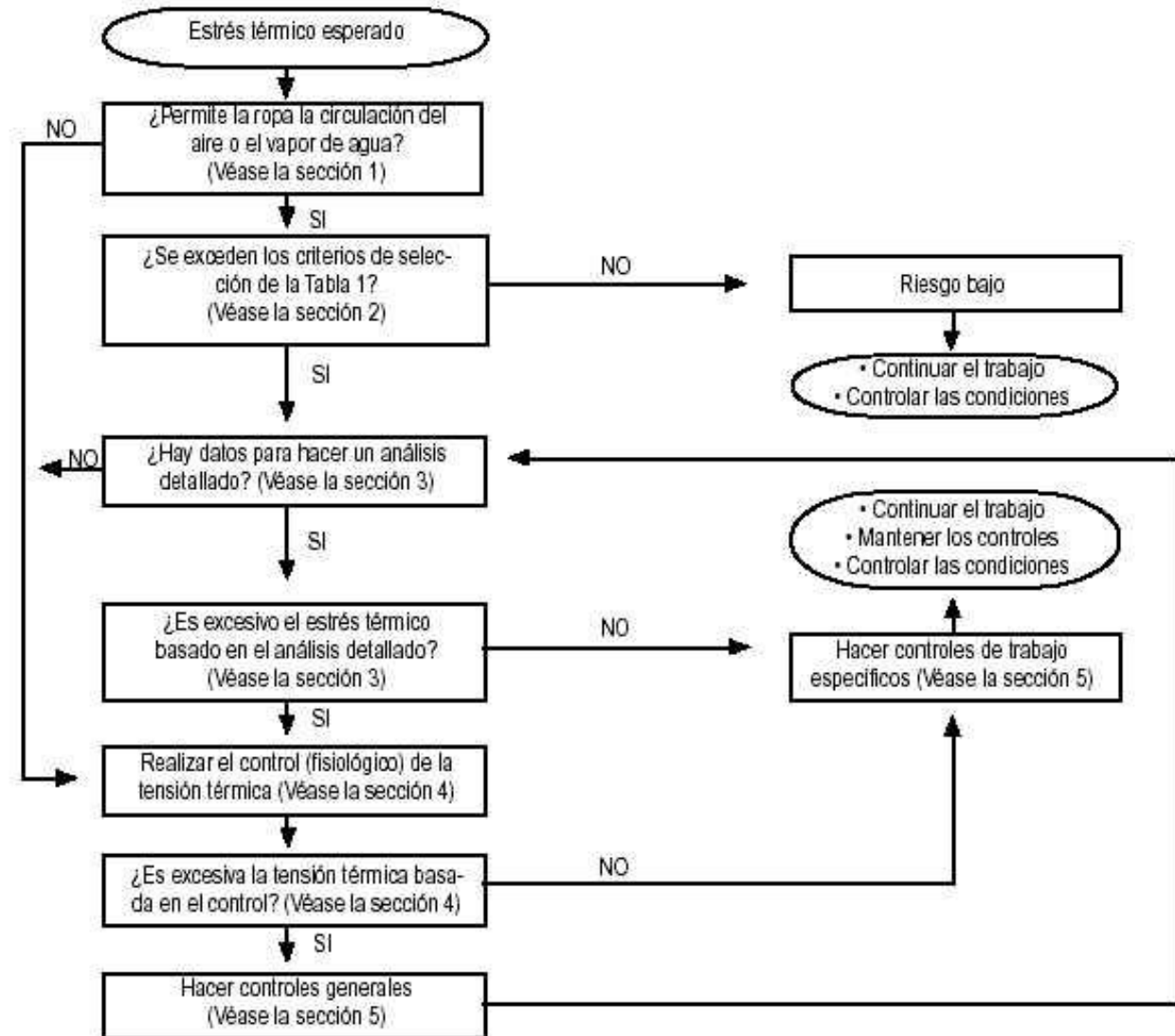


Figura 1. Esquema de evaluación para el estrés térmico.

Evaluación de Estrés Térmico

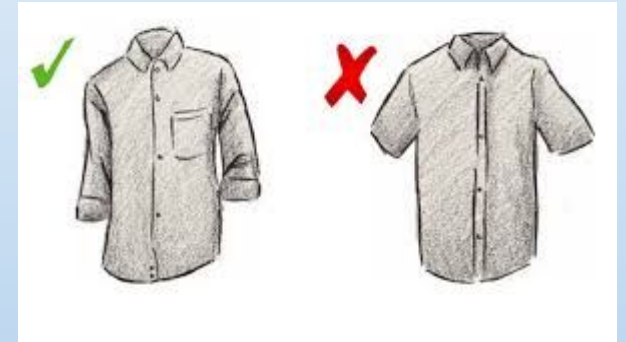
Resolución 295/03 - Anexo III – Ley 19.587

¿Permite la ropa la circulación del aire o del vapor de agua ?

Sección 1: Si la respuesta fue SÍ entonces de la tabla 1 se utilizan los 3 tipos de ropa.

Si la respuesta fue NO entonces nos salteamos varios pasos y hacemos un control fisiológico de la tensión térmica (ver sección 4)

IMPORTANTE: La evaluación de la exposición al calor basada en el índice TGBH se desarrolló para un uniforme de trabajo tradicional con camisa de mangas largas y pantalones.



Impedimento de la eliminación del calor



Amenaza de
tensión
térmica



Evaluación de Estrés Térmico

Resolución 295/03 - Anexo III – Ley 19.587

¿Se exceden los criterios de selección de la tabla 1?

Sección 2: Umbral de selección basado en la Temperatura húmeda - Temperatura de globo (TGBH)

- En la Tabla 2 se dan los criterios TGBH adecuados con fines de selección. Para los conjuntos de ropa listados en la Tabla 1, puede utilizarse la Tabla 2 cuando se hayan añadido los factores de ajuste de ropa al índice TGBH.
- La aclimatación completa al calor requiere hasta **3 semanas** de actividad física continua en condiciones de estrés térmico similares a las esperadas en el trabajo.
- Con el fin de aplicar los criterios de la Tabla 2, a un trabajador se le considera aclimatado cuando tiene un historial de exposiciones recientes al estrés térmico (p.e., 5 días en los últimos 7 días).

Para determinar el grado de exposición al estrés térmico deben considerarse como es el trabajo.

Evaluación de Estrés Térmico

Resolución 295/03 - Anexo III – Ley 19.587

LÍMITES PERMISIBLES

Exigencias de Trabajo	Aclimatado				Sin aclimatar			
	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado
100% trabajo	29,5	27,5	26		27,5	25	22,5	
75% trabajo 25% descanso	30,5	28,5	27,5		29	26,5	24,5	
50% trabajo 50% descanso	31,5	29,5	28,5	27,5	30	28	26,5	25
25% trabajo 75% descanso	32,5	31	30	29,5	31	29	28	26,5

TABLA 2 - Criterios de selección para la exposición al estrés térmico (Valores TGBH en C°, trabajo continuo 8 hs/día)

La tabla nos dice: A medida que aumenta el gasto energético, es decir, aumenta la demanda de trabajo, los valores de criterio de la tabla disminuyen, para asegurar que la mayoría de los trabajadores **NO** sufrirán temperaturas corporales internas superiores a los 38° C.

Efectuando el cálculo del calor metabólico (W) y la evaluación de la carga térmica (°C - TGBH), entramos en la última tabla con la cual determinamos los porcentajes de trabajo y descanso por cada hora.

Evaluación de Estrés Térmico

Resolución 295/03 - Anexo III – Ley 19.587

¿Hay datos para hacer un análisis detallado?

Sección 3: Es posible que una situación determinada pueda estar por encima de los criterios dados en la Tabla 2 y no represente una exposición inaceptable. Entonces hacemos un análisis detallado.

- Primero, hacemos un análisis de la tarea, que incluye el índice TGBH medio ponderado en el tiempo y el gasto energético. En la Tabla 1 se sugieren los factores de corrección para algunos tipos de ropa.
- Para el segundo nivel del análisis detallado podría seguirse el modelo racional de estrés térmico de la tasa de sudoración específica (ISO 7933, 1987). Este es más difícil de calcular pero permite conocer mejor las fuentes del estrés térmico.

Las análisis detallados requieren más datos sobre las exposiciones.

Evaluación de Estrés Térmico

Resolución 295/03 - Anexo III – Ley 19.587

ACTIVIDADES

Categorías	Ejemplos de actividades
Reposada	<ul style="list-style-type: none">- Sentado sosegadamente.- Sentado con movimiento moderado de los brazos.
Ligera	<ul style="list-style-type: none">- Sentado con movimientos moderados de brazos y piernas.- De pie, con un trabajo ligero o moderado en una máquina o mesa utilizando principalmente los brazos.- Utilizando una sierra de mesa.- De pie, con trabajo ligero o moderado en una máquina o banco y algún movimiento a su alrededor.
Moderada	<ul style="list-style-type: none">- Limpiar estando de pie.- Levantar o empujar moderadamente estando en movimiento.- Andar en llano a 6 Km/h llevando 3 Kg de peso.
Pesada	<ul style="list-style-type: none">- Carpintero aserrando a mano.- Mover con una pala tierra seca.- Trabajo fuerte de montaje discontinuo.- Levantamiento fuerte intermitente empujando o tirando (p.e. trabajo con pico y pala).
Muy pesada	<ul style="list-style-type: none">- Mover con una pala tierra mojada

TABLA 3 - Ejemplos de actividades dentro de las categorías de gasto energético



Evaluación de Estrés Térmico

Resolución 295/03 - Anexo III – Ley 19.587

El control de los signos y síntomas de los trabajadores estresados por el calor es una buena práctica de la higiene industrial.

PAUTAS PARA RESTRINGIR LA TENSION TÉRMICA(límites aceptables)	UN INDIVIDUO PUEDE ESTAR EN MAYOR RIESGO SI
<ul style="list-style-type: none">• Mantenimiento (durante varios minutos) del pulso cardíaco por encima de 180 pulsaciones por minuto, restada la edad en años del individuo (180 - edad) para personas con una valoración normal de la función cardíaca.	<ul style="list-style-type: none">• Mantiene una sudoración profusa durante horas
<ul style="list-style-type: none">• La temperatura corporal interna sea superior a los 38,5°C para el personal seleccionado médicamente y aclimatado o superior a los 38°C para los trabajadores no seleccionados y sin aclimatar	<ul style="list-style-type: none">• La pérdida de peso en una jornada laboral es superior al 1,5% del peso corporal
<ul style="list-style-type: none">• La recuperación del pulso cardíaco en un minuto después de un trabajo con esfuerzo máximo es superior a las 110 pulsaciones por minuto	<ul style="list-style-type: none">• La excreción urinaria de sodio en 24 horas es inferior a 50 mmoles.
<ul style="list-style-type: none">• Hay síntomas de fatiga fuerte y repentina, náuseas, vértigo o mareos.	

Evaluación de Estrés Térmico

Resolución 295/03 - Anexo III – Ley 19.587

¿Qué recomendaciones le podemos dar al trabajador?

Si un trabajador parece estar desorientado o confuso, o sufre una irritabilidad inexplicable, malestar o síntomas parecidos al de la gripe, debe ser **retirado a un lugar de descanso fresco con circulación rápida de aire** y permanecer en observaciones por personal cualificado. Puede ser necesario una atención inmediata de emergencia.



Evaluación de Estrés Térmico

Resolución 295/03 - Anexo III – Ley 19.587

Hacer controles generales

Sección 4: SI la respuesta fue SI entonces hacemos controles generales.(ver sección 5)

└→ SIEMPRE SON NECESARIOS

SI la respuesta fue NO entonces hacemos controles de trabajos específicos (ver sección 5).

- El riesgo y la severidad de la tensión térmica excesiva varía ampliamente entre las personas aún en condiciones idénticas de estrés térmico.
- Si durante la evaluación fisiológica se encuentra restricción a la tensión térmica, entonces se puede seguir la línea del SI. Esto significa que debe considerarse los controles de trabajo específicos adecuados y realizarse con amplitud suficiente el control de la tensión térmica.

Evaluación de Estrés Térmico

Resolución 295/03 - Anexo III – Ley 19.587

Realizar el control(fisiológico) de la tensión térmica

Sección 5: Gestión del estrés térmico y controles.

Las prácticas de higiene del estrés térmico son particularmente importantes porque reducen el riesgo de que un individuo pueda sufrir alteraciones relacionadas con el calor. Los elementos clave son la reposición del líquido, la autodeterminación de las exposiciones, el control del estado de salud, el mantenimiento de un estilo de vida saludable y el ajuste de las expectativas basado en el estado de aclimatación. Las prácticas de higiene requieren la plena cooperación de la supervisión y de los trabajadores.

- **El objetivo principal de la gestión del estrés térmico es prevenir el golpe de calor, que es una amenaza para la vida y la alteración más grave relacionada con el calor.**

Evaluación de Estrés Térmico

Resolución 295/03 - Anexo III – Ley 19.587

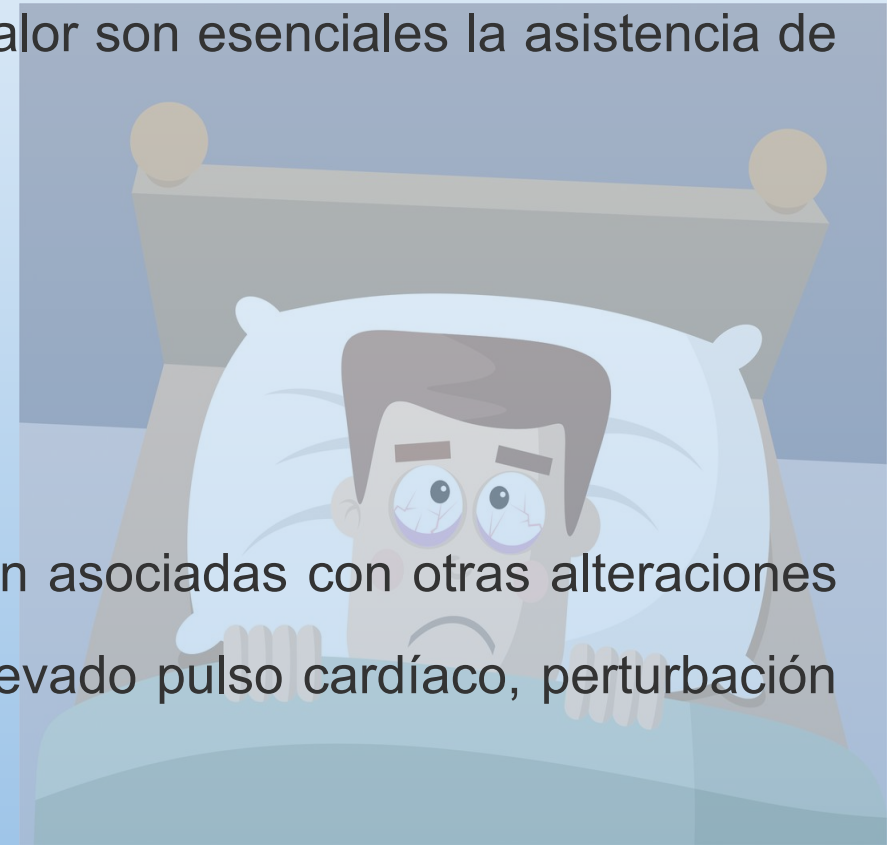
Realizar el control(fisiológico) de la tensión térmica

Sección 5: GOLPE DE CALOR

La víctima del golpe de calor suele ser maníaca, está desorientada, despistada, delirante o inconsciente. La piel de la víctima está caliente y seca, el sudor ha cesado y la temperatura es superior a los 40° C. Si se manifiestan los signos del golpe de calor son esenciales la asistencia de urgencia adecuada y la hospitalización.

**Vale la pena hacer notar que la posibilidad de accidentes
y lesiones aumentan con el nivel del estrés térmico.**

El aumento prolongado de la temperatura corporal interna, están asociadas con otras alteraciones tales como la infertilidad temporal (para hombres y mujeres), elevado pulso cardíaco, perturbación del sueño, fatiga e irritabilidad.



Enfermedades relacionadas con el calor: Causas, síntomas, primeros auxilios y prevención

ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL CALOR	CAUSAS	SÍNTOMAS	PRIMEROS AUXILIOS (P. AUX.)/ PREVENCIÓN (PREV.)
ERUPCIÓN CUTÁNEA	Piel mojada debido a excesiva sudoración o a excesiva humedad ambiental.	Erupción roja desigual en la piel. Puede infectarse. Picores intensos. Molestias que impiden o dificultan trabajar y descansar bien.	P. AUX: Limpiar la piel y secarla. Cambiar la ropa húmeda por seca. PREV.: Ducharse regularmente, usar jabón sólido y secar bien la piel. Evitar la ropa que oprima. Evitar las infecciones.
CALAMBRES	Pérdida excesiva de sales, debido a que se suda mucho. Bebida de grandes cantidades de agua sin que se ingieran sales para reponer las perdidas con el sudor.	Espasmos (movimientos involuntarios de los músculos) y dolores musculares en los brazos, piernas, abdomen, etc. Pueden aparecer durante el trabajo o después.	P. AUX: Descansar en lugar fresco. Beber agua con sales o bebidas isotónicas. Hacer ejercicios suaves de estiramiento y frotar el músculo afectado. No realizar actividad física alguna hasta horas después de que desaparezcan. Llamar al médico si no desaparecen en 1 hora PREV.: Ingesta adecuada de sal con las comidas. Durante el periodo de aclimatación al calor, ingesta suplementaria de sal.
SÍNCOPE POR CALOR	Al estar de pie e inmóvil durante mucho tiempo en sitio caluroso, no llega suficiente sangre al cerebro. Pueden sufrirlo sobre todo los trabajadores no aclimatados al calor al principio de la exposición.	Desvanecimiento, visión borrosa, mareo, debilidad, pulso débil.	P. AUX: Mantener a la persona echada con las piernas levantadas en lugar fresco. PREV.: Aclimatación. Evitar estar inmóvil durante mucho rato, moverse o realizar alguna actividad para facilitar el retorno venoso al corazón.

DESHIDRATACIÓN	<p>Pérdida excesiva de agua, debido a que se suda mucho y no se repone el agua perdida</p>	<p>Sed, boca y mucosas secas, fatiga, aturdimiento, taquicardia, piel seca, acartonada, micciones menos frecuentes y de menor volumen, orina concentrada y oscura.</p>	<p>P. AUX: Beber pequeñas cantidades de agua cada 30 minutos.</p> <p>PREV.: Beber abundante agua fresca con frecuencia, aunque no se tenga sed. Ingesta adecuada de sal con las comidas.</p>
AGOTAMIENTO POR CALOR	<p>En condiciones de estrés térmico por calor: trabajo continuado, sin descansar o perder calor y sin reponer el agua y las sales perdidas al sudar.</p> <p>Puede desembocar en golpe de calor.</p>	<p>Debilidad y fatiga extremas, náuseas, malestar, mareos, taquicardia, dolor de cabeza, pérdida de conciencia, pero sin obnubilación.</p> <p>Piel pálida, fría y mojada por el sudor.</p> <p>La temperatura rectal puede superar los 39 °C.</p>	<p>P. AUX: Llevar al afectado a un lugar fresco y tumbarlo con los pies levantados. Aflojarle o quitarle la ropa y refrescarle, rociándole con agua y abanicándole. Darle agua fría con sales o una bebida isotónica fresca.</p> <p>PREV.: Aclimatación. Ingesta adecuada de sal con las comidas y mayor durante la aclimatación. Beber agua abundante aunque no se tenga sed.</p>
GOLPE DE CALOR(*)	<p>En condiciones de estrés térmico por calor: trabajo continuado de trabajadores no aclimatados, mala forma física, susceptibilidad individual, enfermedad cardiovascular crónica, toma de ciertos medicamentos, obesidad, ingesta de alcohol, deshidratación, agotamiento por calor, etc.</p> <p>Puede aparecer de manera brusca y sin síntomas previos.</p> <p>Fallo del sistema de termorregulación fisiológica. Elevada temperatura central y daños en el sistema nervioso central, riñones, hígado, etc., con alto riesgo de muerte.</p>	<p>Taquicardia, respiración rápida y débil, tensión arterial elevada o baja, disminución de la sudación, irritabilidad, confusión y desmayo.</p> <p>Alteraciones del sistema nervioso central</p> <p>Piel caliente y seca, con cese de sudoración.</p> <p>La temperatura rectal puede superar los 40,5 °C.</p> <p>PELIGRO DE MUERTE</p>	<p>P. AUX: Lo más rápidamente posible, alejar al afectado del calor, empezar a enfriarlo y llamar urgentemente al médico: Tumbarle en un lugar fresco. Aflojarle o quitarle la ropa y envolverle en una manta o tela empapada en agua y abanicarle, o introducirle en una bañera de agua fría o similar.</p> <p>¡ES UNA EMERGENCIA MÉDICA!</p> <p>PREV.: Vigilancia médica previa en trabajos en condiciones de estrés térmico por calor importante. Aclimatación. Atención especial en olas de calor y épocas calurosas. Cambios en los horarios de trabajo, en caso necesario. Beber agua frecuentemente. Ingesta adecuada de sal con las comidas.</p>

PREVENCION Y PROTECCION

Medidas a aplicar sobre la fuente de calor

1. Protección contra fuentes de calor internas

- Elegir los equipos que emiten bajas cantidades de calor o que lo hagan fuera del ambiente de trabajo.
- Frente a calor radiante:
 - Apantallamiento o encerramiento mediante barreras: para conseguir un aislamiento térmico, obteniendo de esta forma aumentar la resistencia térmica entre un foco caliente y otro frío.
 - Se efectúa intercalando material de baja conductividad térmica entre ambos focos.



PREVENCION Y PROTECCION

Medidas a aplicar sobre el medio

Las medidas que se pueden adoptar para controlar la propagación del calor convectivo, se basan fundamentalmente, en la ventilación de los locales:

- Extracción localizada
- Ventilación general



PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

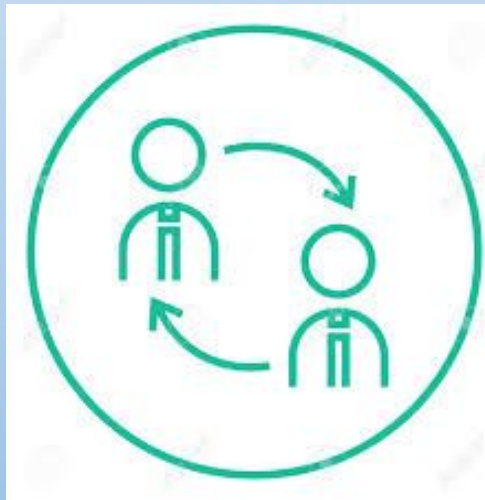
Medidas a aplicar sobre los individuos ó trabajadores expuestos

1. Reducción de la producción del calor metabólico

- Disminuir la carga de trabajo
- Automatizando o mecanizando el proceso o aplicando útiles que reduzcan el esfuerzo físico.
- Alejamiento de las zonas de calor

2. Limitación de la duración de la exposición

- Rotación de los trabajadores en los puestos con riesgo por el calor
- Prever los descansos en ambientes frescos, con suministro de agua fresca
- Programar los trabajos más duros en horas menos calurosas



PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

Medidas a aplicar sobre los individuos ó trabajadores expuestos

1. Creación de un microclima en el puesto de trabajo

- Instalación de cabinas climatizadas
- Utilización de áreas de descanso con aire acondicionado
- Establecimiento de corrientes de aire en el puesto de trabajo

2. Control médico:

- Garantizar una vigilancia de la salud específica a los trabajadores expuestos a situaciones límites de calor mediante exámenes previos al ingreso y periódicos.
- Considerar previamente aquellos trabajadores que sean susceptibles al daño sistémico por el calor.



PREVENCION Y PROTECCION

Medidas a aplicar sobre los individuos ó trabajadores expuestos

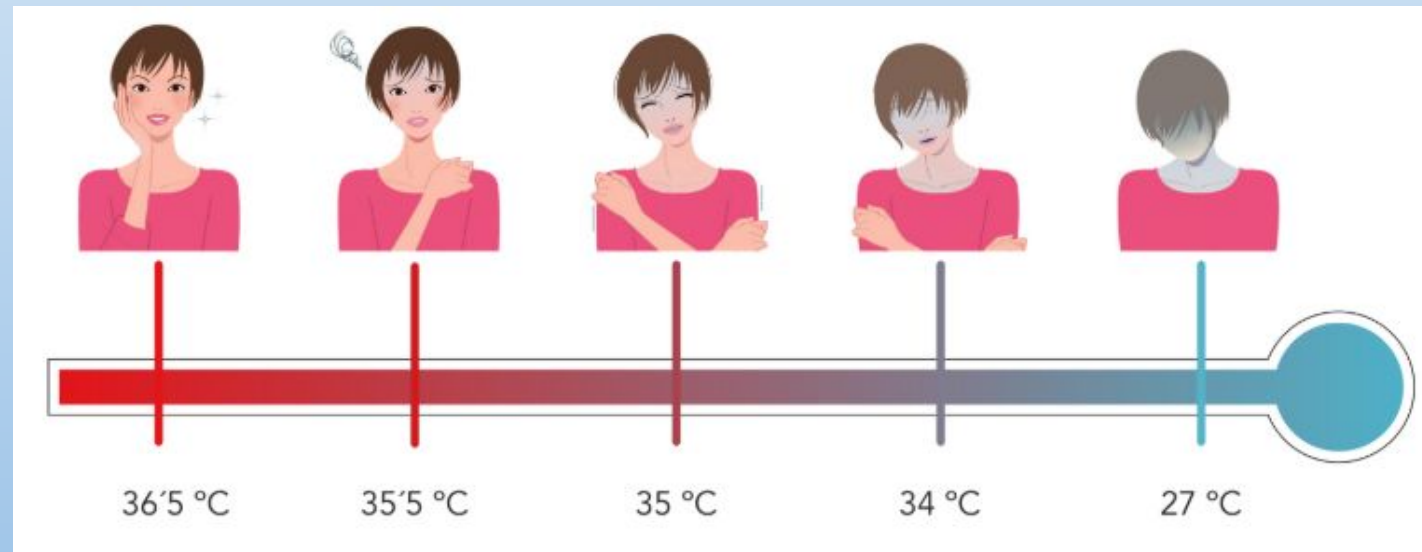
1. Se proporcionará al trabajador ropa de trabajo adecuada, ligera, no voluminosa y que no dificulte sus movimientos.
2. Se elegirá la protección personal mediante ropas de trabajo adecuadas, que sean eficaces para el trabajo específico a realizar
3. Esta vestimenta reunirá las siguientes características:
 - a. Ser ininflamables
 - b. Impedir la entrada de calor ambiental
 - c. Permitir la transpiración



FRÍO —————> Ausencia de calor

El hombre tiene poca eficiencia adaptándose al frío.

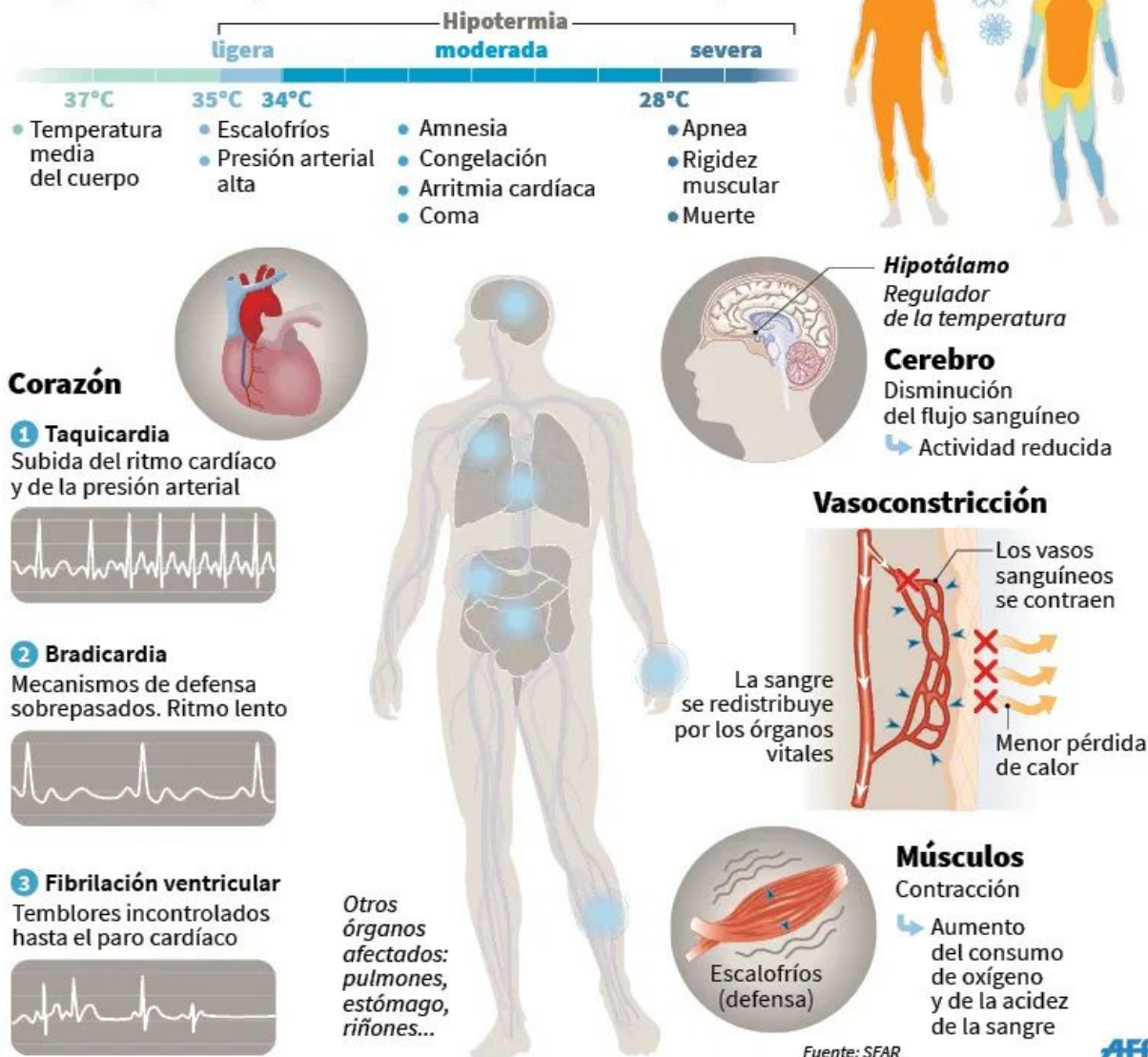
El cuerpo humano genera energía a través de reacciones químicas basadas en los compuestos que forman los alimentos y el oxígeno del aire inhalado. Gran parte de esta energía es calorífica, permitiendo mantener constante la temperatura del cuerpo. Cuando el flujo de calor cedido al ambiente es excesivo, la temperatura del cuerpo desciende y se desencadena el denominado riesgo de estrés por frío.



Consecuencias de la sobre exposición al frío

Los efectos del frío sobre el cuerpo humano

El organismo prioriza la protección de sus órganos vitales en caso de hipotermia



Los posibles efectos sobre la salud derivados de la realización de trabajos en ambientes fríos dependen principalmente de tres factores:

1. la temperatura existente,
2. la presencia de corrientes de aire
3. el tiempo de exposición.

Cuanto más baja sea la temperatura, y mayor sean la velocidad del aire y el tiempo de exposición, mayor será el efecto que genere.

Evaluación y control:

Gráfica de temperaturas equivalentes de enfriamiento en la que se relacionan la temperatura del aire medida con termómetro de bulbo seco y de la velocidad del viento.

La **temperatura equivalente** de enfriamiento se debe usar al estimar el efecto combinado de refrigeración del viento y de las bajas temperaturas del aire sobre la piel expuesta o al determinar los requisitos de aislamiento de la ropa para mantener la temperatura interna del cuerpo.

A temperaturas del aire de 2°C (35.6°F) o menos, es imperativo que a los trabajadores que lleguen a estar sumergidos en agua o cuya ropa se mojó, se les permita cambiarse de ropa inmediatamente y se les trate de hipotermia.

Tabla 2: Poder de enfriamiento del viento sobre el cuerpo expuesto expresado como TEE (en condiciones de calma)

Velocidad estimada del viento (Km/h)	Lectura de la temperatura real (°C)											
	10	4	- 1	- 7	- 12	- 18	- 23	- 29	- 34	- 40	- 45	- 51
	TEMPERATURA EQUIVALENTE DE ENFRIAMIENTO (°C)											
En calma	10	4	- 1	- 7	- 12	- 18	- 23	- 29	- 34	- 40	- 45	- 51
8	9	3	-3	-9	-14	-21	-26	-32	-38	-44	-49	-56
16	4	-2	-9	-16	-23	-31	-36	-43	-50	-57	-64	-71
24	2	-6	-13	-21	-28	-36	-43	-50	-58	-65	-73	-80
32	0	-8	-16	-23	-32	-39	-47	-55	-63	-71	-79	-85
40	-1	-9	-18	-26	-34	-42	-51	-59	-67	-76	-83	-92
48	-2	-11	-19	-28	-36	-44	-53	-61	-70	-78	-87	-96
56	-3	-12	-20	-29	-37	-46	-55	-63	-72	-81	-89	-98
64	-3	-12	-21	-29	-38	-47	-56	-65	-73	-82	-91	-100
Las velocidades del viento superiores a 64 km/h tienen pocos efectos adicionales	POCO PELIGROSO En < horas con la piel seca. Peligro de falsa sensación de seguridad.				PELIGRO CRECIENTE El cuerpo expuesto se puede congelar en 1 minuto.				GRAN PELIGRO El cuerpo se puede congelar en 30 segundos.			

Evaluación y control

Límites recomendados para trabajadores vestidos de manera apropiada y seca durante períodos de trabajos temperaturas por debajo del punto de congelación.

El plan se aplica a cualquier jornada de trabajo de 4 hs con una actividad de moderada a fuerte, con períodos de reanimación de 10 min en lugares templados y con períodos de interrupción al final de la jornada en los lugares templados.

Estimación de la velocidad del viento:

- 8 km/h: se mueve una bandera liviana.
- 16 km/h: bandera liviana, plenamente extendida.
- 24 km/h: levanta una hoja de periódico.
- 32 km/h: el viento amontona nieve.

TLVS PARA EL PLAN DE TRABAJO/CALENTAMIENTO PARA UN TURNO DE CUATRO HORAS

Temperatura del aire Cielo despejado °C (aprox.)	Sin viento apreciable		Viento de 8 km/h		Viento de 16 km/h		Viento de 24 km/h		Viento de 32 km/h	
	Periodo de trabajo máximo	N*	Periodo de trabajo máximo	N*	Periodo de trabajo máximo	N*	Periodo de trabajo máximo	N*	Periodo de trabajo máximo	N*
De -26° a -28°	(Interrup. normales)	1	(Interrup. normales)	1	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4
De -29° a -31°	(Interrup. normales)	1	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	5
De -32° a -34°	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	5	E**	
De -35° a -37°	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	3	E**			
De -38° a -39°	40 minutos	4	30 minutos	5	E**					
De -40° a -42°	30 minutos	5	E**							
De -40° a -42°	E**									

N* = número de interrupciones de 10 minutos en lugar templado.

E** = El trabajo que no sea de emergencia, deberá cesar.

Nota: Se supone una actividad entre moderada y fuerte. Para trabajo entre ligero y moderado, aplicar el plan en un escalón inferior.

PROTECCIONES CONTRA EL FRÍO

Factores que condicionan la protección:

1. La temperatura del aire: es crítica cuando disminuyen los 10 C°
2. La velocidad del aire: por el fenómeno de convección disminuye la temperatura cuando aumenta la misma (sensación térmica).
3. Tarea desarrollada por el trabajador: es inversamente proporcional a la aislación, debido a que a mayor calor metabólico, más calor se produce y menor es la necesidad de realizarla

PROTECCIONES CONTRA EL FRÍO

CÁLCULO DEL ABRIGO

La ropa adecuadamente diseñada permite que el trabajador retire capas de ropa para regular la eliminación del exceso de calor, ya que no debe sentir demasiado calor puesto que el sudor producido queda retenido en la ropa y al evaporarse durante el descanso produce enfriamiento . Como se mencionó anteriormente se puede calcular el abrigo de forma analítica pero existen valores tabulados en los cuales obtendremos los valores de IREQ en función de la velocidad y la temperatura del aire y del nivel de actividad.

IREQmin (clo) para M = 80 w/m2						
Var (m/seg)	ta					
	5°C	0°C	-5°C	-10°C	-20°C	-30°C
0.2	1.91	2.4	2.89	3.38	4.36	5.34
0.5	1.98	2.47	2.97	3.45	4.42	5.39
1	2.07	2.55	3.03	3.52	4.49	5.46
2	2.15	2.63	3.11	3.58	4.55	5.51
5	2.23	2.7	3.18	3.65	4.6	5.57



PROTECCIONES CONTRA EL FRÍO

El **clo** es una unidad de medida empleada para el índice de indumento, que procede del inglés clothing (vestimenta).

El **clo** se determina entre cero (0) **clo** que es la falta total de aislamiento, es decir, la desnudez y un (1) **clo** que es el indumento normal de un varón (cuando se definió), es decir traje con campera de algodón, camisa de algodón, ropa interior normal, también de algodón, medias y zapatos.

TIPO DE PRENDA	Aislamiento (CLO)	TIPO DE PRENDA	Aislamiento (CLO)
Ropa interior		· Vestido de manga corta	0.29
· Sujetador + tanga	0.04	· Vestido de manga larga de verano	0.29
· Sujetador + media hasta la rodilla + tanga	0.06	· Vestido de manga larga de invierno	0.40
· Tanga hombre	0.03	Jerseys	
· Calzoncillo corto	0.04	· Ligerito manga corta con cuello en V de algodón	0.20
· Calzoncillo media pierna	0.08	· Ligerito manga corta con cuello en V sintético	0.25
· Camiseta de tirantes de algodón	0.06	· Ligerito de manga larga sintético	0.28
· Camiseta de algodón	0.10	· De manga larga sin cuello de lana	0.36
· Camiseta manga larga de algodón	0.12	Varios	
Camisas y Blusas		· Overol	0.52
· Polo de manga corta	0.17	· Chaqueta de trabajo sintética	0.21
· Camisa de manga corta	0.19	· Chaqueta de trabajo de algodón	0.26
· Camisa de manga larga ligera	0.20	· Blusa de laboratorio	0.35
· Camisa de manga larga normal	0.25	· Smoking: de verano	0.13
· Camisa de manga larga de franela	0.34	· Smoking: de invierno	0.45
· Blusa sin cuello	0.25	· Chaleco	0.13
Pantalones		Zapatos - Calcetines	
· Pantalones cortos de algodón	0.08	· Calcetines finos	0.02
· Pantalón ligero	0.20	· Calcetines gruesos	0.05
· Pantalón normal	0.25	· Media pierna finos	0.03
· Pantalón de franela	0.28	· Media pierna gruesos	0.10
· Pantalón-peto con tirantes	0.28	· Zapatos	0.03
Faldas y Vestidos		· Zapatillas de deporte	0.02
· Falda altura rodilla de verano	0.15	· Guantes gruesos	0.08
· Falda altura rodilla de invierno	0.23		

PROTECCIONES CONTRA EL FRÍO

Una vez definida la ropa deberemos calcular el tiempo máximo que el trabajador podrá estar en la condiciones sin que corra riesgos

I _{cl} (clo)	V _{ar} (m/seg)	t _a					
		5°C	0°C	-5°C	-10°C	-20°C	-30°C
1.5	0.2	>8	>8	>8	>8	1.38	0.59
	0.5	>8	>8	>8	>8	1.13	0.53
	1	>8	>8	>8	>8	0.93	0.47
	2	>8	>8	>8	5.7	0.76	0.41
	5	>8	>8	>8	2.22	0.6	0.35

Valores calculados de T_{max} para distintos valores del aislamiento del vestido, de la temperatura del aire y del nivel de actividad.



Medidas Preventivas

1. Medidas Técnicas de Orden General

- Disponer de un local con calefacción (no sobrecalentado) ofreciendo la posibilidad de consumir bebidas calientes
- Disponer de mecanismos automáticos que reduzcan la carga de trabajo manual
- Seleccionar materiales para el suelo adaptados al frío extremo para prevenir el riesgo de resbalar

2. Organización del Trabajo

- Planificar las actividades en exteriores considerando la previsión meteorológica (temperatura, humedad relativa, velocidad del aire, lluvias, etc.)
- Instalar un sistema de comunicación y control de los equipos expuestos y favorecer el trabajo entre 2 personas

3. Medidas Preventivas Personales

- Incremento de la producción interna de calor debido al trabajo muscular
- Suministro de calor externo (establecimiento de pausas para calentarse en una zona habilitada)

Capacitación

A los trabajadores se les instruirá en los procedimientos de seguridad y sanidad. El programa de formación incluirá, como mínimo, instrucción en:

- a) Procedimientos apropiados de entrada en calor de nuevo y tratamiento adecuado de primeros auxilios.
- b) Uso de ropa adecuada.
- c) Hábitos apropiados de comidas y bebidas.
- d) Reconocimiento de la congelación.
- e) Reconocimiento de las señales y los síntomas de hipotermia inminente o enfriamiento excesivo del cuerpo, aun cuando no se llegue a tiritar.
- f) Prácticas de trabajo seguro

EJEMPLO PRÁCTICO N°1

Analizaremos el riesgo de carga térmica positiva, en un trabajador de la industria metalúrgica, dicho trabajador se encontrara trabajando con metal fundido como se puede apreciar en la imagen.



DESARROLLO

Vestimenta de Trabajo: grafa liviana (no impide la eliminación de calor excesivo del cuerpo por sudoración)

TIPO DE ROPA	ADICIÓN AL TGBH •
Uniforme de trabajo de verano	0
Buzos de tela (material tejido)	+3,5
Buzos de doble tela	+5

DESARROLLO

Nivel de Gasto Energético en función de la tarea

Categorías	Ejemplos de actividades
Reposada	<ul style="list-style-type: none">- Sentado sosegadamente.- Sentado con movimiento moderado de los brazos.
Ligera	<ul style="list-style-type: none">- Sentado con movimientos moderados de brazos y piernas.- <u>De pie, con un trabajo ligero o moderado en una máquina o mesa utilizando principalmente los brazos.</u>- Utilizando una sierra de mesa.- De pie, con trabajo ligero o moderado en una máquina o banco y algún movimiento a su alrededor.
Moderada	<ul style="list-style-type: none">- Limpiar estando de pie.- Levantar o empujar moderadamente estando en movimiento.- Andar en llano a 6 Km/h llevando 3 Kg de peso.
Pesada	<ul style="list-style-type: none">- Carpintero aserrando a mano.- Mover con una pala tierra seca.- Trabajo fuerte de montaje discontinuo.- Levantamiento fuerte intermitente empujando o tirando (p.e. trabajo con pico y pala).
Muy pesada	<ul style="list-style-type: none">- Mover con una pala tierra mojada

DESARROLLO

Cálculo del T.G.B.H.

El trabajador está dentro de un recinto por lo tanto la temperatura se mantendrá durante el año y además no tendrá la influencia de la carga solar.

Los valores medidos son los siguientes.

TBS (temperatura ambiente de aire seco): 34°C

TBH (temperatura de bulbo húmedo): 23°C

TG (temperatura de globo o radiación): 43°C

La Resolución determina para el cálculo del valor de T.G.B.H., el uso de la siguiente ecuación.

$$\text{TGBH} = 0,7 \text{ TBH} + 0,3 \text{ TG} = 29 \text{ °c}$$

DESARROLLO

Exigencias de Trabajo	Aclimatado				Sin aclimatar			
	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado
100% trabajo	29,5	27,5	26		27,5	25	22,5	
75% trabajo 25% descanso	30,5	28,5	27,5		29	26,5	24,5	
50% trabajo 50% descanso	31,5	29,5	28,5	27,5	30	28	26,5	25
25% trabajo 75% descanso	32,5	31	30	29,5	31	29	28	26,5

$$TGBH = 29^{\circ}\text{C} < 29.50^{\circ}\text{C}$$

- Por lo tanto se observa, que el T.G.B.H. calculado en las condiciones reales de exposición del trabajador, es levemente inferior al sugerido como valor límite por nuestra legislación.

1. Haciendo un promedio del tiempo que el trabajador permanece en estas condiciones, se determinó que del turno de trabajo de 8 horas, esta tarea de descarga lo lleva a estar en esas condiciones durante 4 horas (50% del turno), alternadas durante toda la jornada (no continua).

DESARROLLO

Con todas estas consideraciones y los valores obtenidos por cálculo de T.G.B.H., podemos ahora “*contestar las preguntas*” que la Resolución nos indica, para efectuar el proceso de toma de decisión e intervención del Riesgo, o sea:

¿Permite la ropa la circulación del aire o el vapor de agua? **SI**

¿Se exceden los criterios de selección de la tabla 1? **NO**

Además de lo anterior, el T.G.B.H. calculado es levemente inferior al sugerido como valor límite por nuestra legislación.

Por ende se infiere: **RIESGO BAJO** (Se puede continuar con el trabajo, controlando las condiciones).

EJEMPLO PRÁCTICO N°2

Se desea valorar la exposición laboral al frío de un individuo que trabaja en perforación petrolera en Neuquén, el mismo estará expuesto a -10°C de temperatura del aire y sometido a velocidades de 16 km/h, realizando un trabajo pesado con ambos brazos.



DESARROLLO

1. Metabolismo Basal		MB (W)
Se considerará a MB		70
2. Adición derivada de la posición		MI (W)
Acostado o Sentado		21
De pie		42
Caminando		140
Subiendo pendiente		210
3. Adición derivada del tipo de trabajo Tipo de trabajo		MII (W)
Trabajo Manual	Ligero	28
	Pesado	63
Trabajo Con Un Brazo	Ligero	70
	Pesado	126
Trabajo Con Ambos Brazos	Ligero	105
	Pesado	175
Trabajo Con el Cuerpo	Ligero	210
	Moderado	350
	Pesado	490
	Muy Pesado	630

- Actividad metabólica

$$M = MB + MI + MII$$

$$M = 70W + 42W + 175W = 287W$$

$$M = 287 \text{ W} / 1.80 \text{ m}^2 = 160 \text{ W/m}^2$$

(1.80 es la superficie media de la piel de una persona)

En caso de mas de 1 actividad se multiplicará el metabolismo por el porcentaje de tiempo que realice dicha actividad.

De acuerdo con la Tabla N°2 estamos ante un caso de poco peligroso, es decir hay poco riesgo de congelamiento.

Velocidad estimada del viento (km/h)	Lectura de la temperatura real (°C)											
	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-46	-51
	TEMPERATURA EQUIVALENTE DE ENFRIAMIENTO (°C)											
en calma	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-46	-51
8	9	3	-3	-9	-14	-21	-26	-32	-38	-44	-49	-56
16	4	-2	-9	-16	-23	-31	-36	-43	-50	-57	-64	-71
24	2	-6	-13	-21	-28	-36	-43	-50	-58	-65	-73	-80
32	0	-8	-16	-23	-32	-39	-47	-55	-63	-71	-79	-85
40	-1	-9	-18	-26	-34	-42	-51	-59	-67	-76	-83	-92
48	-2	-11	-19	-28	-36	-44	-53	-61	-70	-78	-87	-96
56	-3	-12	-20	-29	-37	-46	-55	-63	-72	-81	-89	-98
64	-3	-12	-21	-29	-38	-47	-56	-65	-73	-82	-91	-100
(Las velocidades del viento superiores a 64 km/h tienen poco efecto adicional)	POCO PELIGROSO				PELIGRO CRECIENTE			GRAN PELIGRO				
	En < horas con piel seca. Peligro máximo de falsa sensación de seguridad.				Peligro de que el cuerpo expuesto se congele en un minuto.			El cuerpo se puede congelar en 30 segundos.				
En cualquier punto de este gráfico se puede producir el pie de trinchera y el pie de inmersión.												

DESARROLLO

IREQ en función de la velocidad y la temperatura del aire y del nivel de actividad

Var=16km/h= 4.44m/seg

M = 160 W/m²

Ta = -10 (°C)

IREQmin (clo) para M = 200 w/m ²						
Var (m/seg)	ta					
	5°C	0°C	-5°C	-10°C	-20°C	-30°C
0.2	0.4	0.69	0.89	1.09	1.49	1.89
0.5	0.54	0.74	0.94	1.14	1.54	1.94
1	0.61	0.8	1	1.2	1.59	1.99
2	0.68	0.87	1.07	1.26	1.66	2.05
5	0.76	0.96	1.15	1.34	1.73	2.12

AT (aislación total)= 1.34 (clo) distribuidos en todo el cuerpo.



DESARROLLO

I_{cl} : índice de vestimenta

Sumando el aislamiento proporcionado por la vestimenta.

$$0.04 + 0.12 + 0.25 + 0.36 + 0.52 + 0.10 + 0.03 + 0.08 = 1.50 \text{ (clo)} > 1.34 \text{ (clo)}$$

TIPO DE PRENDA	Aislamiento (CLO)	TIPO DE PRENDA	Aislamiento (CLO)
Ropa interior		· Vestido de manga corta	0.29
· Sujetador + tanga	0.04	· Vestido de manga larga de verano	0.29
· Sujetador + media hasta la rodilla + tanga	0.06	· Vestido de manga larga de invierno	0.40
· Tanga hombre	0.03	Jerseys	
· Calzoncillo corto	0.04	· Ligerito manga corta con cuello en V de algodón	0.20
· Calzoncillo media pierna	0.08	· Ligerito manga corta con cuello en V sintético	0.25
· Camiseta de tirantes de algodón	0.06	· Ligerito de manga larga sintético	0.28
· Camiseta de algodón	0.10	· De manga larga sin cuello de lana	0.36
· Camiseta manga larga de algodón	0.12	Varios	
Camisas y Blusas		· Overol	0.52
· Polo de manga corta	0.17	· Chaqueta de trabajo sintética	0.21
· Camisa de manga corta	0.19	· Chaqueta de trabajo de algodón	0.26
· Camisa de manga larga ligera	0.20	· Blusa de laboratorio	0.35
· Camisa de manga larga normal	0.25	· Smoking: de verano	0.13
· Camisa de manga larga de franela	0.34	· Smoking: de invierno	0.45
· Blusa sin cuello	0.25	· Chaleco	0.13
Pantalones		Zapatos - Calcetines	
· Pantalones cortos de algodón	0.08	· Calcetines finos	0.02
· Pantalón ligero	0.20	· Calcetines gruesos	0.05
· Pantalón normal	0.25	· Media pierna finos	0.03
· Pantalón de franela	0.28	· Media pierna gruesos	0.10
· Pantalón-peto con tirantes	0.28	· Zapatos	0.03
Faldas y Vestidos		· Zapatillas de deporte	0.02
· Falda altura rodilla de verano	0.15	· Guantes gruesos	0.08
· Falda altura rodilla de invierno	0.23		

DESARROLLO

Tmax (horas) en función de las características del vestido y de la temperatura del aire.

Var=16km/h= 4.44m/seg

M = 160 W/m²

Icl = 1.50 (clo)

Icl (clo)	Var (m/seg)	ta					
		5°C	0°C	-5°C	-10°C	-20°C	-30°C
1.5	0.2	>8	>8	>8	>8	1.38	0.59
	0.5	>8	>8	>8	>8	1.13	0.53
	1	>8	>8	>8	>8	0.93	0.47
	2	>8	>8	>8	5.7	0.76	0.41
	5	>8	>8	>8	2.22	0.6	0.35

Por lo tanto diremos que no podrá permanecer más de 2.22 hs en dichas condiciones.

Para conocer con exactitud el tiempo de recuperación del individuo en las condiciones actuales después de la exposición mayor de 70 minutos, es necesario disponer de un programa informático.

MUCHAS GRACIAS