



# FACULTAD DE INGENIERIA UBA

## 97.01 HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

### Carga térmica – Parte I

Versión 1-2020

ING. ELISABETH RIZZO

earizzo@yahoo.com.ar

# ESTRÉS POR CALOR

- El calor es uno de los contaminantes físicos ambientales que más puede afectar al mundo laboral especialmente en determinadas épocas del año.
- La acción directa del calor sobre el cuerpo desencadena dentro de nuestro organismo una defensa contra esa elevación de temperatura, para tratar de mantener la temperatura interna dentro de unos parámetros.
- Las condiciones ambientales que afectan al cuerpo humano son: la temperatura del aire, la humedad relativa, la temperatura radiante emitida por los focos de calor y la velocidad del aire.

# ESTRÉS POR CALOR

- Lo más habitual es que los trabajadores que están expuestos a calor, éste les produzca una incomodidad en el trabajo o discomfort, pero en ocasiones si las condiciones son extremas, la incomodidad se transforma en peligrosidad o toxicidad para la vida y la salud.
- A diferencia de otros el calor es un contaminante que es generado por el propio individuo, por dos vías distintas: una son las reacciones metabólicas que se dan sobretodo en el hígado y otra es la propia actividad muscular que realiza el individuo.

# EFECTOS DEL CALOR SOBRE EL ORGANISMO

- El estrés por calor no es el efecto patológico que el calor puede originar en las personas, sino la causa de los diversos efectos patológicos que se producen cuando se acumula el exceso de calor en el cuerpo. La carga de calor que los trabajadores reciben y acumulan en su cuerpo es el resultado de la interacción entre las condiciones ambientales, la actividad física y metabólica y la vestimenta que llevan.
- Los seres humanos somos animales de sangre caliente, homeotermos, es decir mantenemos nuestra temperatura central en torno a los 37°C, de tal forma que el cuerpo es capaz de enfriarse por sí mismo cuando se eleva su temperatura.

# EFECTOS DEL CALOR SOBRE EL ORGANISMO

- Para tratar de eliminar el exceso de calor, enseguida se ponen en funcionamiento los mecanismos de termorregulación del propio cuerpo, cuyo centro se sitúa en el cerebro, a nivel del hipotálamo. Esta termorregulación fisiológica se caracteriza porque los trabajadores comienzan a sudar (al evaporarse el sudor de la piel, ésta se enfría) y, además, aumenta el flujo de la sangre hacia la piel (vasodilatación periférica) para llevar el calor del interior del cuerpo hacia su superficie y desde aquí sea expulsado el calor, al exterior. Esto se acompaña de un aumento del volumen sanguíneo circulante y de la frecuencia cardiaca.

# EFECTOS DEL CALOR SOBRE EL ORGANISMO

- Si pese a los mecanismos fisiológicos de adaptación al calor, los trabajadores siguen trabajando en condiciones de calor, y acumulándolo, la temperatura central del cuerpo puede superar los 38°C, y se podrán producir distintos daños a la salud. Además, en los trabajadores que tengan alguna enfermedad crónica, puede producirse un agravamiento de la misma.
- 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 sino reponen el agua y los electrolitos (sales) perdidos al sudar.
- Debemos tener en cuenta que cuando se trabaja en condiciones de estrés térmico por calor, durante mucho tiempo seguido sin hacer descansos, hay disminución de la atención, aumentando la probabilidad de que ocurran accidentes de trabajo.

# FACTORES QUE INTERVIENEN

## **El tiempo de exposición (duración del trabajo):**

- Si es largo, aun cuando el estrés térmico no sea muy elevado, el trabajador puede acumular una cantidad de calor peligrosa.

## **Factores personales:**

- Falta de aclimatación
- Obesidad
- Edad.
- Estado de salud.
- Toma de medicamentos.
- Mala forma física, falta de descanso.
- Consumo de alcohol, drogas y exceso de cafeína.
- Haber sufrido con anterioridad algún trastorno relacionado con el calor.

# ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL CALOR

ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL CALOR	CAUSAS	SÍNTOMAS	PRIMEROS AUXILIOS/PREVENCIÓN
<b>ERUPCIÓN CUTÁNEA</b>	Piel mojada debido a excesiva sudoración o humedad ambiental	Erupción roja desigual en la piel. Puede infectarse. Picores intensos. Molestias que impiden o dificultan trabajar y descansar bien	<b>P.Aux:</b> Limpiar la piel y secarla. Cambiar la ropa húmeda por seca. <b>Prev:</b> Ducharse regularmente, usar jabón sólido y secar bien la piel. Evitar ropa oprimida. Evitar infecciones
<b>CALAMBRES</b>	Pérdida excesiva de sales, debido a que se suda mucho. Bebida de grandes cantidades de agua sin que se ingieran sales para reponer las pérdidas con el sudor	Espasmos, dolores musculares en brazos, piernas, abdomen, etc Pueden aparecer durante el trabajo o después	<b>P.Aux:</b> 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 una hora. <b>Prev:</b> Ingesta adecuada de sal con las comidas. Durante el periodo de aclimatación al calor, ingesta suplementaria de sal.
<b>SÍNCOPE POR CALOR</b>	Al estar de pie e inmóvil durante mucho tiempo en sitio caluroso, no llega suficiente sangre al cerebro. Pueden sufrirlo todos los trabajadores no aclimatados al calor al principio de la exposición	Desvanecimiento, visión borrosa, mareo, debilidad, pulso débil.	<b>P.Aux.</b> Mantener a la persona echada con las piernas levantadas en lugar fresco. <b>Prev:</b> Aclimatación. Evitar estar inmóvil durante mucho rato, moverse o realizar alguna actividad para facilitar el retorno venoso al corazón.
<b>DESHIDRATACIÓN</b>	Pérdida excesiva de agua, debido a que se suda mucho y no se repone el agua perdida	Sed, boca y mucosidades secas, fatiga, aturdimiento, taquicardia, piel seca, acartonada, micciones menos frecuentes y de menor volumen, orina concentrada y oscura	<b>P.Aux:</b> Beber pequeñas cantidades de agua cada 30 minutos. <b>Prev:</b> Aclimatación. Evitar estar inmóvil durante mucho rato, moverse o realizar alguna actividad para facilitar el retorno venoso al corazón.

# ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL CALOR

<p><b>AGOTAMIENTO POR CALOR</b></p>	<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><b>Puede desembocar en golpe de calor</b></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><b>P.Aux:</b> 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><b>Prev:</b> Aclimatación. Ingesta adecuada de sal con las comidas y mayor durante la aclimatación. Beber agua abundante aunque no se tenga sed.</p>
<p><b>GOLPE DE CALOR</b></p>	<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...</p> <p><b>Puede aparecer de manera brusca y sin síntomas previos</b></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. Alteraciones del sistema nervioso central.</p> <p>Piel caliente y seca, con <b>cese de sudoración.</b></p> <p>La temperatura rectal puede superar los 40,5°C.</p> <p><b>PELIGRO DE MUERTE</b></p>	<p><b>P.Aux:</b> Lo más rápidamente posible, alejar al afectado del calor, empezar a enfriarlo y llamar urgentemente al médico.</p> <p>Tumbarle en un lugar fresco.</p> <p>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><b>¡ES UNA EMERGENCIA MÉDICA!</b></p> <p><b>Prev:</b> 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>

# ESTRES TERMICO Y TENSION TERMICA

- El 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 (es decir, la temperatura del aire, la humedad, el movimiento del aire y el intercambio del calor radiante) y de los requisitos de la ropa.
- Un estrés térmico medio o moderado puede causar malestar y puede afectar de forma adversa a 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.

# ESTRES TERMICO Y TENSION TERMICA

- La tensión térmica es la respuesta fisiológica global resultante del estrés térmico. Los ajustes fisiológicos se dedican a disipar el exceso de calor del cuerpo.
- La aclimatación es la adaptación fisiológica gradual que mejora la habilidad del individuo a tolerar el estrés térmico.
- 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.

# DIAGRAMA DE FLUJO

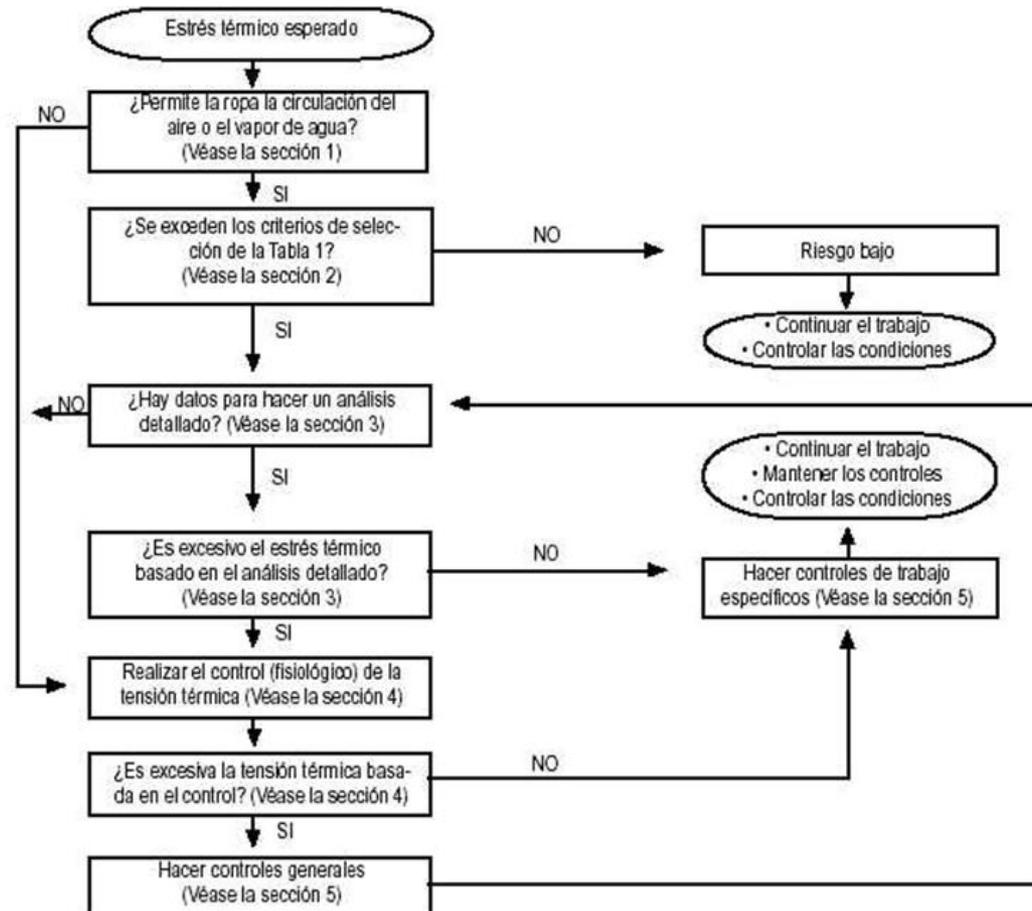


Figura 1. Esquema de evaluación para el estrés térmico.

# ROPA

- La ropa impermeable al vapor de agua y al aire y térmicamente aislante, así como los trajes herméticos y de capas múltiples de tela restringen fuertemente la eliminación del calor. Con el impedimento de la eliminación del calor por la ropa, el calor metabólico puede ser una amenaza de tensión térmica aun cuando las condiciones ambientales se consideren frías.
- La figura 1 lleva implícita una toma de decisión sobre la ropa y de cómo puede afectar a la pérdida de calor.

# ROPA

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

- 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.

# ROPA

- 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.
- Si la ropa que se va a utilizar está adecuadamente descrita por alguno de los conjuntos de la Tabla 1, entonces debe seguirse la línea del SI del esquema de la Figura 1.
- Si los trabajadores necesitan llevar ropa que no está descrita por ningún conjunto de la Tabla 1, entonces debe seguirse la línea del NO del esquema de la Figura 1.

# ROPA

- Esta decisión se aplica especialmente para conjuntos de ropa que sean 1) barreras para el vapor de agua o a la circulación del aire, 2) trajes herméticos, o 3) trajes de capas múltiples. Para este tipo de conjuntos, la Tabla 2 no es un método de selección útil para determinar un umbral en las acciones de gestión del estrés térmico, y deben asumirse algunos riesgos. Debe seguirse un control fisiológico y de comportamiento como el que se describe en la Sección 4 y en la Tabla 3 para evaluar la exposición, a menos que se disponga de un método de análisis detallado adecuado a los requisitos de la ropa.

# Aclimatación

- La aclimatación es un conjunto de adaptaciones fisiológicas, 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. Esta aclimatación se empieza a perder cuando la actividad en esas condiciones de estrés térmico es discontinua, teniendo lugar una pérdida evidente después de 4 días. 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).

# Umbral de selección basado en la TGBH.

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

# Umbral de selección basado en la TGBH

- En donde:
- 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)
- 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.

# Umbral de selección basado en la TGBH

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

# ANALISIS DETALLADO

- La Tabla 2 debe utilizarse como etapa de selección. Es posible que una situación determinada pueda estar por encima de los criterios dados en la Tabla 2 y no represente una exposición inaceptable. Para resolver esta situación hay que hacer un análisis detallado.
- Siempre que se disponga de la información adecuada de la ropa que se requiere para evitar los efectos del estrés térmico, el primer nivel del análisis detallado es 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.

# ANÁLISIS DETALLADO

- Para el análisis detallado podría seguirse la metodología de evaluación del estrés térmico y la sobrecarga térmica (IST), basada en la norma UNE-EN ISO 7933:2005, que proviene de la evolución del Índice de Sudoración Requerida (ISR), al que sustituye.
- La metodología del IST, se basa en el cálculo de dos parámetros: el incremento excesivo de la temperatura interna y la pérdida máxima de agua corporal a través de la estimación de la tasa de sudoración. También se calcula el tiempo máximo de permanencia para el que la sobrecarga térmica es aceptable, es decir, el tiempo en el que la temperatura interna y/o la pérdida de agua se mantiene por debajo de los límites establecidos.

# ANALISIS DETALLADO

- Las variables que, a partir de la ecuación del balance térmico, permiten el desarrollo del método pueden dividirse en cuatro grupos:
  1. Características del ambiente térmico, estimadas o medidas de acuerdo con la UNE-EN ISO 7726, son la temperatura del aire, la temperatura radiante media (se suele medir la temperatura de globo termómetro), la presión parcial del vapor de agua (en mediciones de campo se utiliza la temperatura húmeda psicométrica y humedad relativa) y la velocidad del aire.
  2. Características de los individuos expuestos y su actividad en el trabajo, expresadas con la tasa metabólica, estimada en base a la posición de la persona y el esfuerzo físico (de acuerdo con la ISO 8996).

# ANALISIS DETALLADO

3. Características térmicas de la ropa utilizada, como el aislamiento térmico, la capacidad de reflexión de la radiación térmica y su permeabilidad al vapor de agua, estimadas de acuerdo con la UNE-EN ISO 9920.
4. Características específicas del movimiento de la persona durante el trabajo, como su velocidad y el ángulo de movimiento.

# Ejemplo de actividades

**TABLA 3. Ejemplos de actividades dentro de las categorías de gasto energético**

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

# Controles

- Los controles generales del estrés térmico son adecuados para cuando se han superado los criterios de la Tabla 2.
- Los controles generales incluyen el entrenamiento de los trabajadores y supervisores, prácticas de higiene del estrés térmico y la vigilancia médica. Si la exposición excede los límites en el análisis detallado, la línea del SI conduce al control fisiológico como única alternativa para demostrar que se ha proporcionado la protección adecuada.

# Controles

- La tensión térmica excesiva puede estar marcada por una o más de las medidas siguientes, debiendo suspenderse la exposición individual a ésta cuando ocurra alguna de las situaciones que se indican:
- Mantenimiento (durante varios minutos) del pulso cardíaco por encima de 180 pulsaciones por minuto, restada la edad en años del individuo ( $180 - \text{edad}$ ) para personas con una valoración normal de la función cardíaca, o
- La temperatura corporal interna sea superior a los  $38,5^{\circ}\text{C}$  ( $101,3^{\circ}\text{F}$ ) para el personal seleccionado médicamente y aclimatado o superior a los  $38^{\circ}\text{C}$  ( $100,4^{\circ}\text{F}$ ) para los trabajadores no seleccionados y sin aclimatar, o

# Controles

- La recuperación del pulso cardíaco en un minuto después de un trabajo con esfuerzo máximo es superior a las 110 pulsaciones por minuto, o
- Hay síntomas de fatiga fuerte y repentina, náuseas, vértigo o mareos.
- Un individuo puede estar en mayor riesgo si:
- Mantiene una sudoración profusa durante horas, o
- La pérdida de peso en una jornada laboral es superior al 1,5% del peso corporal, o
- La excreción urinaria de sodio en 24 horas es inferior a 50 mmoles.

# Controles

- 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. Si la sudoración se interrumpe y la piel se vuelve caliente y seca, es esencial una atención de emergencia inmediata, seguida de la hospitalización.

# Tensión térmica

- El riesgo y la severidad de la tensión térmica excesiva varía ampliamente entre las personas aún en condiciones idénticas de estrés térmico.
- 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 (104° F). Si se manifiestan los signos del golpe de calor son esenciales la asistencia de urgencia adecuada y la hospitalización. El tratamiento rápido de otras alteraciones relacionadas con el calor, generalmente da lugar a la recuperación total, aunque se debería solicitar el consejo médico para el tratamiento y vuelta a las tareas del trabajo. Vale la pena hacer notar que la posibilidad de accidentes y lesiones aumentan con el nivel del estrés térmico.

# Tensión térmica

- El aumento prolongado de la temperatura corporal interna y las exposiciones crónicas a niveles elevados de estrés térmico, están asociadas con otras alteraciones tales como la infertilidad temporal (para hombres y mujeres), elevado pulso cardíaco, perturbación del sueño, fatiga e irritabilidad. Durante el primer trimestre de embarazo, mantener una temperatura corporal superior a los 39° C puede poner en peligro al feto.

# Ejercicios

- Ejemplo 1- Un operario trabajo 8 horas en el interior de una nave industrial en las siguientes condiciones:

Tipo de ropa	TG °C	TBH °C	TBS °C	Empleado	Tipo de trabajo
Traje de verano	27	23	25	Comenzó a trabajar hace 1 semana	Pesado

- Ejemplo 2- Un operario trabajo 8 horas en el interior de una nave industrial en las siguientes condiciones:

Tipo de ropa	TG °C	TBH °C	TBS °C	Empleado	Tipo de trabajo
Buzo de doble tela	26	21	23	Retornó de vacaciones hace 18 días	Carpintero aserrando a mano

# Ejemplo 1

- $TGBH = 0,7 \times 23 + 0,3 \times 27 = 24,2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Por ser traje de verano, no hay que adicionar nada.
- Comenzó a trabajar hace una semana, por lo que no está aclimatado.
- Entrando a la tabla 2, corresponde 75% de trabajo y 25% de descanso. O sea, trabaja media hora y descansa media hora.

# Ejemplo 2

- $TGBH = 0,7 \times 21 + 0,3 \times 26 = 22,5 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Por ser buzo de tela doble, debo adicionar  $5^\circ$ .  $TGBH = 27,5^\circ\text{C}$
- Carpintero aserrando a mano, trabajo pesado.
- Retornó de vacaciones hace 18 días, por lo que puede ser que ya está aclimatado (no son estrictamente tres semanas, pero podría ser que ya esté aclimatado).
- Entrando a la tabla 2, corresponde 75% de trabajo y 25% de descanso. O sea, trabaja 45 minutos y descansa 15 minutos cada hora.

# Bibliografía

- Calor y trabajo – Ministerio de Trabajo y asuntos sociales de España
- NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT
- Estrés térmico y sobrecarga térmica: evaluación de los riesgos (I)  
NTP 922 Notas técnicas de prevención – Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo – España
- Estrés térmico y sobrecarga térmica: evaluación de los riesgos (II)  
NTP 923 Notas técnicas de prevención – Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo – España