

Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales

Ingeniería Civil



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba

HIGIENE Y SEGURIDAD

Segundo semestre - Año 2022

CARGA TÉRMICA

Grupo N°13

ALUMNOS:

Calvi, Alejandra.

Espejo, Ana Laura.

Galvan, Lourdes.

Perassi, Juan Cruz.

PROFESOR:

Ing. Sánchez, José Daniel

ÍNDICE

1.- Objetivo.....	4
2.- Marco Legal.....	4
3.- Definición.....	4
3.1.- Carga Térmica.....	4
3.2.- Estrés Térmico y Tensión Térmica.....	5
3.3.- Aclimatación.....	5
3.4.- Ajustes Fisiológicos.....	5
4.- Condiciones Hidrométricas.....	5
4.1.- Humedad Relativa (RH).....	6
4.2.- Velocidad del Viento.....	6
5.- Balance Calórico.....	7
5.1.- Calor Metabólico.....	7
5.2.- Intercambio Calórico.....	9
5.2.1.- Por Conducción.....	9
5.2.2.- Por Respiración.....	9
5.2.3.- Por Evaporación.....	9
5.2.4.- Por Convección y Radiación.....	11
6.- Estrés Térmica.....	12
7.- Estrés Térmico por Calor.....	13
7.1.- ¿Qué es?.....	13
7.2.- Factores que intervienen en el riesgo y daño a la salud.....	13
7.3.- Trabajos donde puede ser peligroso el estrés térmico por calor.....	14
7.4.- Riesgos y daños a la salud que genera el estrés térmico por calor.....	14
7.5.- Medidas Preventivas.....	17
7.5.1.- Sobre la Fuente de Calor.....	17
7.5.2.- Sobre el Medio de Propagación.....	18
7.5.3.- Sobre los Trabajos Expuestos.....	19
7.6.- Tiempo Máximo de Exposición.....	20
7.7.- Índice de Esfuerzo Calorífico.....	22
7.8.- Ejemplo de Aplicación.....	23
7.8.1.- Desarrollo.....	23

7.9.- Evaluación Carga Térmica.....	26
7.10.- Ejemplo de Aplicación.....	29
7.10.1.- Desarrollo.....	29
8.- Estrés Térmico por Frío.....	31
8.1.- ¿Qué es?.....	31
8.2.- Síntomas/ Consecuencias.....	31
8.3.- Factores que condicionan la protección al frío.....	32
8.4.- Medidas Preventivas.....	34
8.4.1.- Medidas de Orden General.....	34
8.4.2.- Medidas de Organización del Trabajo.....	34
8.4.3.- Medidas Preventivas Personales.....	34
8.5.- Evaluación de Riesgo.....	35
8.6.- Ejemplo de Aplicación.....	35
8.6.1.- Desarrollo.....	35
9.- Bibliografía.....	38

1.- OBJETIVO

- Concientizar sobre los peligros por la exposición a sobrecargas térmicas (frío o calor).
- Brindar criterios básicos de seguridad para reducir los riesgos debido a cargas térmicas.
- Informar sobre cómo evaluar las condiciones higrotérmicas y la carga térmica de los ambientes laborales.
- Analizar y modelizar aquellos riesgos que pueden estar relacionados concretamente con el estrés térmico, tanto por calor como por frío.
- Establecer las precauciones y prevenciones a tener en cuenta en trabajos en condiciones adversas de temperatura.
- Aportar información contrastada acerca de los efectos del calor en la salud y seguridad laboral.
- Conocer los requerimientos de la ley para poder implantar en las empresas planes de acción durante los episodios de calor y frío.

2.- MARCO LEGAL

Las situaciones laborales con exposición a la carga térmica están incluidas dentro de la Legislación Nacional de Higiene y Seguridad (Ley N° 19.587).

Podemos encontrar desarrollados los requerimientos a cumplimentar y disposiciones generales para la evaluación en los siguientes decretos y resoluciones.

1. Decreto 351/79 (Art. 60) con el ANEXO II.

2. Decreto 911/96 (Art. 137).

3. Resolución 295/2003 con el ANEXO III.

En esta última resolución se realiza la sustitución el ANEXO II del Decreto N° 351/79 por las especificaciones contenidas en el ANEXO III que forma parte integrante de la misma.

3.- DEFINICIONES

3.1 CARGA TÉRMICA

Según Decreto 351, se definen dos tipos de cargas térmicas:

- Carga Térmica Ambiental: Es el calor intercambiado entre el hombre y el ambiente.
- Carga térmica: Es la suma de carga térmica ambiental y el calor generado en los procesos metabólicos.

3.2 ESTRÉS TÉRMICO Y TENSION 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.

3.3 ACLIMATACIÓN

Es la adaptación fisiológica gradual que mejora la habilidad del individuo a tolerar el estrés térmico.

3.4 AJUSTES FISIOLÓGICOS

Mecanismos del organismo para la disipación de calor del cuerpo.

4.- CONDICIONES HIDROMÉTRICAS

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

Las condiciones higrométricas serán definidas por una serie de parámetros termodinámicos que variarán dependiendo del clima, las condiciones de exposición con la intemperie, las máquinas y herramientas propias de las tareas que se estén llevando a cabo.

Los parámetros a definir son:

- Temperatura del aire.
- Humedad relativa.
- Intercambio calórico por radiación.
- Velocidad del aire.
- Intercambio calórico por convección.
- Intercambio calórico por respiración.
- Intercambio calórico por evaporación.
- Calor metabólico.

A continuación se desarrollará cada uno de los ítems mencionados.

- Temperatura del Aire:

Definida por la temperatura de Bulbo Seco y la temperatura de Globo. Medida con el termómetro. Estos pueden ser tanto los termómetros de bulbo de mercurio, alcohol, bimetálico, digital siempre en cuando se encuentren homologados y calibrados para los rangos de temperatura ambiente.

- Temperatura de Bulbo Seco: Se mide la temperatura del aire sin considerar factores ambientales. Instrumento de medición: Termómetro convencional de mercurio o similar cuyo bulbo se encuentre seco.
- Temperatura de Bulbo Húmedo: Se envuelve el bulbo en un paño de agua, y se emplea para medir la temperatura húmeda del aire.
- Temperatura del globo: Se determina la temperatura radiante media, que tiene en cuenta el calor emitido por radiación de los elementos del entorno. Instrumento de medición: globo termómetro.
- Temperatura de rocío o punto de rocío: Es la temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire.



4.1 HUMEDAS RELATIVA (RH)

Es la relación entre la cantidad real de vapor de agua en el aire y la presión de vapor de equilibrio del agua a una temperatura dada.

Instrumento de medición: psicrómetro.

La humedad relativa depende de la temperatura y la presión del sistema de interés. La misma cantidad de vapor de agua produce una mayor humedad relativa en el aire frío que en el aire caliente.

4.2 VELOCIDAD DEL VIENTO

En las proximidades de la piel, se crea una capa de aire inmóvil que mantiene una temperatura cercana a la de la piel y una humedad relativa alta.

El movimiento del aire desplaza esa capa y permite un intercambio de calor más efectivo con el ambiente y un mejor rendimiento de la evaporación del sudor, lo que modifica las condiciones térmicas del cuerpo.

Para su determinación in situ, se utilizan Anemómetros digitales.



5.- BALANCE CALÓRICO

El sistema termorregulador del cuerpo humano tiende a mantener un balance calórico (el calor producido por la actividad metabólica como resultado del trabajo, debe ser igual a la cantidad de pérdida/ganancia producida por convección, radiación y evaporación).

La ecuación de balance térmico en un ser humano puede ser expresada de la siguiente manera:

$$Q = M \pm R \pm C - E \pm C_{res} \pm E_{res} \pm K$$

Donde:

Q = Calor almacenado/Pedido en el cuerpo que genera un aumento o descenso de la T° corporal.

M = Calor metabólico.

R = Calor intercambiado por radiación.

C = Calor intercambiado por convección.

E = Calor intercambiado por evaporación del sudor.

C_{res} = Calor intercambiado por convección respiratoria debido a que existe diferencias de temperaturas entre el aire exhalado (se considera la temperatura del aire exhalado igual a 34°C) y el inhalado.

E_{res} = Calor latente intercambiado por diferencias en el contenido de vapor de agua entre el aire inhalada y el exhalado.

K = Calor intercambiado por conducción.

5.1 CALOR METABÓLICO

Es el conjunto de procesos físicos y químicos del cuerpo que producen y usan energía. Como resultado del equilibrio dinámico entre la producción de calor y el intercambio calórico con el medio ambiente que rodea al individuo. El límite mínimo del metabolismo está determinado por la actividad fisiológica básica para mantenerse vivo, por lo que recibe el nombre de metabolismo basal (MB). Dentro de estas reacciones químicas que tienen lugar en el cuerpo humano se pueden distinguir dos tipos:

- CATABOLISMO: Procesos metabólicos que transforman las moléculas complejas en moléculas simples, liberando calor en el proceso mediante la síntesis del ATP.
- ANABOLISMO: Procesos metabólicos que requieren energía para transformar sustancias simples en otras más complejas. Para ellos requieren energía. Este proceso supone la incorporación neta de nitrógeno en el cuerpo humano.



La cantidad de calor producida varía con el grado de actividad corporal:

- 70 Kcal/h para una persona en reposo.
- 1200 Kcal/h para actividades físicas intensas.

En consecuencia para determinar el calor metabólico (M) en el ámbito laboral, se lo considera como la sumatoria del metabolismo basal (Mb) y las adiciones derivadas de la posición del cuerpo (MI) y del tipo de trabajo, por lo que:

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

Determinación del calor metabólico: definido dentro del Decreto Reglamentario 351/1979 – Ley 19.587. Para su determinación deben utilizarse las tablas (anexo II).

“Las determinaciones se efectuarán en condiciones similares a las de la tarea habitual. Si la carga térmica varía a lo largo de la jornada, ya sea por cambios de las condiciones higrotérmicas del ambiente, por ejecución de tareas diversas con diferentes metabolismos, o por desplazamiento del hombre por distintos ambientes, deberá medirse cada condición habitual de trabajo.

El índice se calculará según el anexo II a fin de determinar si las condiciones son admisibles de acuerdo a los límites allí fijados.

Cuando ello no ocurra deberá procederse a adoptar las correcciones que la técnica aconseje”.

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

5.2 INTERCAMBIO CALÓRICO

5.2.1 Por conducción

El calor perdido por conducción (K) se produce en las partes del cuerpo que están en contacto con las superficies externas e a través de las herramientas. Esta pérdida calórica tiene muy poca influencia en el intercambio calórico total, y generalmente se desprecia.

5.2.2 Por respiración

Se produce por vaporización del agua en los pulmones.

En la respiración se produce un intercambio de calor ya que existen diferencias de temperaturas (C_{res}) entre el aire exhalado (se considera la temperatura del aire exhalado igual a 34 °C) y el inhalado, y porque existen diferencias en el contenido de vapor (E_{res}). La transferencia de calor por respiración (C_{res} y E_{res}) es insignificante por lo tanto también se puede despreciar.

$$C_{res} = 0.0014 \cdot M \cdot (34 - t_a)$$

Donde:

C_{res} = Pérdida de calor por convección respiratoria, (W/m²).

M = Calor metabólico, (W/m²).

t_a = Temperatura del aire en el ambiente, (°C).

$$E_{res} = 1.72 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a)$$

p_a = Presión parcial de vapor de agua en el ambiente, (Pa).

5.2.3 Por evaporación

La evaporación del sudor es uno de los mecanismos más efectivos mediante el cual el cuerpo puede mantener su temperatura interna dentro de los valores normales, incluso cuando se realizan tareas que requieren un esfuerzo físico considerable. La cantidad de sudor que se evapora varía mucho en función del trabajo que se realice, del tipo de vestido, de la velocidad del aire, de la humedad del ambiente, y está limitada por la capacidad de sudar de cada persona. Las personas habituadas a trabajar en ambientes calurosos, o a realizar trabajos duros, pueden incrementar considerablemente su capacidad de sudoración, con lo que obtienen un mayor control sobre la temperatura corporal. Cada gramo de sudor evaporado requiere un aporte de calor por parte del cuerpo de 0,58 kcal. Una persona aclimatada puede llegar a sudar 1 litro por hora. Así, por ejemplo, para una sudoración de 3,5 litros, si todo este vapor se evapora, se produce un intercambio de calor de 673 W (374 W/m²) para una superficie corporal de 1,8 m², lo que supone una cantidad de 8485 kJ.

Con actividades moderadas (trabajo de oficina, profesores, vendedores, industria ligera, etc.) la evaporación es de menor importancia y comporta alrededor del 25% de las pérdidas de calor.

La pérdida de calor por evaporación tiene lugar en parte por la difusión del vapor de agua a través de la piel, y en parte por evaporación del sudor de la superficie dérmica (el agua toma calor de la piel para evaporarse).

La pérdida de calor por evaporación se considerará permisible o no, en función de la comparación con la evaporación máxima permisible.

La eficacia de la sudoración está condicionada por las variables del ambiente térmico, especialmente por la humedad y la velocidad del aire. El flujo máximo de calor por evaporación en la superficie de la piel se alcanza cuando la piel está completamente húmeda:

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

Donde:

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, (m^2kPaW^{-1}).

Para el cálculo de R_t se utiliza la expresión:

$$R_t = \frac{1}{16.7 \cdot h_c \cdot F_{clo}}$$

Siendo:

F_{clo} es el factor adimensional de reducción de los intercambios de calor latente debidos al atuendo.

$$F_{clo} = \frac{1}{1 + 2.22 h_c \left(I_{cl} - \frac{1 - \frac{1}{f_{clo}}}{(h_r + h_c)} \right)}$$

F_{clo} : Cociente entre la superficie de la persona vestida y la superficie de la persona desnuda.

$$f_{clo} = 1 + 1.97 I_{clo}$$

I_{clo} = Aislamiento térmico de la ropa.

La presión de vapor de agua saturado en la superficie de la piel (p_p) es función de su temperatura (t_p) y para valores de t_p entre 27 °C y 37 °C viene dada por la siguiente expresión:

$$p_p = 2566 \cdot t_p - 3373$$

La pérdida de calor mediante la difusión de agua a través de la superficie de la piel no se controla por el sistema termorregulador.

5.2.4 Por convección y radiación

La transferencia de calor obliga siempre a la existencia de una diferencia de temperatura, este intercambio puede ser por radiación y convección las mismas pueden tener signo positivo o negativo

Por radiación (R): Es el calor emitido por un cuerpo debido a su temperatura de forma que la energía es transmitida a distancia por ondas electromagnéticas, por lo que no requiere de un medio material para su transferencia.

Podemos considerarlo negativo cuando el cuerpo humano disipa calor por radiación al ambiente (la temperatura del aire es inferior a la de la piel); y positivo cuando el calor radiante de las maquinarias de trabajo (tales como hornos de fundición, cocinas, etc.) debido a su elevada temperatura de funcionamiento emiten energía calórica (la temperatura del aire es superior a la de la piel), lo cual modifica las condiciones higrotérmicas de la zona de trabajo, y condicionan el intercambio calórico entre el cuerpo humano y el ambiente.

El intercambio de calor por radiación en W/m² viene dado por:

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

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

Siendo:

TRM = Temperatura radiante media (°C).

t_{clo} = Temperatura del vestido (°C).

t_p = Temperatura de la piel (°C).

f_{clo} = Proporción de la superficie vestida adimensional.

Por convección (C): En este sistema de transferencia de calor interviene un fluido (gas o líquido) en movimiento que transporta la energía térmica entre zonas con diferente temperatura. La transmisión de calor por convección puede ser forzada a través de un ventilador (aire) o bomba (agua) que mueve el fluido entre distintas zonas; o natural, donde el propio fluido extrae el calor de la zona caliente, cambia su densidad haciendo que se desplaza hacia la zona más fría donde cede calor.

El intercambio de calor por convección, viene dado por:

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

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

Siendo:

f_{clo} = Factor de área del vestido.

h_c = Coeficiente de convección, (Wm⁻² K⁻¹).

t_a = Temperatura del aire, (°C).

t_{clo} = Temperatura del vestido, (°C).

t_p = Temperatura de la piel, (°C).

Desde el punto de vista de las condiciones de confortabilidad térmica el 25 % del calor producido por metabolismo en período de descanso, es transferido desde la superficie de la piel al aire por convección, la mitad es perdido por radiación al entorno y el 25 % restante es cedido por calentamiento del aire inspirado (el calor eliminado por la respiración es del orden del 8 al 10 % del producido por metabolismo, en una persona media, sana y en condiciones normales) y por evaporación de la transpiración de la piel expuesta (desnuda), (unos 20 a 30 gr/h, para una persona media, sana, y en condiciones normales).

6.- ESTRÉS TÉRMICA

En consecuencia la ecuación de balance térmico, despreciando los términos de intercambio calórico por conducción y por respiración por ser considerados insignificantes, queda:

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

Esto significa que el calor generado por metabolismo debe perderse o evitar perderse por radiación, convección y por evaporación del sudor. Pueden suceder tres situaciones:

- Cuando la expresión da cero (Q=0) significa que hay equilibrio térmico y todo el calor metabólico generado por el trabajo se disipa o no se pierde. El cuerpo logra mantener su temperatura corporal necesaria para el correcto funcionamiento de las funciones vitales.
- Que el calor cedido del cuerpo al ambiente sea excesivo Q<0, la temperatura del cuerpo desciende y aparece el estrés térmico por frío.

- En caso de obtener un resultado mayor que cero ($Q>0$), el calor almacenado debe eliminarse por otra vía que no sea la radiación y/o convección, quedando como última alternativa la evaporización del sudor. Cuando esta no es suficiente para mantener el balance térmico del cuerpo aparece el estrés térmico por calor.

7.- ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR

7.1 ¿QUÉ ES?

Es la acumulación excesiva de calor en el cuerpo que no puede ser emitido al ambiente, generando un aumento de la temperatura corporal y llevando a una inestabilidad de las funciones vitales.

7.2 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL RIESGO Y DAÑO A LA SALUD

El riesgo de estrés térmico para una persona expuesta a un ambiente caluroso depende:

- De la producción de calor de su organismo (M), como resultado de su actividad laboral.
- De las condiciones higrotermicas del ambiente que le rodeo, que condicionan el intercambio de calor entre su cuerpo y el medio:
 - Cuando hace calor, trabajar puede resultar bastante incómodo o incluso agobiante, especialmente si no corre el aire y si además, la humedad del ambiente es alta.
- Del tiempo de exposición (Duración del trabajo).
- De factores personales como:
 - Falta de aclimatación al calor.
 - Capacidad de sudar.
 - Estado de salud - Enfermedades previas cardiovasculares, respiratorias, renales, cutáneas, diabetes, obesidad, entre otras.
 - Toma de medicamentos que alteren las funciones del organismo.
 - Mala forma física y alimentación.
 - Falta de descanso.
 - Bajo consumo de agua.
 - Consumo de alcohol, drogas y exceso de cafeína.
 - Haber sufrido con anterioridad algún trastorno relacionado con el calor.

7.3- TRABAJOS DONDE PUEDE SER PELIGROSO EL ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR

En trabajos en sitios cerrados o semicerrados:

- Donde el calor y la humedad sean elevados debido al proceso de trabajo o a las condiciones climáticas de la zona o la ausencia de medios para reducirlos: fundiciones, acerías, fábricas de ladrillos, fábricas de cerámica, plantas de cemento, hornos, panaderías, lavanderías, minas, invernaderos, entre otro.
- Donde, sin ser el calor y la humedad ambiental elevados, se realice una actividad física intensa o donde los trabajadores lleven trajes o equipos de protección individual que impidan la eliminación del calor corporal.

En trabajos al aire libre:

- El estrés térmico y sus consecuencias pueden ser especialmente peligrosos en los trabajos al aire libre, como en la construcción, agricultura, etc.

7.4 RIESGOS Y DAÑOS A LA SALUD QUE GENERA EL ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR

El exceso de calor corporal puede hacer que:

- Aumenta la probabilidad de que se produzcan accidentes de trabajo.
- Se agravan dolencias previas (enfermedades cardiovasculares, respiratorias, renales, cutáneas, diabetes, etc.).
- Se producen las llamadas “enfermedades relacionadas con el calor”.

Cuando se trabaja en condiciones de estrés térmico por calor, la primera consecuencia de la acumulación de calor en el cuerpo que experimentan los trabajadores es la sensación molestar de “tener calor”. Para tratar de eliminar el exceso de calor, enseguida se ponen en marcha los mecanismos de termorregulación del propio cuerpo (termorregulación fisiológica):

- Los trabajadores empiezan a sudar (al evaporarse el sudor de la piel, está se enfría).
- Aumenta el flujo de la sangre hacia la piel (vasodilatación periférica) para llevar el calor del interior del cuerpo a su superficie y que desde allí pueda ser expulsado al exterior.

Si continúan esas condiciones de calor y los trabajadores siguen trabajando y acumulando calor, llegará un momento en que se producirán diversos daños, incluidos en las llamadas enfermedades relacionadas con el calor, cuya gravedad es proporcional a la cantidad de calor acumulado. De ellas la más grave es el golpe de calor, que en muchas ocasiones provoca la muerte.

Por otra parte, aunque cese el trabajo en condiciones de estrés térmico elevado y no se produzca una acumulación excesiva de calor en el cuerpo, los trabajadores también sufrirán daños si no reponen el agua y los electrolitos (sales) perdidos al sudar.

A continuación se nombran y describen los principales desórdenes fisiológicos por calor:

- Golpe de calor: El golpe de calor ocurre cuando el sistema termorregulador no puede manejar la situación de carga térmica, y la temperatura aumenta continuamente; se disminuye la función cerebral, y los mecanismos de disipación calórica no actúan correctamente. Los síntomas son el desmayo, las convulsiones, delirios alucinatorios, y hasta un estado de coma, que se producen aún sin advertencia. Los síntomas externos son una piel caliente, seca y coloreada. La temperatura interna aumenta hasta alrededor de los 40°C, y si ésta supera los 42- 45°C se producen las convulsiones y el coma. Ésta a veces es fatal, y en los casos de supervivencia, se producen serios daños al cerebro y a los riñones.

- Colapso calórico (Síncope por calor): El colapso o desmayo calórico se produce por un esfuerzo excesivo sobre el sistema circulatorio. Por ejemplo: el estar de pie durante mucho tiempo en un sitio caluroso, no llega suficiente sangre al cerebro. Los síntomas son mareos, dolor de cabeza, palidez, y una piel sudorosa. En estos casos se produce también una deficiencia de oxígeno que influye en la actividad del cerebro y del corazón. La deshidratación aumenta los riesgos de un colapso calórico. La temperatura interna es usualmente normal.

- Deshidratación: El agotamiento por deshidratación ocurre cuando la pérdida del agua producida por la transpiración no es reemplazada por la ingesta de líquidos, con lo que el contenido de agua del cuerpo disminuye notablemente. Usualmente, los trabajadores no reponen el agua perdida durante la jornada laboral, sino que lo hacen luego cuando están en sus hogares. La tendencia actual apunta a que estos repongan el fluido perdido mientras están en actividad. Generalmente se le suministran líquidos especialmente acondicionados de acuerdo a la tarea a desarrollar.

A veces a los fenómenos de deshidratación los acompañan los de pérdida de cloruro de sodio que se producen por no ser reemplazada la cantidad de sal perdida. Generalmente los líquidos para beber en condiciones de carga térmica, incorporan una cantidad adecuada de esta sal y otras sales perdidas, por lo que su uso es extremadamente recomendable, sobre todo en la industria siderúrgica, del vidrio y de la construcción. Se considera como límite de deshidratación sin riesgos, a una pérdida de líquido no superior al 1,5% del peso del individuo. Deben observarse precauciones especiales en lugares desérticos o semidesérticos, en donde el sudor se evapora rápidamente y puede no notarse una sudoración exagerada. En estos casos aumentan los tiempos de reacción y disminuye la capacidad mental, y el cuerpo en general es más propenso a las intoxicaciones, especialmente las producidas por el alcohol.

- Calambres: Dolores agudos producidos en los músculos, sobre todo en los trabajadores no acostumbrados al calor, y se producen por la pérdida excesiva de sales debido a que se suda mucho y la ingesta de una gran cantidad de agua, pero sin que ésta incorpore las sales perdidas.

- Enfermedades de las glándulas sudoríparas: Las enfermedades en las glándulas sudoríparas se producen después de una prolongada exposición en el tiempo al calor (meses o años); en ambientes sumamente húmedos en los cuales el sudor no puede evaporarse libremente. Es la típica enfermedad de mineros y de personal que trabaja en lavaderos. En estos casos las glándulas sudoríparas de ciertas secciones del cuerpo dejan de funcionar adecuadamente. Esta disfunción disminuye la sudoración, con lo cual la persona disminuye su resistencia calórica. Generalmente aparecen picazones, pinchazos o erupciones.

En la siguiente tabla se detallan las diferentes enfermedades relacionadas con el calor, con sus causas, síntomas, primeros auxilios y prevención:

ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL CALOR	CAUSAS	SINTOMAS
ERUPCIÓN CUTÁNEA	Piel mojada debido a excesiva sudoración o a excesiva humedad ambiental	Erupción roja desigual en la piel. Puede infectarse. Picoros intensos. Molestias que impiden o dificultan trabajar y descansar bien.
CALAMBRES	Pérdida excesiva de sales, debido a que se suda mucho. Bebida de grandes cantidades de agua sin que ingeran 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.
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.
DESHIDRATACIÓN	Pérdida excesiva de agua, debido a que se suda mucho y no se repone el agua perdida.	Sed, boca y mucosa secas, fatiga, aturdimiento, taquicardia, piel seca, acartonada, micciones menos frecuentes y de menor volumen, orina concentrada y oscura.
AGOTAMIENTO POR CALOR	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. Puede desembocar en golpe de calor.	Debilidad y fatiga extremas, náuseas, malestar, mareos, taquicardia, dolor de cabeza, pérdida de conciencia, pero sin obnubilación. Piel pálida, fría y mojada por el sudor. La temperatura rectal puede superar los 39°C.
GOLPE DE CALOR	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. Puede aparecer de manera brusca y sin síntomas previos.	Taquicardia, respiración rápida y débil, tensión arterial elevada o baja, disminución de la sudación, irritabilidad, confusión y desmayo. Alteraciones del sistema nervioso central. Piel caliente y seca, con cese de sudoración. La temperatura rectal puede superar los 40.5 °C.

	Fallo del sistema de termorregulación fisiológica. Elevada temperatura central y daños en el sistema nervioso central, riñones, hígado, etc., con alto riesgo de muerte.	PELIGRO DE MEURTE
--	--	--------------------------

7.5 MEDIDAS PREVENTIVAS

Priorizándose las actuaciones sobre el foco, para continuar sobre el medio y luego sobre los individuos expuestos.

7.5.1 SOBRE LA FUENTE DE CALOR

Las principales fuentes interiores de calor estarán en el propio proceso de fabricación (aunque no todas) y la naturaleza de las cargas térmicas serán fundamentalmente radiante y convectiva.

Protección contra las fuentes de calor radiante: Este tipo de protección se conseguirá mediante apantallamiento o encerramiento mediante barreras, obteniendo de esta forma aumentar la resistencia térmica entre la fuente y el ambiente. Se efectúan intercalando material de baja conductividad térmica entre el foco caliente y el ambiente.

Tipos de barreras utilizadas como barreras térmicas:

- Chaquetas de aislante térmico (Fibra de vidrio):



Soportan una variedad de temperaturas desde -54°C hasta los 1000°C, según la combinación de materiales empleados).

- Aislamiento con lana de roca.
- Poliuretano en spray.
- Encamisados de aluminio.

Las enfermedades por estrés térmico constituyen un riesgo común debido principalmente a la radiación infrarroja procedente de los hornos y el metal en fusión. La prevención de las enfermedades producidas por el calor debido a la radiación infrarroja puede consistir en:

- Colocar pantallas aislantes entre los trabajadores y los focos de calor, disponiendo de cortinas de agua aire delante de los hornos o colocando telas metálicas termorresistentes.

Protección contra las fuentes de calor convectivas. Las principales formas de actuar sobre estas fuentes serán:

- Extracción localizada. Instalación de campanas de aspiración encima de los focos de producción de calor.
- Ventilación general por la evacuación de la columna de aire caliente por convección natural.

7.5.2 SOBRE EL MEDIO DE PROPAGACIÓN

El medio de propagación será el aire que rodea a las personas y las formas de actuar sobre él se basaran en lo siguiente:

- Ventilación general con aire exterior (entrada de aire frío y expulsión de aire caliente). La misma puede ser con tiro natural o forzado. En un sistema ideal de ventilación general, la entrada de aire deberá hacerse por la parte inferior a nivel del suelo, de tal manera que el aire frío de entrada incide en principio sobre los trabajadores mezclándose con el aire del local y entrando después en contacto con las superficies calientes, calentándose, ascendiendo y escapando por las aberturas realizadas en el techo de la nave del local. Pueden presentarse los inconvenientes de que el aire exterior sea excesivamente frío o excesivamente caliente y no es fácil conseguir una distribución adecuada de temperaturas en la zona de trabajo.
- Acondicionamiento del aire: en determinadas ocasiones será preciso efectuar un tratamiento previo del aire en las instalaciones de ventilación general. Estos tratamientos básicamente estarán enfocados a modificar la temperatura y la cantidad de vapor de agua (humedad).

7.5.3 SOBRE LOS TRABAJORES EXPUESTO

- Exigencia de examen médico laboral previo al ingreso al puesto de trabajo, de esta manera se puede reconocer si se está frente a un paciente de riesgo.
- Cuidar de que todos los trabajadores estén aclimatados al calor de acuerdo al esfuerzo físico que vayan a realizar. Permitirles adaptar los ritmos de trabajo a su tolerancia al calor.

La falta de aclimatación al calor es uno de los factores personales más importantes.

La aclimatación al calor hace que el cuerpo sea capaz de tolerar mejor los efectos del calor, ya que favorece los mecanismos de termorregulación fisiológica:

- Aumenta la producción del sudor y disminuye su contenido en sales.
- Aumenta la vasodilatación periférica. Con ello la temperatura central del cuerpo no se eleva tanto.
- La frecuencia cardíaca se estabiliza a un nivel inferior.

La aclimatación al calor no se consigue de forma inmediata. Es un proceso gradual que puede durar de 7 a 21 días. Durante el mismo, el cuerpo se va adaptando a realizar una determinada actividad física en condiciones ambientales calurosas. El primer día de trabajo sólo se debe trabajar en esas condiciones la mitad de la jornada; después cada día se irá aumentando un poco el tiempo de trabajo (10% de la jornada normal) hasta llegar a la jornada completa. Los aumentos de la actividad física del trabajo o del calor o la humedad ambientales requerirán otra aclimatación a las nuevas circunstancias.

- Informar y formar a los trabajadores sobre los riesgos, efectos y medidas preventivas. Adiestrarlos en el reconocimiento de los primeros síntomas de las afecciones del calor en ellos mismos y en sus compañeros y en la aplicación de los primeros auxilios.
- Proporcionar agua fresca e instruir a los trabajadores para que la beban con frecuencia.
- Disponer de sitios de descanso frescos, cubiertos o a la sombra, y permitir a los trabajadores descansar cuando lo necesiten, y especialmente en cuanto se sientan mal.
- Reducción de la producción de calor metabólico. Esto se logra:
 - Disminuye la carga de trabajo o distribuyendo a lo largo de toda la jornada.

- Automatizado o mecanizado el proceso o aplicando herramientas que reduzcan el esfuerzo físico.
- Alejamiento de las zonas de calor o de la intemperie, sobre todo cuando la tarea a realizar por el trabajar puede realizarse en un ambiente cubierto.
- Limitando el tiempo de exposición:
 - Rotación de los trabajadores en los puestos de mayor riesgo por calor.
 - Programar los trabajos más duros en horas menos calurosas.
- Garantizar una vigilancia de la salud específica a los trabajadores: realizar controles médicos de forma periódica.
- Utilización de ropa protectora para el calor, en lugares donde haya fuentes de calor que emiten radiación infrarroja. La misma debe ser antitérmica y reflectante.



7.6 TIEMPO MÁXIMO DE EXPOSICIÓN

Ecuación de balance térmico:

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

Por lo tanto, podemos definir la evaporación requerida para que se mantenga el equilibrio térmico del cuerpo ($Q=0$) como:

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

Donde:

E_{req} = Evaporación requerida para el equilibrio, Kcal/h.

M = Calor generado por el organismo (metabolismo), Kcal/h.

R = Calor generado por radiación, Kcal/h.

C = Calor ganado o perdido por convección, Kcal/h.

Pero la evaporación requerida (E_{req}) estará limitada por cantidad máxima de calor que el trabajador es capaz de eliminar por evaporación del sudor (Evaporación máxima, E_{max}) en las condiciones ambientales existente.

Por lo tanto la diferencia entre E_{req} y la evaporación máxima E_{max} es evidentemente la ganancia neta de calor que recibe el organismo del sujeto expuesto ($Q > 0$). Se determina que la exposición al calor debe cesar cuando la temperatura interna del cuerpo se ha incrementado $1^{\circ}C$ y puesto que ese aumento se debe al hecho de que la evaporación máxima es inferior a la necesaria para el equilibrio térmico, el tiempo necesario para que se produzca dicho incremento (para un calor específico medio del organismo de $0,82 \text{ Kc/KgoC}$) vendrá dado por la expresión:

$$t_{ex} = 3600 / (E_{req} - E_{max})$$

Donde:

t_{ex} = Tiempo máximo de permanencia en el ambiente considerado, expresado en minutos.

Diferentes términos del balance térmico en situación de trabajo:



Por el mismo razonamiento es posible calcular el tiempo de descanso necesario entre dos exposiciones sucesivas; en las zonas de reposo se pretende que el cuerpo elimine el calor acumulado durante la exposición hasta recuperar la temperatura interna inicial.

En una zona de reposo debe cumplirse que E_{max} sea superior a E_{req} , y el tiempo mínimo necesario de permanencia en la zona, tiempo de recuperación t_r , vendrá dado por:

$$t_r = 3600 / (E_{max} - E_{req})$$

Donde:

t_r = Tiempo de recuperación, expresado en minutos.

Diferentes términos del balance térmico en situación de descanso:



7.7 ÍNDICE DE ESFUERZO CALORÍFICO

El índice de esfuerzo calorífico se calcula por medio de tablas basadas en función de distintas variables, el mismo relaciona la Evaporación requerida (E_{req}) con la Evaporación máxima (E_{max}):

$$IEC = (E_{req}/E_{max}) \times 100$$

Es usado con relativa frecuencia ya que posee la ventaja de que puede observarse fácilmente el efecto producido por el cambio de las variables.

En el siguiente cuadro se muestra las consecuencias fisiológicas para 8 horas de exposición:

Índice	Consecuencias fisiológicas para 8 hs de exposición
0	No hay carga calórica
10 - 30	Costo fisiológico suave o moderado.
40 - 60	Costo fisiológico elevado que comporta un riesgo para la salud, a menos que se trate de individuos físicamente adaptados.
70 - 90	Costo fisiológico muy elevado, solo con pequeño porcentaje de personas puede adaptarse, además el personal debe seleccionarse.
100	Máximo costo fisiológico, tolerables para hombre jóvenes aclimatados

- Cuando hay equilibrio térmico ($Q=0$): $IEC=0$.
- Siempre que la E_{req} sea satisfecha por la E_{max} : $IEC<100$.
- Cuando la E_{req} no puede ser satisfecha por la E_{max} : $IEC>100$, hay riesgo de estrés térmico y se debe calcular el tiempo de exposición.

7.8 EJEMPLO DE APLICACIÓN – TIEMPO MÁXIMO DE EXPOSICIÓN

Un trabajador debe penetrar tres veces al día en una cámara de secado de papel en la que existen las siguientes condiciones ambientales:

- TBS (Temperatura ambiente de aire seco) = 50°C.
- TBH (Temperatura de bulbo húmedo) = 31°C.
- TG (Temperatura de globo o radiación) = 51°C.
- Velocidad del aire = Inapreciable.

El trabajo que realiza en el interior de la cámara es de engrasar determinados elementos; se estima que la carga térmica metabólica es de $M = 150$ Kcal/h. Después de realizar el trabajo descansa sentado (carga metabólica de 80 Kcal/h) en un banco próximo; en ese lugar las condiciones ambientales son las siguientes:

- TBS (Temperatura ambiente de aire seco) = 25°C.
- TBH (Temperatura de bulbo húmedo) = 18°C.
- TG (Temperatura de globo o radiación) = 35°C.
- Velocidad del aire = 0,5 m/s.

Se trata de calcular el tiempo máximo que el trabajador puede permanecer en el interior de la cámara de secado, y el tiempo que debe descansar después de dicha permanencia.

7.8.1 DESARROLLO

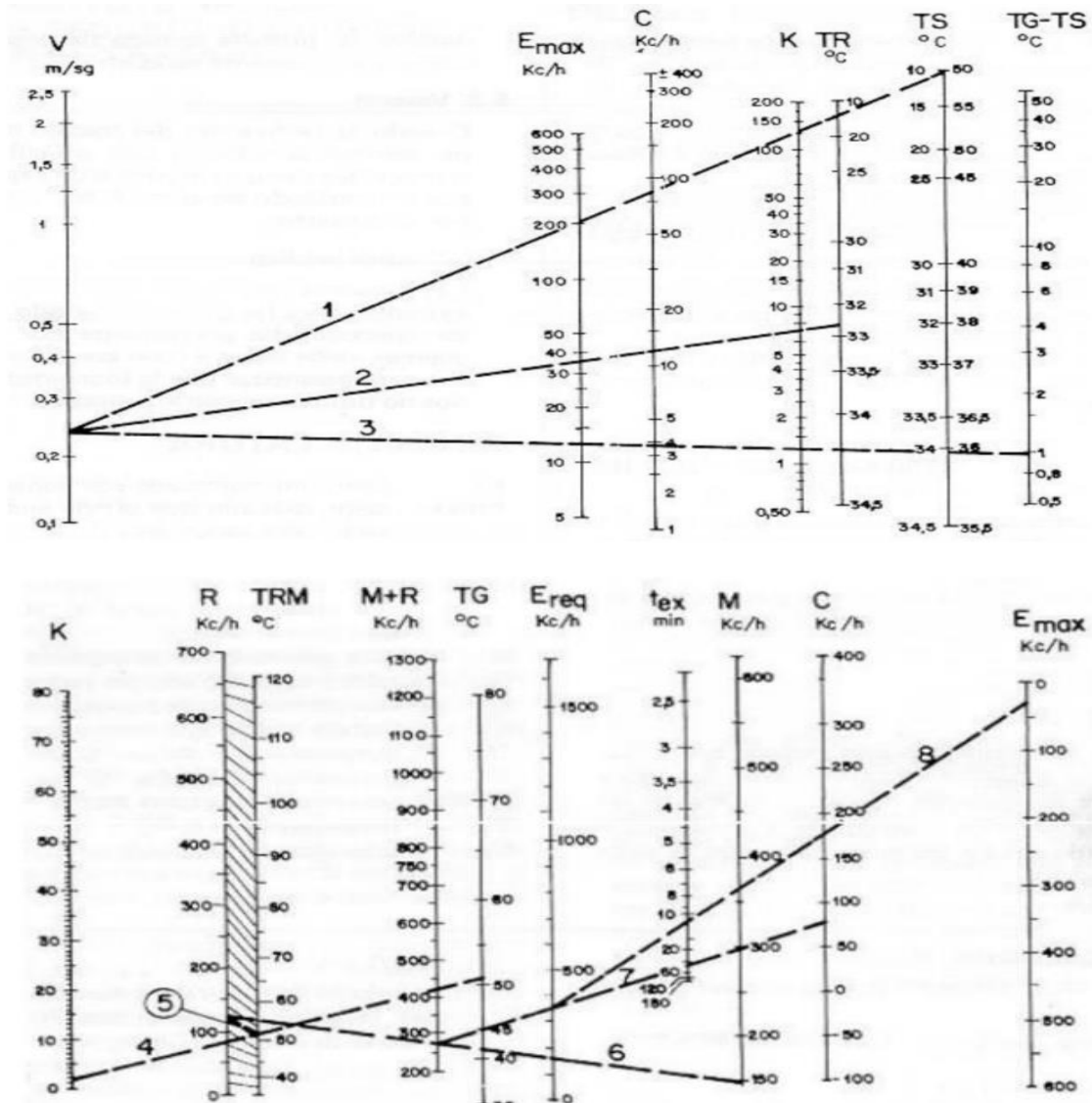
Consideraremos que en el interior de la cámara de secado la velocidad efectiva del aire respecto al cuerpo es de 0,25 m/s ya que, aunque el aire esté en reposo, el individuo se mueve y por tanto existe una velocidad relativa del aire respecto al cuerpo.

Con la temperatura seca y la temperatura húmeda, se determina la temperatura de rocío mediante la siguiente tabla:

Temperatura seca																	Temperatura húmeda											
10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42		44	46	48	50	52	54	56	58	60		
10	8,1	6,0	3,6	8,8	-2,7																						10	
	12	10,3	8,5	6,5	-4,1	1,4	-1,9																				12	
		14	12,5	10,9	9,1	7,2	4,9	2,3	-0,7																		14	
			16	14,7	13,2	11,8	10,1	8,2	6,1	3,7	0,9	-2,5															16	
				18	16,7	15,6	14,2	12,8	11,2	9,5	7,5	5,4	2,9	-0,1													18	
					20	18,9	17,8	16,7	15,5	14,1	12,6	11,0	9,2	7,3	5,1	2,5	-0,5										20	
						22	21,1	20,1	19,1	18,0	16,8	15,5	14,2	12,8	11,2	9,4	7,5	5,3	2,8	-0,2							22	
							24	23,1	22,3	21,4	20,4	19,4	18,3	17,2	16,0	14,7	13,2	11,7	10,0	8,1	6,0	3,6	0,8	-2,6			24	
								26	25,3	24,5	23,7	22,8	21,9	21,0	20,0	19,0	17,9	16,7	15,4	14,1	12,6	11,0	9,2	7,3	5,1	2,6	26	
									28	27,3	26,7	25,9	25,2	24,4	23,5	22,7	21,8	20,9	19,9	18,8	17,7	16,5	15,2	13,9	12,4	10,8	28	
										30	29,4	28,8	28,1	27,4	26,8	26,0	25,3	24,5	23,7	22,9	22,0	21,0	20,0	19,0	17,9	16,7	15,4	30
											32	31,5	30,9	30,3	29,7	29,1	28,5	27,8	27,1	26,4	25,7	24,9	24,1	23,3	22,4	21,4	20,3	32
												34	33,5	33,0	32,5	31,9	31,4	30,9	30,2	29,6	29,0	28,4	27,7	27,0	26,3	25,6	24,8	34
													36	35,5	35,1	34,6	34,1	33,6	33,1	32,6	32,1	31,5	31,0	30,4	29,8	29,2	28,6	36
														38	37,6	37,2	36,7	36,3	35,9	35,4	35,0	34,5	34,0	33,5	33,0	32,5	32,0	38

Se obtiene que la temperatura de rocío en la cámara de secado es de 32,6 ° C y en el lugar de descanso es de 13,5 ° C.

Para el cálculo de las diferentes variables se utiliza el siguiente nomograma:



Metodología de utilización del nomograma:

El cálculo se efectúa a partir de tres hipótesis principales:

- a. Hombre estándar de 70 Kg de peso.
- b. El vestido es ligero (camisa y pantalón de verano o similar).
- c. La temperatura de la piel es de 35 °C.

1. La recta que une el punto representativo de la velocidad de aire con la temperatura seca del mismo da la magnitud del calor intercambiado por convección C.

Se observa que la escala de temperatura seca es doble y que los valores del calor de convección vienen afectados del signo \pm . El signo + es el que se toma cuando la temperatura seca es superior a 35 °C y el signo - corresponde a valores de la temperatura inferiores a 35 °C.

2. La recta que une la velocidad del aire con la temperatura de rocío da la cantidad máxima de calor que puede eliminarse por evaporación, Emax.
3. La recta que une la velocidad de aire con la diferencia entre la temperatura de globo y la temperatura seca, TG - TS, da una constante intermedia K.
4. La recta que une el valor de K con la temperatura de globo TG da la temperatura radiante media (TRM).
5. De la temperatura radiante media se "asciende" por las rectas auxiliares dibujadas hasta el valor del calor ganado por radiación, R. El método supone que en condiciones de estrés térmico R no puede ser negativo, aunque teóricamente el cuerpo puede ganar o perder calor por radiación.
6. La recta que une el valor de la radiación con el del metabolismo efectúa la suma gráfica de ambas cantidades.
7. El valor obtenido, unido con el de la convección da el valor de la evaporación requerida Ereq.
8. La recta que une Ereq con Emax ya directamente el valor del tiempo máximo de permanencia, tex.

Para las condiciones en la cámara de secado, el nomograma proporciona los siguientes resultados:

M=150 Kcal/h.

C=85 Kcal/h.

R=130 Kcal/h.

E_{req} = M+R+C = 365 Kcal/h.

E_{max} = 37 Kcal/h.

Tiempo máximo de exposición:

$$t_{ex} = 3600 / (365 - 37) = 11 \text{ min}$$

La conclusión obtenida es que el trabajador no debe permanecer en el interior de la cámara más de 11 minutos y que después de ese tiempo precisa de 16 minutos de reposo.

Observaciones:

- Los resultados obtenidos con este método son únicamente aplicables a sujetos aclimatados.
- Cuando la realización del trabajo requiera el empleo de vestimenta especial que dificulte el intercambio térmico, los tiempos máximos de exposición obtenidos por este método no son válidos, debiendo ser fijados por un experto.
- Las personas que deban exponerse a las condiciones extremas para las que este método es aplicable deben ser seleccionadas previamente por un médico quien, además, debe llevar a cabo controles periódicos estrictos para garantizar que la idoneidad de los seleccionados no disminuya con el tiempo.

7.9 EVALUACIÓN CARGA TÉRMICA

A la hora de evaluar la exposición que presentan los trabajadores sometidos a carga térmica, las normas ISO utilizan el **Índice de Temperatura Globo Bulbo Húmedo (TGBH)**.

Para obtener este índice se deben medir en el ambiente tres temperaturas:

- Temperatura de bulbo seco (TBS)
- Temperatura de bulbo húmedo (TBH)
- Temperatura de globo (TG).

Pero además, se debe analizar el puesto de trabajo para determinar la actividad metabólica del personal de acuerdo a la postura, movimientos, vestimenta y esfuerzos.

Se utiliza, por su sencillez, para discriminar rápidamente si es o no admisible la situación de riesgo de estrés térmico, aunque su cálculo permite a menudo tomar decisiones, en cuanto a las posibles medidas preventivas que hay que aplicar.

Cuando la temperatura no es constante en los alrededores del puesto de trabajo, de forma que puede haber diferencias notables entre mediciones efectuadas a diferentes alturas, debe hallarse el índice TGBH realizando tres mediciones, a nivel de tobillos, abdomen y cabeza, utilizando la expresión:

$$TGBH = \frac{TGBH(cabeza) + 2 \cdot TGBH(abdomen) + TGBH(tobillos)}{4}$$

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

Así también si durante la jornada de trabajo pueden variar las condiciones ambientales o el consumo metabólico, al realizar tareas diferentes o en diferentes ambientes. En estos casos se debe hablar el índice TGBH, ponderados en el tiempo:

$$TGBH = \frac{\sum_{i=1}^n TGBH_i \cdot x t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \dots (IV)$$

Los valores TGBH (índice temperatura globo y bulbo húmedo) se calculan utilizando una de las ecuaciones siguientes:

- Con exposición directa al sol (para lugares exteriores con carga solar):

$$TGBH = 0,7 TBH + 0,2 TG + 0,1 TBS$$

- Sin exposición directa al sol (para lugares interiores o exteriores sin carga solar):

$$TGBH = 0,7 TBH + 0,3 TG$$

En función de la vestimenta se deben efectuar correcciones al TGBH:

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

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

Criterio de selección para la exposición térmica (Valores límites de TGBH en °C):

Tabla 2: Criterios de selección para la exposición al estrés térmico (Valores TGBH en C°)

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°)

Notas:

- Los valores tabulados se aplican para un "régimen de trabajo - descanso" de 8 horas de trabajo al día en 5 días a la semana con descansos convencionales.
- No se dan valores de criterio para el trabajo continuo y para el trabajo con hasta un 25% de descanso en una hora, porque la tensión fisiológica asociada con el trabajo "muy pesado" para los trabajadores menos acostumbrados es independiente del índice TGBH. No se recomienda criterios de selección y se debe realizar un análisis detallado y/o control fisiológico.

Ejemplo de actividades dentro de la categoría de gasto energético:

Tabla 3: Ejemplos de actividades dentro de las categorías de gasto energético

Categorías	Ejemplos de Actividades
Reposada	-Sentado sosegadamente -Sentado con movimientos moderados de los brazos.
Ligera	-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 un máquina o banco y algún movimiento a su alrededor.
Moderada	-Limpiar estando de pie. Levantar o empujar moderadamente estando en movimiento. -Andar en llano a 6 KM/h llevando 3Kg de peso.
Pesada	-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	-Mover con una pala tierra mojada.

Tabla 3: Ejemplos de actividades dentro de las categorías de gasto energético

7.10 EJEMPLO DE APLICACIÓN – ÍNDICE DE TEMPERATURA GLOBO BULBO HÚMEDO

Analizaremos el riesgo de carga térmica positiva, por el aporte de calor que el horno Piroclítico realiza al ambiente, como consecuencia de las temperaturas necesarias en la cámara del mismo para que se produzca el efecto de pirolisis en los residuos patológicos tratados.

Los valores medidos en el lugar de trabajo son las siguientes:

- TBS (Temperatura ambiente de aire seco) = 35°C.
- TBH (Temperatura de bulbo húmedo) = 26°C.
- TG (Temperatura de globo o radiación) = 37°C.

Las mediciones se realizaron con los termómetros correspondientes a cada tipo, próximas al horno donde el operario se ubica para la carga del mismo y durante el mes de febrero, o sea en la temporada estival y por ende la condición más riesgosa de sufrir estrés térmico.

7.10.1 DESARROLLO

- Vestimenta de Trabajo: Grafa liviana (no impide la eliminación de calor excesivo del cuerpo por sudoración y permite la circulación de aire, sin aislar el cuerpo del medio ambiente).

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

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

- Nivel de gasto energético: los tipos de actividades se encuadran dentro de las categorías ligera a moderada. Se adopta la condición más desfavorable y así otorgarle al cálculo un margen de seguridad.

Tabla 3: Ejemplos de actividades dentro de las categorías de gasto energético

Categorías	Ejemplos de Actividades
Reposada	-Sentado sosegadamente -Sentado con movimientos moderados de los brazos.
Ligera	-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 un máquina o banco y algún movimiento a su alrededor.
Moderada	-Limpiar estando de pie. Levantar o empujar moderadamente estando en movimiento. -Andar en llano a 6 KM/h llevando 3Kg de peso.
Pesada	-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	-Mover con una pala tierra mojada.

- Cálculo del TGBH (índice de temperatura globo bulbo húmedo): de acuerdo al lugar donde se desarrolla la tarea (en el interior sin carga solar) se usa la siguiente ecuación:

$$\text{TGBH} = 0,7 \text{ TBH} + 0,3 \text{ TG} = 29,3^{\circ}\text{C}$$

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 carga del horno lo lleva a estar en esas condiciones durante 2 horas (25% del turno), alternadas durante toda la jornada (no continua).

Se considera que el operario se encuentra aclimatado para la realización de la actividad.

Tabla 2: Criterios de selección para la exposición al estrés térmico (Valores TGBH en C°)

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

$$\text{TGBH} = 29,3^{\circ}\text{C} < 31^{\circ}\text{C}$$

Por lo tanto se concluye:

- La Ropa permite la circulación de aire y vapor de agua.
- No se exceden los límites: el TGBH calculado en las condiciones reales de exposición, es levemente inferior al sugerido como valor límite por nuestra legislación.

El riesgo es bajo a sufrir estrés térmico por calor. Se puede continuar con el trabajo, pero controlando las condiciones higrotérmicas.

8. – ESTRÉS TÉRMICO POR FRÍO

8.1 ¿QUES ES? – MECANISMOS FSIOLÓGICOS

Se produce cuando el calor cedido del cuerpo al ambiente es excesivo, lo que puede provocar una disminución de la temperatura corporal y se dice que hay riesgo de hipotermia.

Se generan entonces una serie de mecanismos fisiológicos destinados a aumentar la generación interna de calor y disminuir su pérdida:

- Aumento involuntario de la actividad metabólica.
- El vaso-constricción sanguíneo: el cuerpo lleva la sangre caliente al centro donde se encuentran los principales órganos vitales y restringe su paso por las extremidades.
- Desactivación de las glándulas sudoríparas para disminuir la sudoración.

8.2 SÍNTOMAS / CONSECUENCIAS

En la siguiente tabla se indican los síntomas clínicos que presentan las personas expuestas a estrés térmico por frío:

SITUACIONES CLINICAS PROGRESIVAS DE LA HIPOTERMIA	
Temperatura Interna	
Temp [°C]	Síntomas Clínicos
37,6	Temperatura rectal normal
37	Temperatura oral normal
36	La relación metabólica aumenta en un intento de compensar la pérdida de calor.
35	Tiritones de intensidad máxima.
34	La víctima se encuentra consciente y responde; tiene la presión arterial normal.
33	Fuerte Hipotermia por debajo de esta temperatura.
32	Consciencia disminuida; la tensión arterial se hace difícil determinar; las pupilas están dilatadas aunque reaccionan a la luz; se deja de tiritar.
30	Pérdida progresiva de la consciencia; aumenta la rigidez muscular; resulta difícil determinar el pulso y la presión arterial; disminuye la frecuencia respiratoria.
29	
28	Posible fibrilación ventricular con irritabilidad miocárdica.
27	Cesa el movimiento voluntario; la pupilas no reaccionan a la luz; ausencia de reflejos tendinosos profundos y superficiales.
25	Se puede producir fibrilación ventricular espontáneamente.
24	Edema Pulmonar.
22	Riesgo máxima de fibrilación ventricular
21	
20	Parada cardíaca.
18	Hipotermia accidental más baja para recuperar a la victima
17	Electroencefalograma isoeléctrico.
9	Hipotermia más baja simulada por enfriamiento para recuperar al paciente.

Los primeros síntomas para detectar la exposición a una carga térmica por frío:

- Sensación de incomodidad (“sentir frío”)
- Sensación de dolor en las extremidades.

Si la exposición al frío continua, el operario comenzara a experimentar manifestaciones en el siguiente orden:

- Aparición de un fuerte temblequeo cuando la temperatura interna se aproxima a los 35°C.
- Fuerte hipotermia por debajo de los 33°C.
- Con una temperatura menor a 30°C se comienza a producir una pérdida progresiva del conocimiento.
- El límite de supervivencia se estima a los 24°C – Hay riesgo muy alto de edema pulmonar.
- Riesgo de paro cardíaco a una temperatura corporal de 22°C.

Las consecuencias a sobre exposición al frío:

- Hipotermia.
- Disminución de la capacidad de concentración y reacción.
- Pérdida del conocimiento.
- Quemaduras por frío (Sabañones).
- Congelamiento de las extremidades: lo que puede derivar en la amputación de las mismas.
- Pie de inmersión o “Pie de trinchera” es una lesión de los pies a causa de una prolongada exposición a condiciones de frío y humedad.
- Edema pulmonar.
- Paro cardíaco.

8.3 FACTORES QUE CONDICIONAN LA PROTECCIÓN AL FRÍO

Los principales factores a considerar:

- Temperatura del aire: proteger el cuerpo cuando sea inferior a los 10°C.
- Velocidad del aire: Por el fenómeno de convección disminuye la temperatura corporal cuando aumenta la velocidad del aire.

En la siguiente tabla se expresa el poder de enfriamiento del viento sobre el cuerpo expresado como temperatura equivalente:

TABLA 2
Poder de enfriamiento del viento sobre el cuerpo expuesto expresado como temperatura equivalente (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	-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 En < horas con piel seca. Peligro máximo de falsa sensación de seguridad.			PELIGRO CRECIENTE Peligro de que el cuerpo expuesto se congele en un minuto.				GRAN PELIGRO 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.											

Se puede notar que a mayor velocidad del viento, mayor es la temperatura equivalente de enfriamiento.

- La tarea desarrollada por trabajador ya que en actividades pesadas, se produce un mayor calor metabólico y se requiere menor aislación y protección.
- Límite de exposición: En la siguiente tabla se establece el tiempo máximo de exposición y el número de interrupciones según la temperatura del aire, la velocidad del viento y la actividad del trabajador.

TABLA 3
TLVs para el plan de trabajo/calentamiento para un turno de 4 horas

Temp del aire cielo despejado	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	Nº de interrupciones	Periodo de Trabajo Máximo	Nº de interrupciones	Periodo de Trabajo Máximo	Nº de interrupciones	Periodo de Trabajo Máximo	Nº de interrupciones	Periodo de Trabajo Máximo	Nº de interrupciones	
de -25 a -28	Interrupciones normales	1	Interrupciones normales	1	75 min	2	55 min	3	40 min	4	
de -29 a -31	Interrupciones normales	1	75 min	2	55 min	3	40 min	4	30 min	5	
de -32 a -34	75 min	1	55 min	3	40 min	4	30 min	5	EL TRABAJO QUE NO SEA DE EMERGENCIA DEBERÁ CESAR		
de -35 a -37	55 min	3	40 min	4	30 min	5	EL TRABAJO QUE NO SEA DE EMERGENCIA DEBERÁ CESAR				
de -38 a -39	40 min	4	30 min	5	EL TRABAJO QUE NO SEA DE EMERGENCIA DEBERÁ CESAR						
de -40 a -42	30 min	2	EL TRABAJO QUE NO SEA DE EMERGENCIA DEBERÁ CESAR								
de -43 a inferior	EL TRABAJO QUE NO SEA DE EMERGENCIA DEBERÁ CESAR										

8.4 MEDIDAS PREVENTIVAS

8.4.1 MEDIDAS DE ORDEN GENERAL

- Disponer de ambientes especiales como ser carpas, camiones, estructuras prefabricadas con calefacción en donde los trabajadores puedan descansar y consumir bebidas calientes, con posibilidad de secado de ropa húmeda y ropa de repuesto.
- Colocar señalización específica (entrada en una zona de frío extremo, contacto con superficies frías, presencia de superficies helada, etc.).
- Colocar aislamiento en las superficies metálicas y/o diseñar equipos y herramientas que puedan utilizarse adecuadamente con guantes.
- A los trabajadores se les instruirá en los procedimientos de seguridad y sanidad para que puedan reconocer síntomas de hipotermia, uso de ropa adecuada.

8.4.2 MEDIDAS DE ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

- Una correcta organización del trabajo disminuye los tiempos de exposición de los trabajadores ya que se acortan los tiempos de las tareas.
- Planificar las actividades en exteriores considerando la previsión meteorológica (T°, humedad relativa, velocidad del viento y lluvias).
- Instalar un sistema de comunicación entre operarios y favorecer el trabajo entre 2 personas.

8.4.3 MEDIDAS PREVENTIVAS PERSONALES

- Aclimatación al trabajo en condiciones de ambientes fríos.
- Vestimenta:
 - La ropa de abrigo debe proveer una mayor aislación cuanto mayor es el gradiente térmico piel – aire.
 - Cuando el operario trabaja aumenta su producción de calor y en consecuencia la aislación debe ser menor, por lo que un buen diseño sería aquel que le permita al operario ir quitando partes de ropa para regular el exceso de calor de tal manera que no se produzca un exceso de sudoración que humedezca la ropa de trabajo.

8.5 EVALUACIÓN DEL RIESGO

Para evaluar el riesgo al estrés térmico por frío se utiliza el índice de **aislamiento de vestido requerido (IREQ)**. Es el aislamiento de la ropa de trabajo necesario para que se cumpla la ecuación de balance térmico.

Las características térmicas de la ropa se miden en la unidad denominada “clo” (del inglés clothing, ropa). Se considera que para una persona desnuda este índice vale 0 clo.

8.6 EJEMPLO DE APLICACIÓN – EVALUACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE ROPA

Se desea valorar la exposición laboral al frío de un individuo que trabaja en un almacén frigorífico a -20 °C de temperatura del aire, realizando tareas de manejo y clasificación de cajas de productos congelados. La velocidad del aire es de 0.2 m/s.

El atuendo vestimentario del individuo se compone de las siguientes prendas: Ropa interior (camiseta de manga larga y calzoncillos largos), camisa de manga larga de franela y pantalón del mismo tejido, chaleco sin mangas, pullover grueso, parka, calcetines gruesos, botas y guantes.

8.6.1 DESARROLLO

En primera instancia se determina cual es el nivel metabólico del trabajador:

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

$$M = 70 W + 42 W + 105 W$$

$$M = 217 W$$

Considerando una superficie corporal de una persona promedio de 1,80 m², se tiene:

$$M = 120 \text{ W/m}^2$$

Luego conociendo la vestimenta con la cual desarrolla sus tareas el operario, se calcula el valor de resistencia térmica del vestido:

ESCRIPCIÓN DE LAS PRENDAS	RESISTENCIA TÉRMICA I _{cl} (clo)
ROPA INTERIOR	
Calzoncillos	0.03
Calzoncillos largos	0.10
Camiseta de tirantes	0.04
Camiseta de manga corta	0.09
Camiseta de manga larga	0.12
Sujetadores y bragas	0.03
CAMISAS BLUSAS	
Manga corta	0.15
Ligera, mangas cortas	0.20
Normal, mangas largas	0.25
Camisa de franela, mangas largas	0.30
Blusa ligera, mangas largas	0.15
PANTALONES	
Corto	0.06
Ligero	0.20
Normal	0.25
Franela	0.28

PULLOVER	
Chaleco sin mangas	0.12
Pullover ligero	0.20
Pullover medio	0.28
Pullover grueso	0.35
PRENDAS EXTERIORES DE ABRIGO	
Abrigo	0.60
Chaqueta larga	0.55
Parka	0.70
Mono forrado	0.55
DIVERSOS	
Calcetines	0.02
Calcetines gruesos, cortos	0.05
Calcetines gruesos, largos	0.10
Medias de nylon	0.03
Zapatos de suela delgada	0.02
Zapatos de suela gruesa	0.04
Botas	0.10
Guantes	0.05

El valor de la resistencia térmica del vestido es de $I_{clo} = 2.22 \text{ Iclo}$

La temperatura dentro del establecimiento, se debe corregir por la velocidad del aire para determinar la Temperatura equivalente de enfriamiento.

TABLA 2

Poder de enfriamiento del viento sobre el cuerpo expuesto expresado como temperatura equivalente (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	-46	-51
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.											

Por lo tanto, asumimos que la temperatura no se ve afectada por la velocidad del viento.

Luego, con el nivel metabólico, la velocidad del aire y la temperatura, se determina por tabla el IREQ_{min} (aislamiento requerido mínimo).

V_{ar} (m/seg)	IREQ _{min} (clo) para M = 145 w/m ²					
	t_a					
	5°C	0°C	-5°C	-10°C	-20°C	-30°C
0.2	0.83	1.10	1.38	1.65	2.20	2.75
0.5	0.89	1.17	1.44	1.71	2.26	2.80
1	0.97	1.24	1.51	1.78	2.32	2.87
2	1.05	1.31	1.58	1.85	2.39	2.93
5	1.14	1.40	1.67	1.93	2.46	3

Se verifica que la resistencia térmica de la ropa es mayor al aislamiento térmico requerido.

2.22 Iclo > 2.20 Iclo req

Por otro lado, se determina cual es el tiempo de exposición máximo que el trabajador puede estar expuesto a la carga térmica, para ella se ingresa a otra tabla y en función de la resistencia térmica, el nivel metabólico, Temperatura y velocidad del aire, se determina el tiempo en horas máximo.

Tabla: Valores de Tmax (horas) en función de las características del vestido y de la temperatura del aire para M = 145 w/m² y distintos valores de la velocidad del aire, Var.

I_{cl} (clo)	V_{ar} (m/seg)	t_a					
		5°C	0°C	-5°C	-10°C	-20°C	-30°C
2	0.2	>8	>8	>8	6.41	1.16	0.61
	0.5	>8	>8	>8	5.78	1.01	0.56
	1	>8	>8	>8	3.42	0.88	0.50
	2	>8	>8	>8	2.38	0.78	0.46
	5	>8	>8	>8	1.71	0.66	0.41

Por lo tanto, se concluye que la ropa es adecuada para la tarea.

Tiempo máximo de exposición = 1.16 horas.

9.- BIBLIOGRAFIA

- Ley de Higiene y Seguridad N°19.587/72
- Decreto 351/79 (Art. 60) con Anexo II
- Decreto 911/96 (Art. 137)
- Resolución 295/2003 con Anexo III
- <https://www.iambientales.com/servicios/estres-termico-calor-o-frio/>
- “Calor y trabajo – Prevención de riesgos laborales debido al estrés térmico por calor”
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo – Ministerio de trabajo y asuntos sociales España.
- “Estrés térmico” – Higiene y Seguridad en el trabajo – Universidad Tecnológica Nacional Regional Mendoza.
- “Estrés por frío: evaluación de las exposiciones laborales” – Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo – Ministerio de trabajo y asuntos sociales España.
- <https://www.uv.es/uvweb/master-fisiologia/es/blog/efectos-fisiologicos-del-frio>
- <https://www.malvaringenieria.com/flexin.html>
- “Estrés térmico. Evaluación de las exposiciones muy intensas” - Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo – Ministerio de trabajo y asuntos sociales España.
- <https://www.ayvaz.com/productos/145-Chaquetas-de-Aislamiento-Termico-para-Valvulas>.
- <http://grupoartema.blogspot.com/2012/01/proteccion-contra-las-radiaciones.html>
- <https://es.dreamstime.com/temperatura-alta-en-el-horno-fusorio-industria-metal%C3%B4rgi>
- “METALURGIA Y METALISTERIA” – Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo.
- “HIERRO Y ACERO” - Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo.