



Seminariosweb

Seminario sobre prevención de riesgos laborales en la actividad agropecuaria.

Estrés por calor en la agroindustria

15 de agosto de 2024



Evaluación de la exposición a ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR



Evaluar es DIAGNOSTICAR y comprende:

- conocer la actividad.
- conocer el proceso.
- conocer los procedimientos de trabajo.
- conocer las materias primas involucradas.
- conocer la maquinaria.
- conocer las condiciones de trabajo.
- conocer las condiciones climáticas.
- conocer los procedimientos de trabajo.
- conocer las características de la fuente.
- conocer las características de la envolvente (cerrada / abierta).
- conocer las características del equipamiento necesario.
- conocer las técnicas de monitoreo o medición.
- conocer las leyes y normas de aplicación.
- conocer, comparar, contrastar, etc., etc.



Extracto de la presentación del Ing. Fernando Iuliano y el Lic. Martin Mendez, en el IV Congreso de Higiene Ocupacional y Ambiental 2023.



CASO 1



Evaluación de la exposición a ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR

Actividad de la empresa: Cultivo de cítricos para exportación.

Área: Vivero - Invernadero A.

Cantidad de Trabajadores: 4 operarias.

Puesto de trabajo: Peón rural.

Tareas: Desbrote, fertilización, semillado, poda, llenado de masetas y extracción de maleza.

Estado del trabajador: Aclimatado.

Jornada: 8 horas.

Exposición diaria: 420 minutos.

Horario de trabajo Primavera - Verano: 06:00 a 12:00 / 14:00 a 16:00.

Horario de trabajo Otoño - Invierno: 08:00 a 12:00 / 13:00 a 17:00.



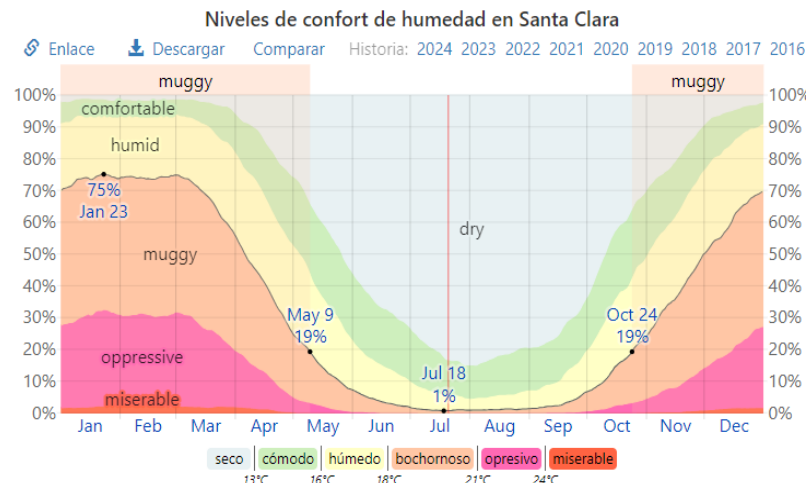
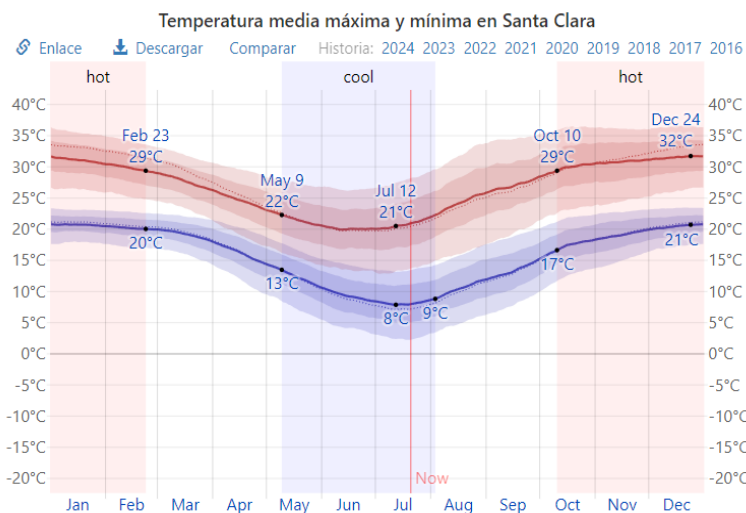


Monitoreo de carga térmica ambiental

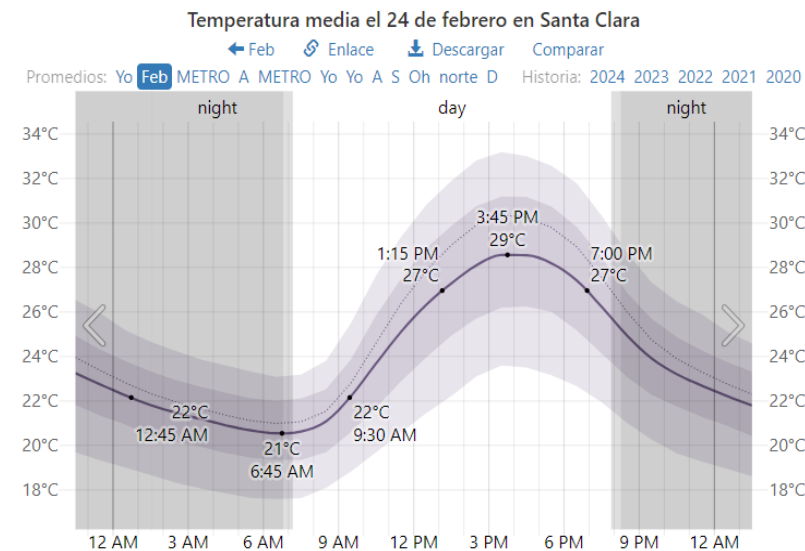
¿Cuál es el momento de la medición?

Se considerará el momento más crítico, en cuanto al día y la hora, con la/las fuentes generadoras de calor encendidas y en funcionamiento habitual.

Deberá llevarse a cabo en un día típicamente caluroso, del mes de mayor temperatura. Se deberá prestar especial atención a la amplitud térmica a la hora de seleccionar el momento del día en el que se realizará la medición, optando por el momento del día en el que se registre mayor temperatura.



Fuente: <https://weatherspark.com/>
www.smn.gob.ar

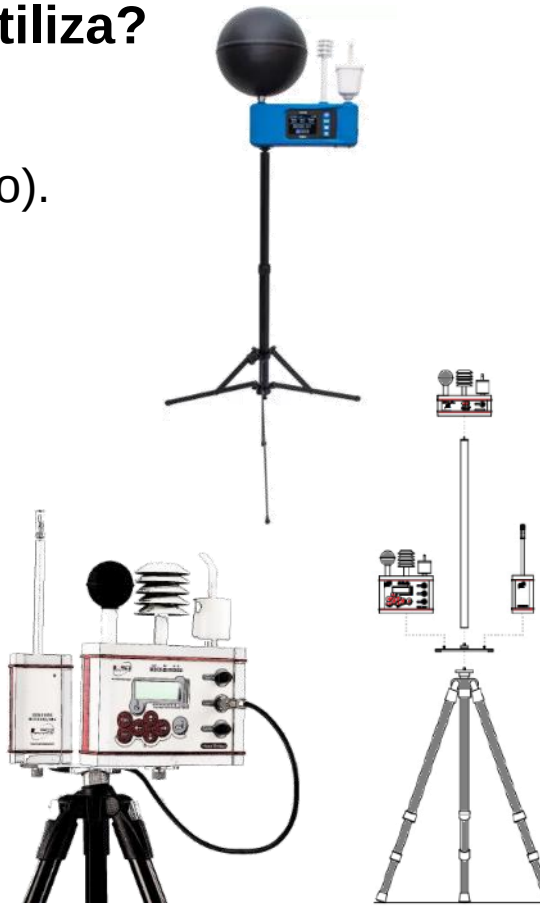




Monitoreo de carga térmica ambiental

¿Qué materiales, insumos y equipos se utiliza?

- Monitor de estrés térmico.
- Cables de extensión del sensor (si es requerido).
- Agua destilada.
- Trípode.
- Anemómetro.
- Higrómetro.





Monitoreo de carga térmica ambiental

¿Dónde se ubica el monitor de carga térmica?

Los sensores de los equipos utilizados deberán estar ubicados en el lugar habitual del trabajador en el puesto analizado.

Los valores de temperatura deben medirse a **la altura del abdomen** de las personas expuestas al calor, para la obtención del TGBH, salvo la existencia de fuentes puntuales, de ser así, la medición se realiza a la altura de éstas.



Si se usan tres cabezales y el trabajador posea una altura distinta a 170 cm. se deberán adaptar las medidas de abdomen y cabeza a la realidad del trabajador.

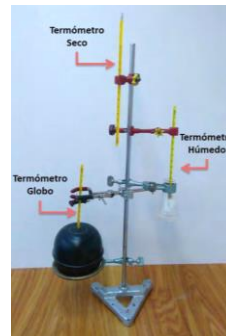


Monitoreo de carga térmica ambiental

¿Globo termómetro de 5 cm (2") o 15 cm (6") de diámetro?



Equipo	TGBHin	Ø Globo
Itemp	25,4	(150mm)
WiBGeT	25,6	(50mm)



¿Se corrige?

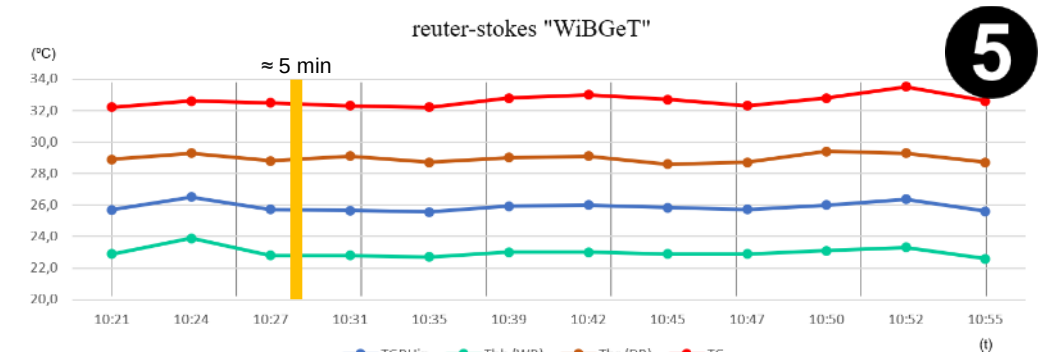
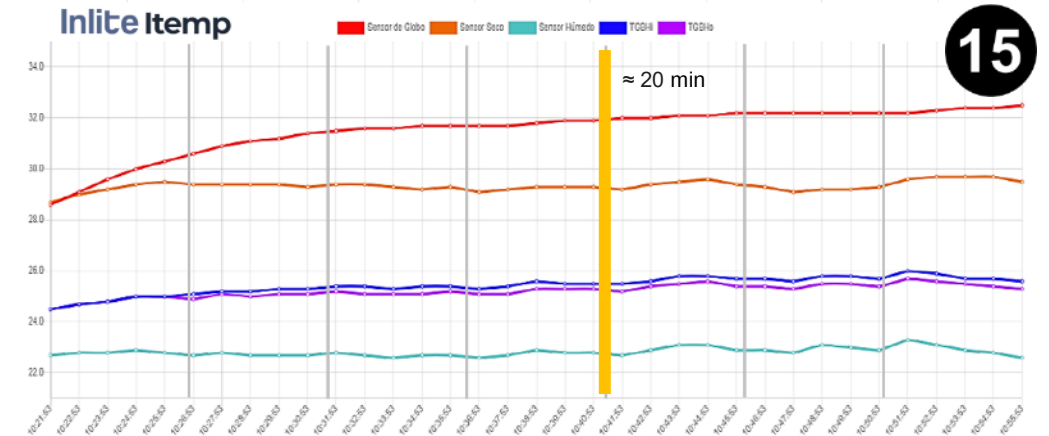
$$t_{g150} = t_a + \frac{1 + 1,13 v_a^{0,6} d^{-0,4}}{1 + 2,41 v_a^{0,6}} (t_{gd} - t_a)$$

¿Cuándo empieza la medición?

Cuando se estabilizan los termómetros.

¿Cuál es el período de la medición?

Depende del ciclo de trabajo. El análisis siempre comprenderá una hora.



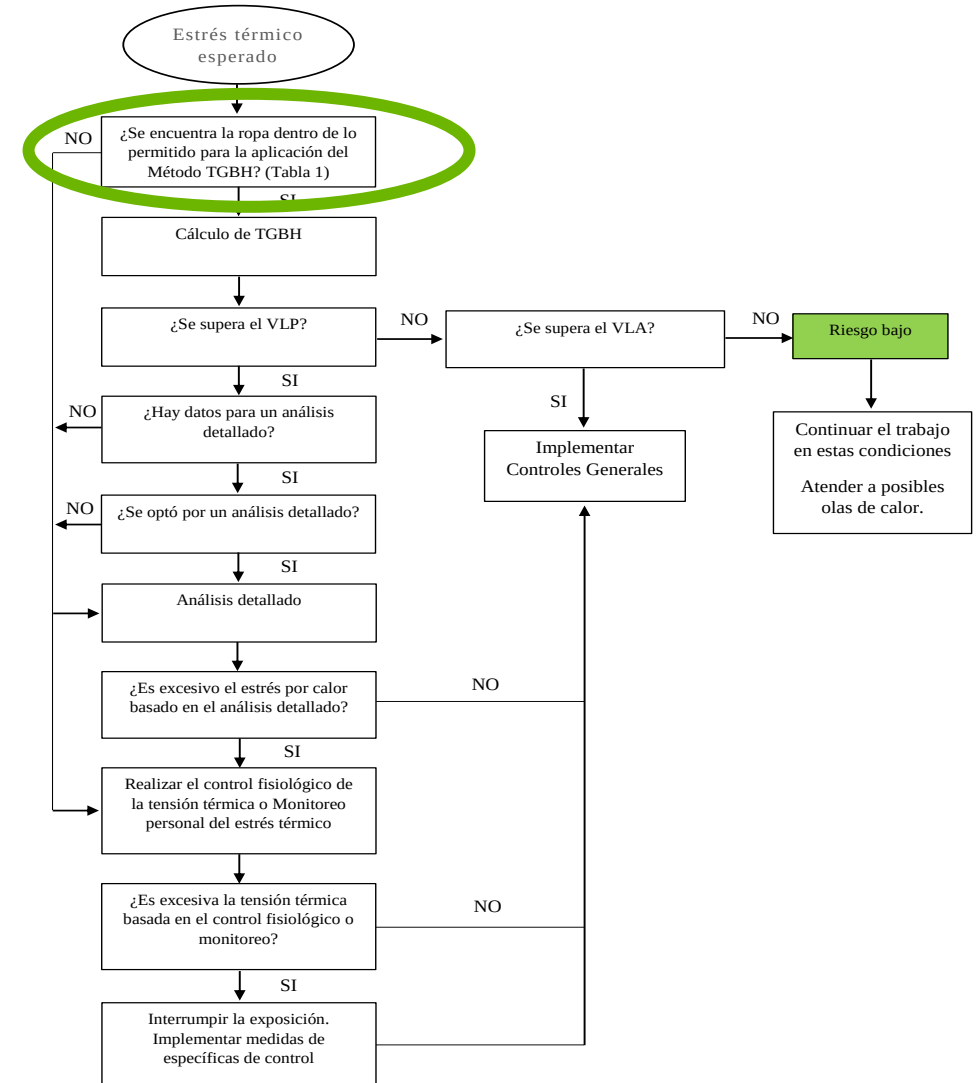
Evaluación de la exposición

$$TGBH_{ef} = TGBH + VAR$$



Valor de Ajuste por Ropa (Tabla 1. Res. 30/23)

TIPO DE ROPA	VAR
Ropa de trabajo: Camisa de manga larga y pantalón largo. Tela: Algodón	0
Overol de material tejido (se considera el uso de una prenda liviana por debajo, no como segunda capa de ropa)	0
Overol de polipropileno SMS de una sola capa	+0.5
Overol de poliolefina de una sola capa	+1
Ropa tejida de doble capa (generalmente se considera como una capa de ropa de tela tejida adicional sobre la Ropa de Trabajo)	+3
Overol que constituya una Barrera de vapor, con capucha (Esto no puede ser aplicada a trajes encapsulados, denominados como Clase A)	+11



Evaluación de la exposición

Datos termohigrométricos exterior:
Temperatura de bulbo seco= 23°C
Humedad Relativa - HR= 57%
Velocidad del Aire - Va= 0,73m/s

Incidencia solar	Condiciones Higrotérmicas (°C)					
	Va (m/s)	HR %	TBS (°C)	TBH (°C)	TG (°C)	TGBH (°C)
SI	0,15	37	44,4	30,7	60,3	38,0

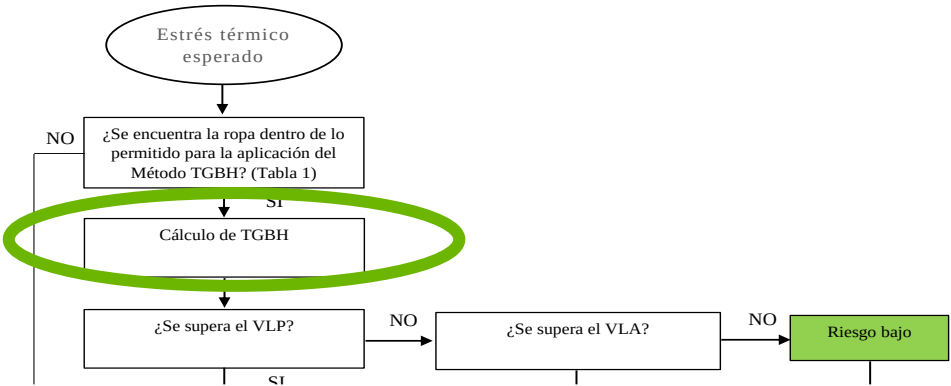
Resultado del TGBH

Fecha de medición: 24/02/2024
Hora: 09:00 a 10:15

$TGBH_{ef} = TGBH + VAR$
 $TGBH_{ef} = 38^{\circ}C$

Tasa Metabólica

Parte del Cuerpo		Carga de Trabajo (W)		
		Ligera	Media	Pesada
Ambos manos	Valor Medio	126	153	171
	Rango	Menor a 135	135 a 162	Mayor a 162
Un abrazo	Valor Medio	162	146	234
	Rango	Menor a 180	180 a 216	Mayor a 216
Ambos brazos	Valor Medio	216	252	288
	Rango	Menor a 173	173 a 270	Mayor a 270
Cuerpo entero	Valor Medio	324	441	603
	Rango	Menor a 378	378 a 513	Mayor a 513



Postura del cuerpo	Tasa Metabólica (W)
Sentado	0
De rodillas	18
En cuclillas	18
De pie	27
De pie e inclinado hacia adelante	36

$TM = 153\ W$

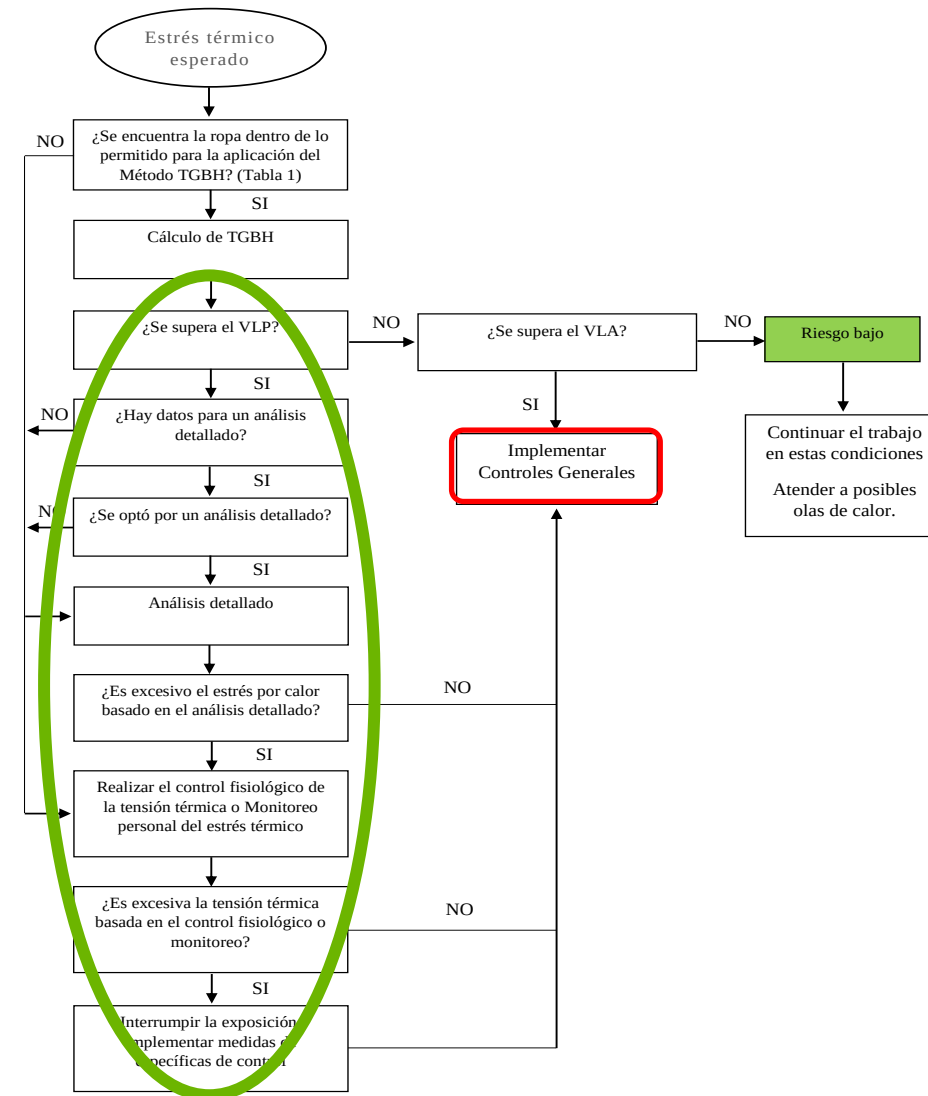
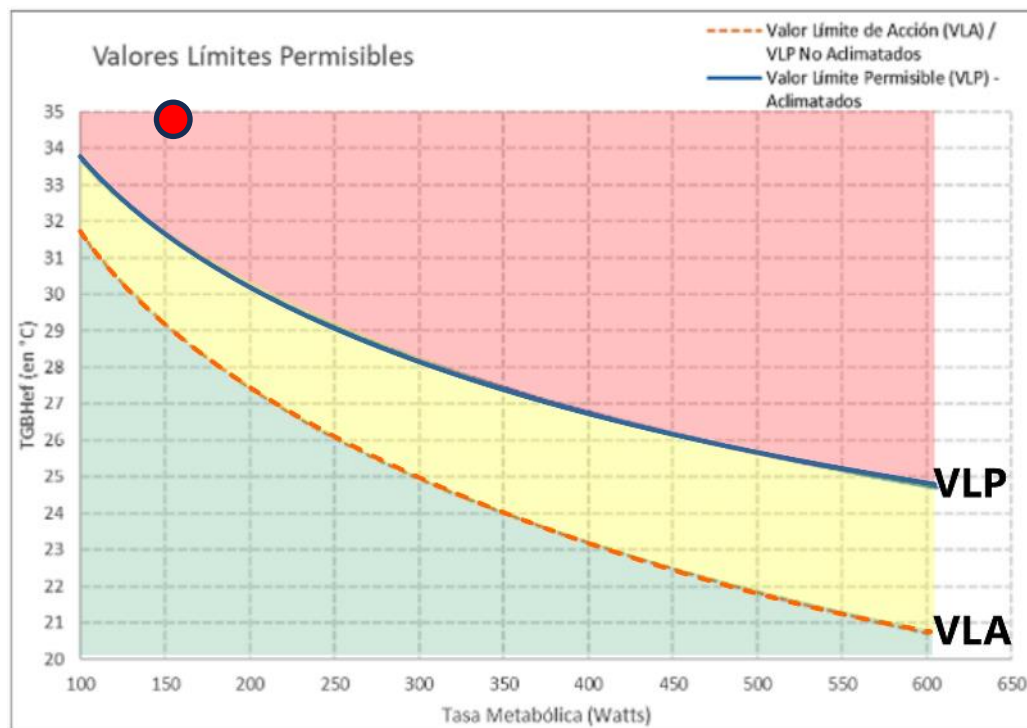


Evaluación de la exposición

¿Se supera el VLA y el VLP?

TGBHef= 38°C

TM= 153 W





Evaluación de la exposición



Superando el VLP, deberá optarse por alguna de las siguientes acciones:

- a) realizar un ANÁLISIS DETALLADO a través de otro método reconocido nacional o internacionalmente;

MÉTODOS	APLICACIÓN	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Fanger (Norma ISO 7730)	Confort térmico	Muy completo Práctico	Población no muy representativa
TGBH (Norma ISO 7243)	Estrés por calor	Muy practico	Incompleto
ISC (Índice de sobrecarga calórica)	Estrés por calor y/o discomfort	Práctico	No considera perdidas por sudoración No considera variaciones en el vestido
SWreq (IST) (Sobrecarga térmica estimada, Norma ISO 7933)	Estrés por calor y/o discomfort	Muy completo	Calculo complejo

- b) realizar el control fisiológico de la tensión térmica o el monitoreo personal, bajo los lineamientos establecidos en el punto 8 de la Res. 30/23;
- c) implementar las medidas específicas de control.

Controles fisiológicos

Tensión térmica excesiva

- Para personas sin alteración cardio vascular: Manteniendo (durante varios minutos) el ritmo cardiaco por encima de 180 latidos por minuto, restada la edad del individuo.
- Temperatura corporal interna (Temperatura central media) superior a 38,5°C para personal seleccionado medicamente apto y aclimatado o, 38°C para personal sin aclimatar.
- La recuperación del ritmo cardíaco luego de un minuto después de trabajo con esfuerzo máximo es superior a ciento diez latidos por minuto.
- Hay síntomas de cansancio intenso y repentina, náuseas, vértigo y mareos.



Medidas específicas de control del riesgo

Además de cumplir con los CONTROLES GENERALES, el empleador deberá instrumentar, a través del Servicio de Higiene y Seguridad en el Trabajo, lo siguiente:

- Efectuar un estudio de los controles de ingeniería que reducen el gasto energético. Determinar las medidas correctivas a adoptar y elaborar un programa con las medidas a implementar.
- Luego de implementarse las medidas correctivas necesarias, se deberá realizar una nueva evaluación de las condiciones de estrés térmico por calor.
- Evaluar e implementar, en conjunto con el Servicio de Medicina Laboral, los controles administrativos que permitan tiempos de exposición aceptables (plan de recuperación y descanso)
- También podrá (como medida complementaria a las anteriores), evaluar los elementos de protección personal que sean eficaces para las prácticas del trabajo.





Controles Generales

- Declarar a los trabajadores expuestos a agentes de riesgo del calor (Esop 80001) a la ART.
- De incluir nuevos trabajadores, Incluir evaluación médica, para la exposición a agentes de calor al momento de realizar los exámenes pre ocupacionales.
- El empleador debe brindar una capacitación específica sobre los riesgos al embarazo por la exposición al calor, solicitar el servicio Medico el apto médico.
- Proveer agua fría en los puestos de trabajo e instruir a beber en pequeñas cantidades.
- Permitir la autolimitación a la exposición y fomentar la observación con participación de los trabajadores, de la detección de los signos y síntomas de la tensión térmica en los demás.
- Modificar las expectativas para aquellos que regresan al trabajo después de estar expuestos al calor, y fomentar el consumo de alimentos salados.



Controles Generales

A través del servicio de Higiene y Seguridad

- Brindar capacitación y entrenamiento en forma periódica a los trabajadores a cerca de la exposición a la tensión térmica, entregar instructivos de trabajo, procedimientos e información específica.
- Establecer un programa de monitoreo de las condiciones higrotérmicas, estableciendo la periodicidad de las determinaciones, llevando un registro de las mismas.
- El programa de monitoreo debe contempla entre factores los cambios de las condiciones o procedimientos de trabajo, en las tareas desarrolladas, en las máquinas, los equipos o fuentes de calor.





CASO 2



Evaluación de la exposición a ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR

Actividad de la empresa: Cultivo de cítricos para exportación.

Área: Vivero - Invernadero B.

Cantidad de Trabajadores: 4 operarias.

Puesto de trabajo: Peón rural.

Tareas: Desbrote, fertilización, semillado, poda, llenado de masetas y extracción de maleza.

Estado del trabajador: Aclimatado.

Jornada: 8 horas.

Exposición diaria: 420 minutos.

Horario de trabajo Primavera - Verano: 06:00 a 12:00 / 14:00 a 16:00.

Horario de trabajo Otoño - Invierno: 08:00 a 12:00 / 13:00 a 17:00.



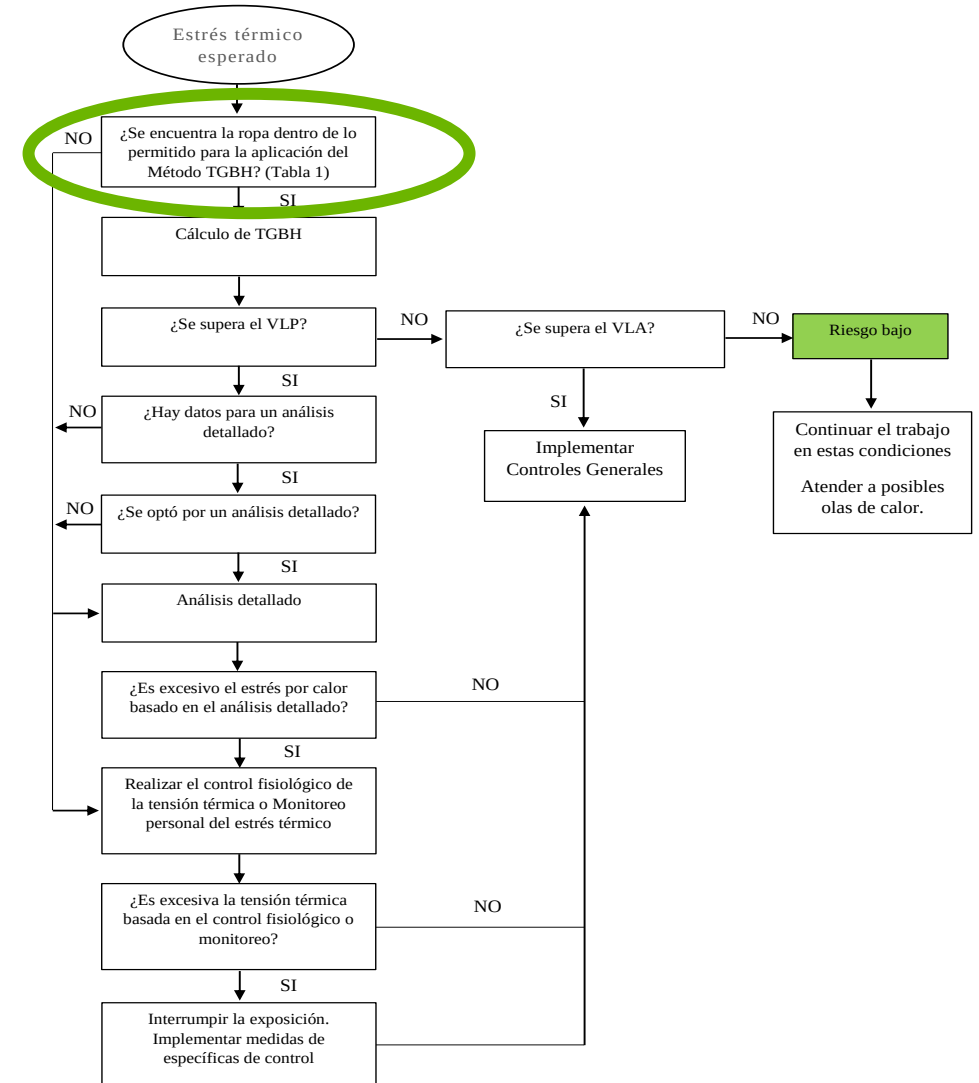
Evaluación de la exposición

$$TGBH_{ef} = TGBH + VAR$$



Valor de Ajuste por Ropa (Tabla 1. Res. 30/23)

TIPO DE ROPA	VAR
Ropa de trabajo: Camisa de manga larga y pantalón largo. Tela: Algodón	0
Overol de material tejido (se considera el uso de una prenda liviana por debajo, no como segunda capa de ropa)	0
Overol de polipropileno SMS de una sola capa	+0.5
Overol de poliolefina de una sola capa	+1
Ropa tejida de doble capa (generalmente se considera como una capa de ropa de tela tejida adicional sobre la Ropa de Trabajo)	+3
Overol que constituya una Barrera de vapor, con capucha (Esto no puede ser aplicada a trajes encapsulados, denominados como Clase A)	+11



Evaluación de la exposición

Datos termohigrométricos exterior:
 Temperatura de bulbo seco= 23°C
 Humedad Relativa - HR= 57%
 Velocidad del Aire - Va= 0,73m/s

Resultado del TGBH

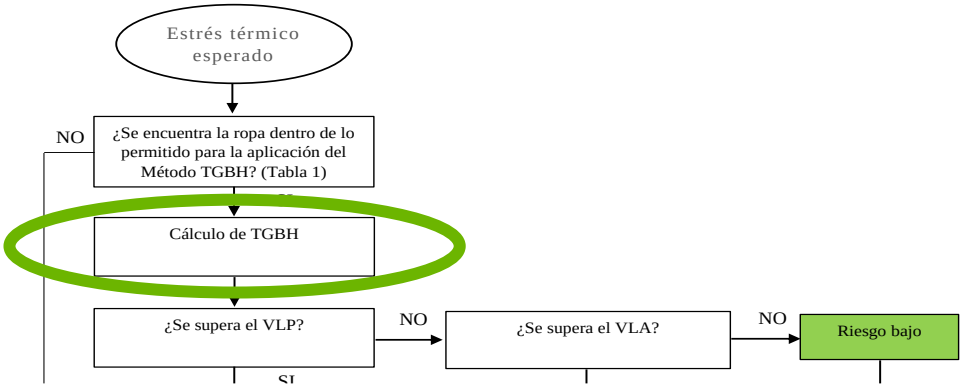
Fecha de medición: 24/02/2024
 Hora: 11:00 a 12:00

Incidencia solar	Condiciones Higrotérmicas (°C)					
	Va (m/s)	HR %	TBS (°C)	TBH (°C)	TG (°C)	TGBH (°C)
SI	0,15	55	34,2	26,2	43,8	30,5

TGBHef = TGBH + VAR
TGBHef = 30,5°C ←

Tasa Metabólica

Parte del Cuerpo		Carga de Trabajo (W)		
		Ligera	Media	Pesada
Ambos manos	Valor Medio	126	153	171
	Rango	Menor a 135	135 a 162	Mayor a 162
Un abrazo	Valor Medio	162	146	234
	Rango	Menor a 180	180 a 216	Mayor a 216
Ambos brazos	Valor Medio	216	252	288
	Rango	Menor a 173	173 a 270	Mayor a 270
Cuerpo entero	Valor Medio	324	441	603
	Rango	Menor a 378	378 a 513	Mayor a 513



Postura del cuerpo	Tasa Metabólica (W)
Sentado	0
De rodillas	18
En cuclillas	18
De pie	27
De pie e inclinado hacia adelante	36

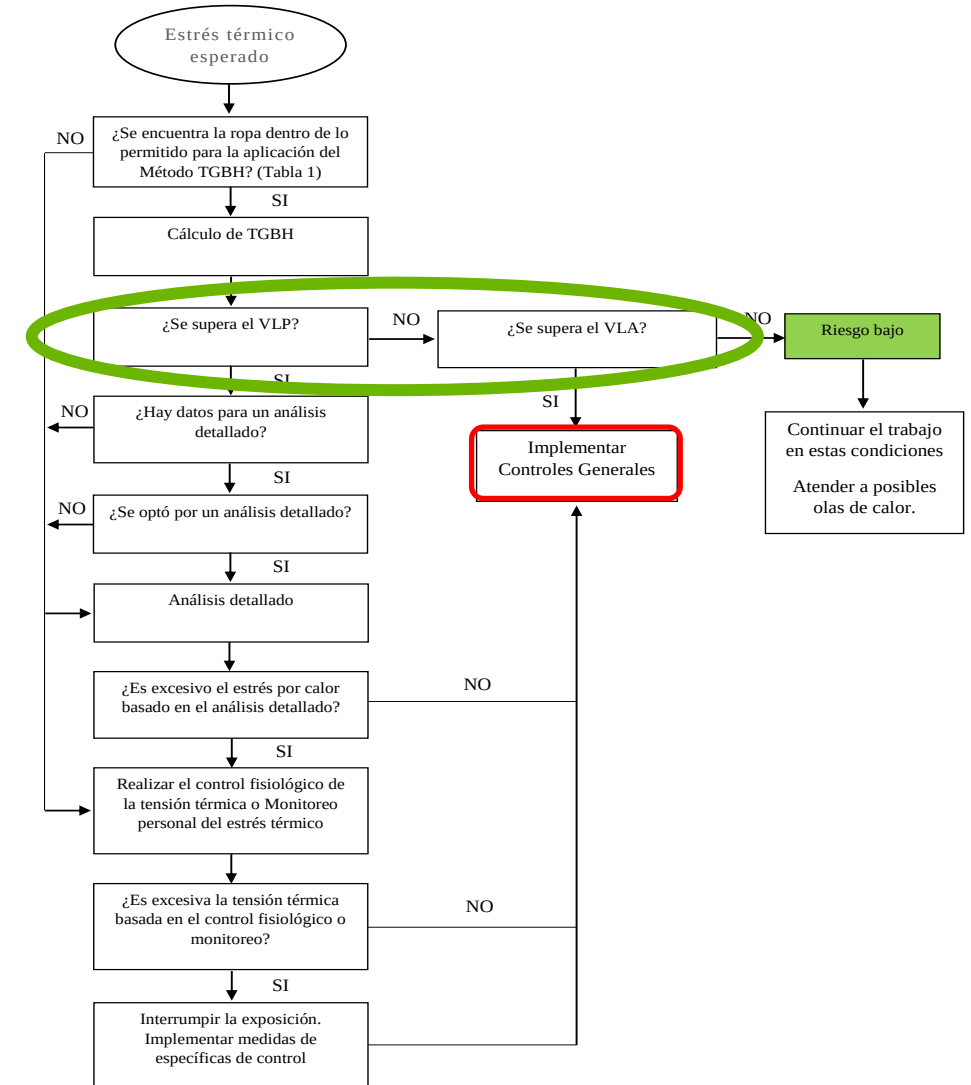
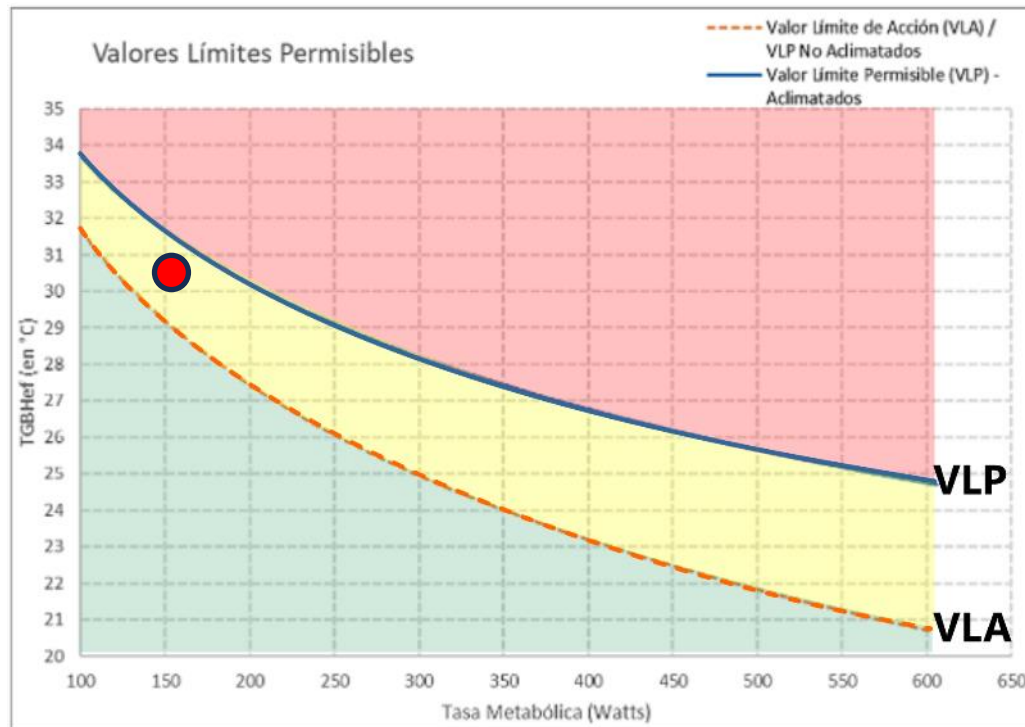
TM= 153 W ←

Evaluación de la exposición

¿Se supera el VLA y el VLP?

TGBHef= 38°C

TM= 153 W





Controles Generales

- Declarar a los trabajadores expuestos a agentes de riesgo del calor (Esop 80001) a la ART.
- De incluir nuevos trabajadores, Incluir evaluación médica, para la exposición a agentes de calor al momento de realizar los exámenes pre ocupacionales.
- El empleador debe brindar una capacitación específica sobre los riesgos al embarazo por la exposición al calor, solicitar el servicio Medico el apto médico.
- Proveer agua fría en los puestos de trabajo e instruir a beber en pequeñas cantidades.
- Permitir la autolimitación a la exposición y fomentar la observación con participación de los trabajadores, de la detección de los signos y síntomas de la tensión térmica en los demás.
- Modificar las expectativas para aquellos que regresan al trabajo después de estar expuestos al calor, y fomentar el consumo de alimentos salados.



Controles Generales

A través del servicio de Higiene y Seguridad

- Brindar capacitación y entrenamiento en forma periódica a los trabajadores a cerca de la exposición a la tensión térmica, entregar instructivos de trabajo, procedimientos e información específica.
- Establecer un programa de monitoreo de las condiciones higrotérmicas, estableciendo la periodicidad de las determinaciones, llevando un registro de las mismas.
- El programa de monitoreo debe contempla entre factores los cambios de las condiciones o procedimientos de trabajo, en las tareas desarrolladas, en las máquinas, los equipos o fuentes de calor.



Evaluación de la exposición

Datos termohigrométricos exterior:
 Temperatura de bulbo seco= 23°C
 Humedad Relativa - HR= 57%
 Velocidad del Aire - Va= 0,73m/s

Resultado del TGBH

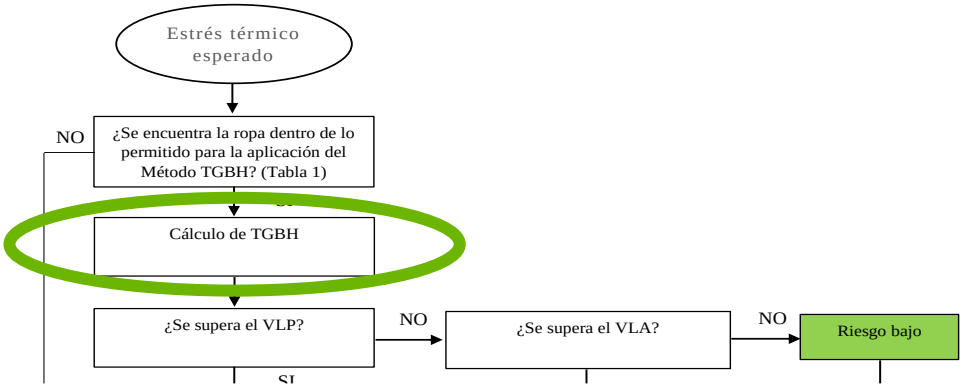
Fecha de medición: 24/02/2024
 Hora: 11:00 a 12:00

Incidencia solar	Condiciones Higrotérmicas (°C)					
	Va (m/s)	HR %	TBS (°C)	TBH (°C)	TG (°C)	TGBH (°C)
SI	0,15	55	34,2	26,2	43,8	30,5

$TGBH_{ef} = TGBH + VAR$
 $TGBH_{ef} = 30,5^{\circ}C \leftarrow$

Tasa Metabólica

Parte del Cuerpo		Carga de Trabajo (W)		
		Ligera	Media	Pesada
Ambos manos	Valor Medio	126	153	171
	Rango	Menor a 135	135 a 162	Mayor a 162
Un abrazo	Valor Medio	162	146	234
	Rango	Menor a 180	180 a 216	Mayor a 216
Ambos brazos	Valor Medio	216	252	288
	Rango	Menor a 173	173 a 270	Mayor a 270
Cuerpo entero	Valor Medio	324	441	603
	Rango	Menor a 378	378 a 513	Mayor a 513



Postura del cuerpo	Tasa Metabólica (W)
Sentado	0
De rodillas	18
En cuclillas	18
De pie	27
De pie e inclinado hacia adelante	36

$TM = 153\ W \leftarrow$



CASO 3



Evaluación de la exposición

Las trabajadoras que desempeñan tareas en ambos invernaderos, ¿Superan el VLA y el VLP?

Vivero - Invernadero A

Exposición diaria: 210 minutos

Personas expuestas: 2

TGBH = 38°C

VAR = 0

TM = 153 W

$$TGBHp = \frac{(TGBH1 \times t1) + (TGBH2 \times t2) + \dots + (TGBHn \times tn)}{t1 + t2 + \dots tn} = 34,5^{\circ}\text{C}$$

$$VARp = \frac{(VAR1 \times t1) + (VAR2 \times t2) + \dots + (VARn \times tn)}{t1 + t2 + \dots tn} = 0$$

Vivero - Invernadero B

Exposición diaria: 210 minutos

Personas expuestas: 2

TGBH = 30,5°C

VAR = 0

TM = 153 W

$$TGBHef = TGBH + VAR = 34,5^{\circ}\text{C} \leftarrow$$

$$TMpond = \frac{(TM1 \times t1) + (TM2 \times t2) + \dots + (TMn \times tn)}{t1 + t2 + \dots tn} = 153\text{W} \leftarrow$$

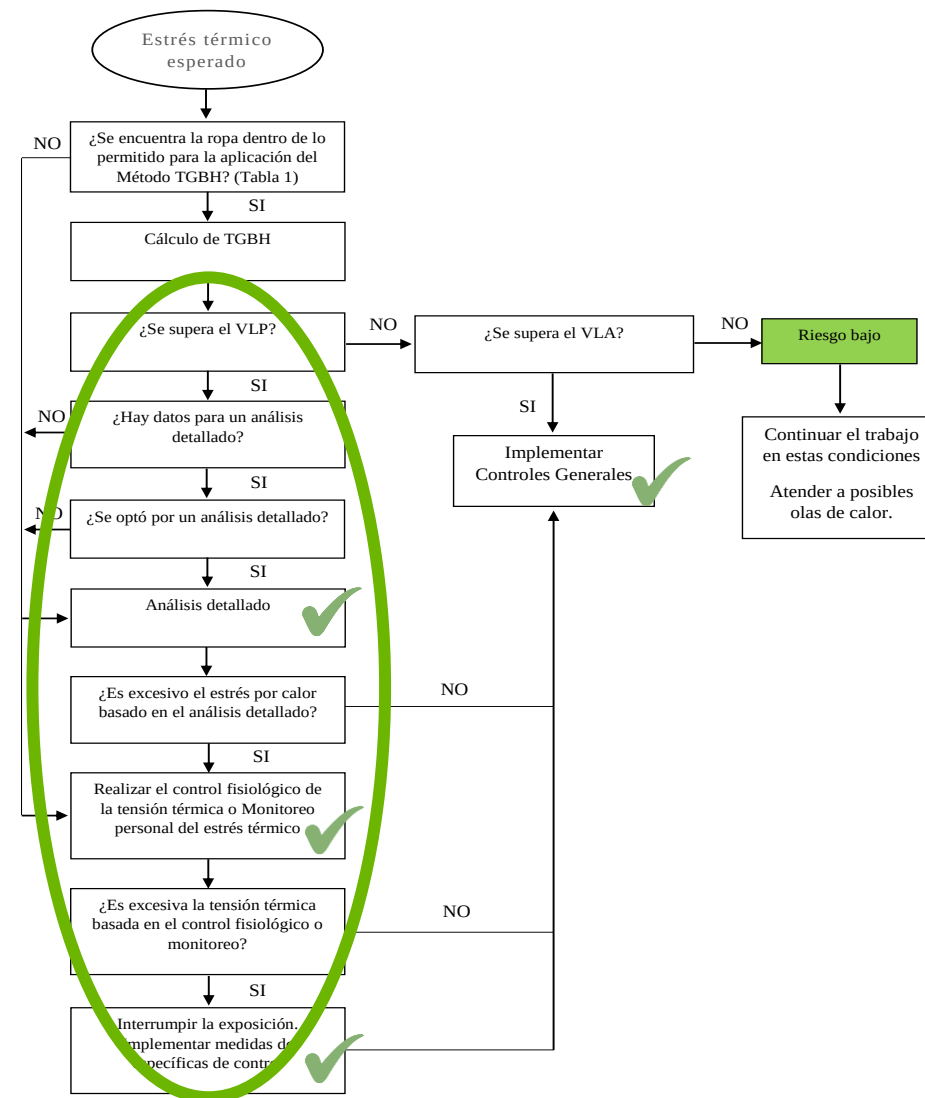
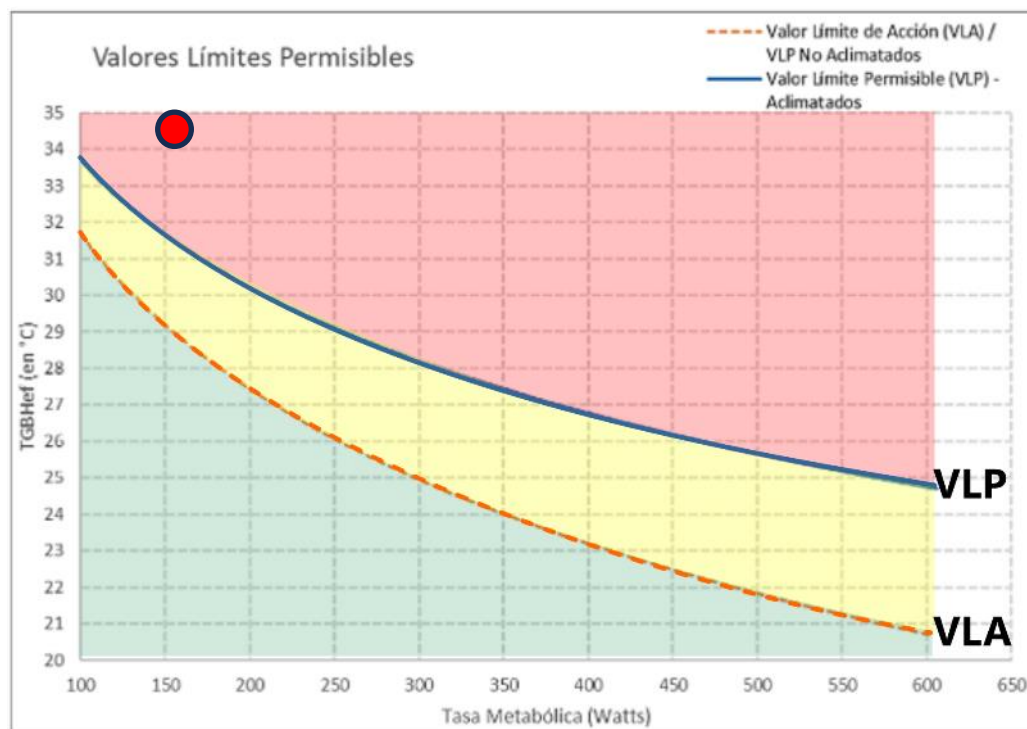


Evaluación de la exposición

¿Se supera el VLA y el VLP?

TGBHef= 34,5°C

TM= 153 W





Evaluación de la exposición

Datos que debe contener el informe (protocolo)

- Puesto de trabajo: Peón rural (Vivero - Invernadero)
- Fecha: 24/02/2024
- Hora de inicio: 09:00
- Hora de finalización: 10:15
- Condiciones atmosféricas:
 - Datos de estaciones meteorológicas:
 - t°max: 20°C
 - t°min: 17°C
 - Humedad relativa (HR): 63%
 - Presión atmosférica: 1026 hpa
 - Viento: 5,4Km/h (1,5m/s) dirección Sur
- Relevamiento InSitu:
 - Estado del Tiempo: despejado
 - Humedad relativa (HR): 57%
 - Temperatura: 23°C
 - Presión atmosférica: 913 hpa
 - Velocidad del aire (Va): 0,73m/s (2,62Km/h)
- Condiciones del puesto de trabajo:
- Humedad relativa (HR): 37 %
- Velocidad del aire (Va): 0,15m/s (0,54Km/h)





Evaluación de la exposición

Datos que debe contener el informe (protocolo)

- Tarea/s (cantidad en un periodo, tipo, duración, tiempo).
- Ambiente homogéneo o heterogéneo.
- Altura de medición (un sensor o tres sensores).
- Trabajador individual o GHE.
- Trabajador aclimatado o no aclimatado.
- Tipo de fuente de emisión (fija o móvil).
- Tasa metabólica de la tarea.
- Tasa metabólica ponderada para el periodo.
- Valor del índice TGBH muestreado.
- TGBH ponderado para el periodo.
- Valor de Ajuste por Ropa (VAR).
- VAR ponderado para el periodo.
- VLA y VLP.
- Consignar si el riesgo es bajo.
- Determinar si se realiza análisis detallado por otros métodos.
- Determinar si se realiza controles fisiológicos.
- Determinar si se realiza controles generales.
- Recomendaciones del profesional actuante.
- Adjuntar los Certificados de calibración de los equipos que se usaron.





ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR



Temario

Conceptos generales

Medición de carga térmica

Nueva norma Resolución SRT 30/23

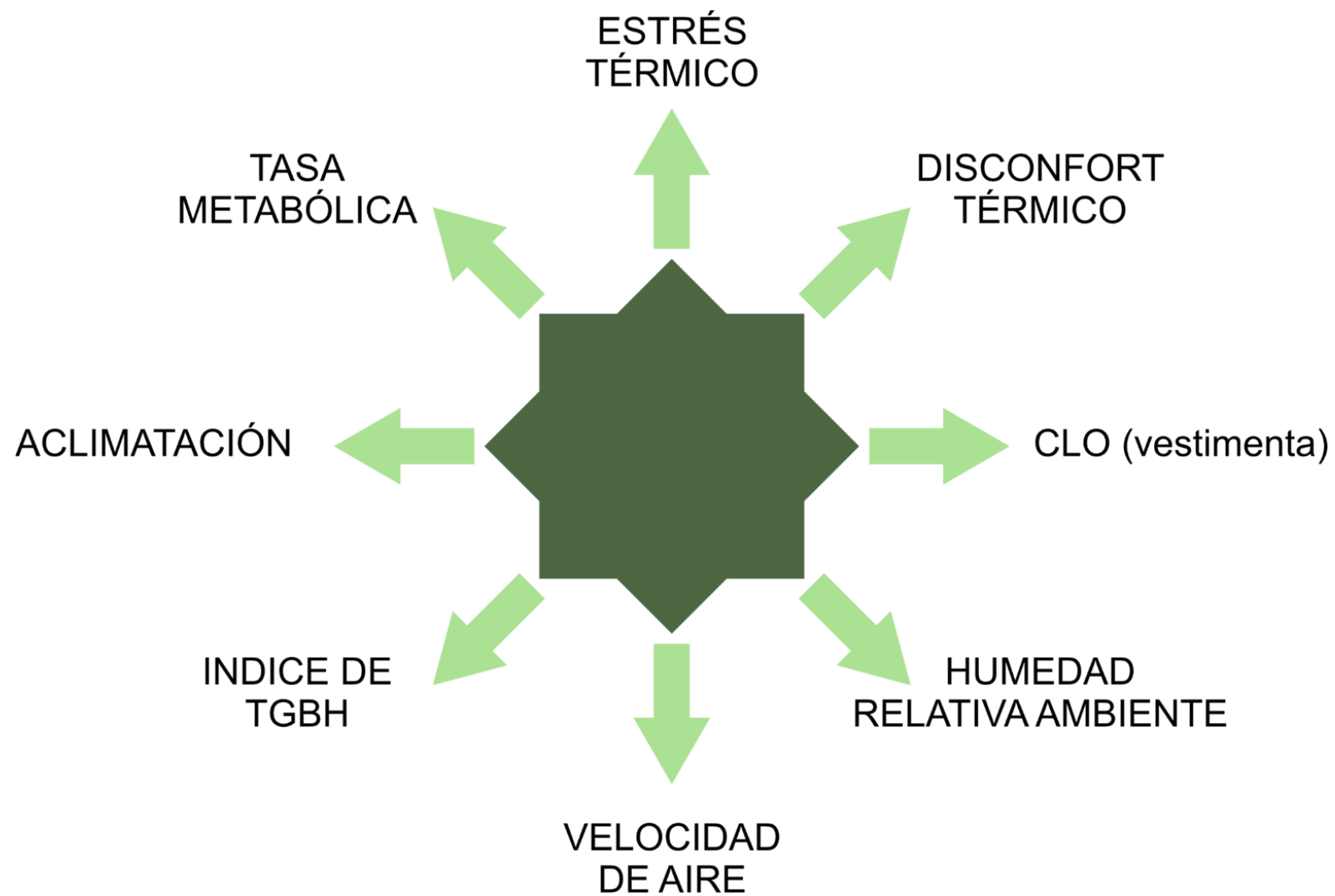
Proyecto de un Protocolo de evaluación

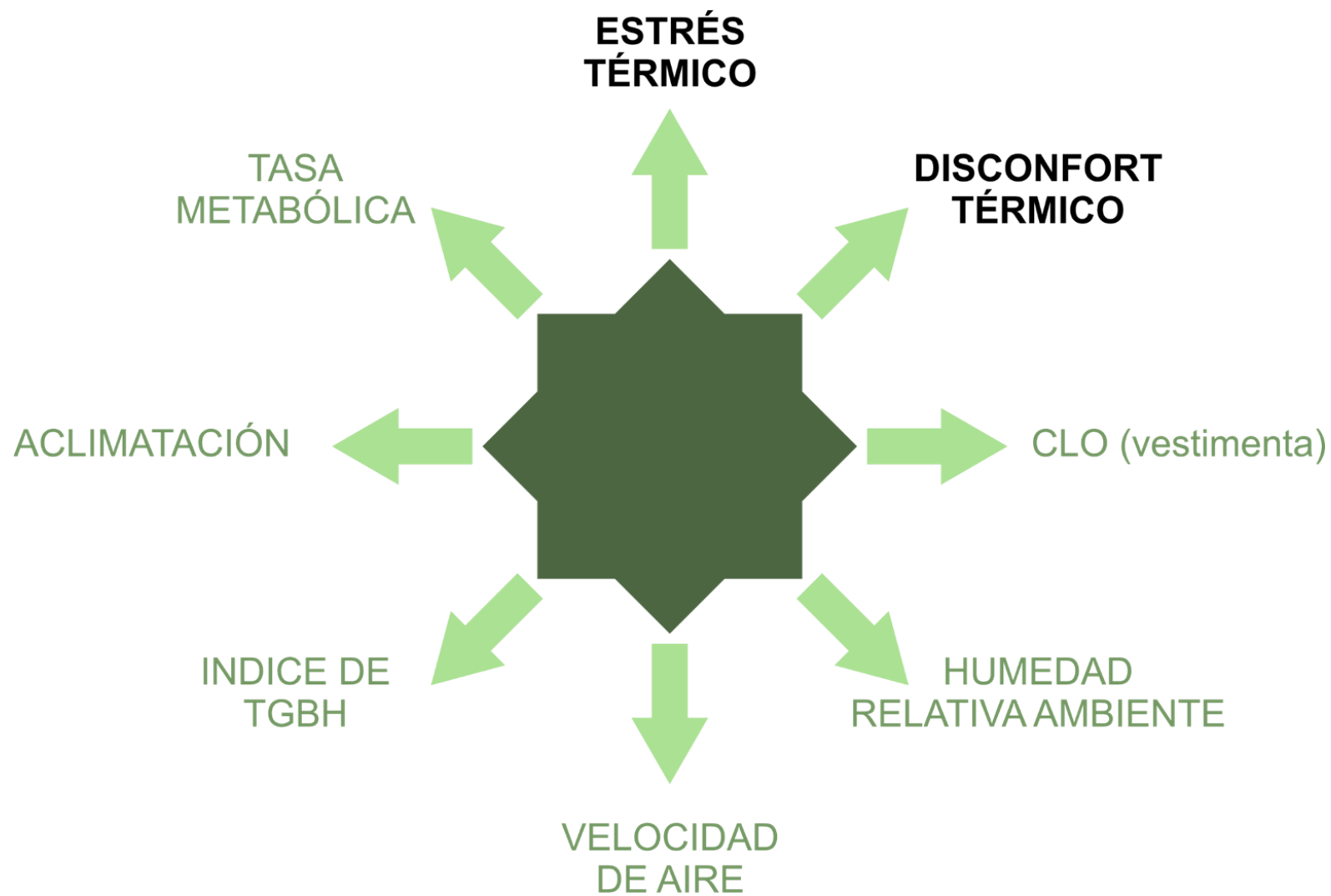


SCAN ME

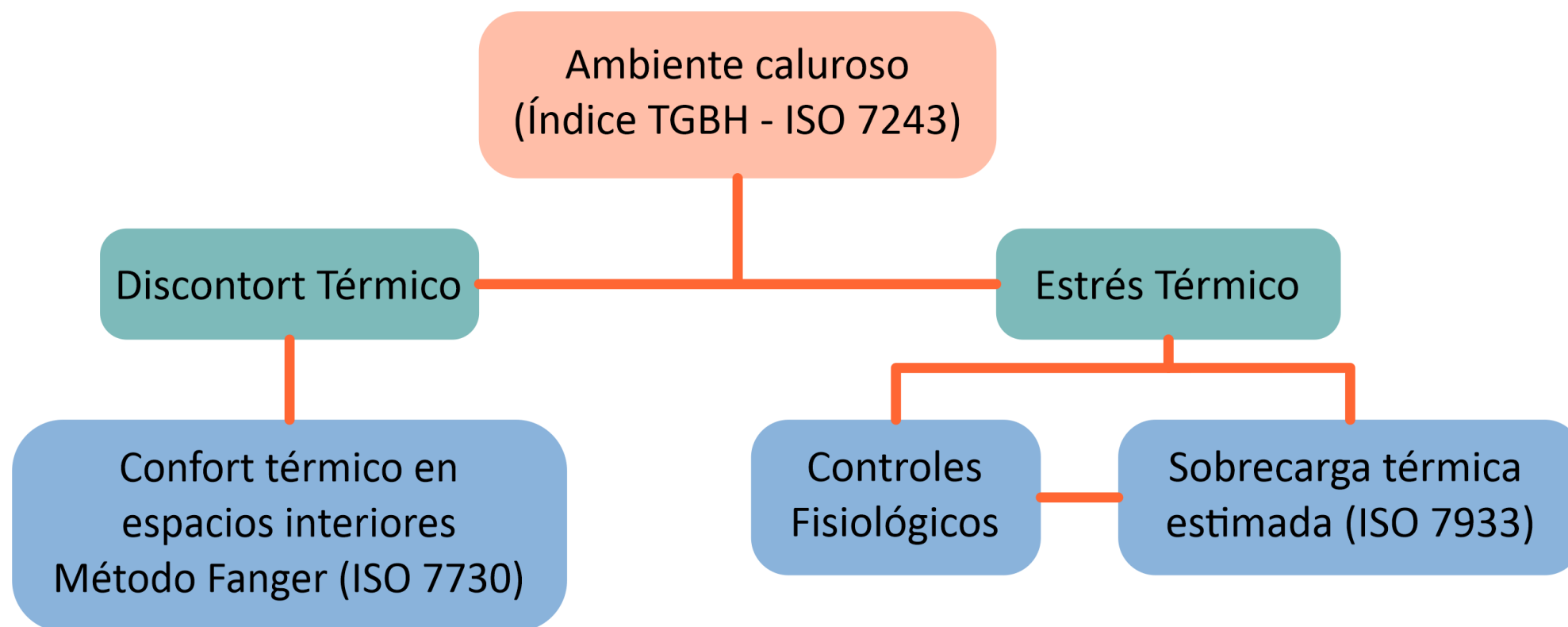


CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL AMBIENTE TÉRMICO POR CALOR





Discomfort y Estrés Térmico





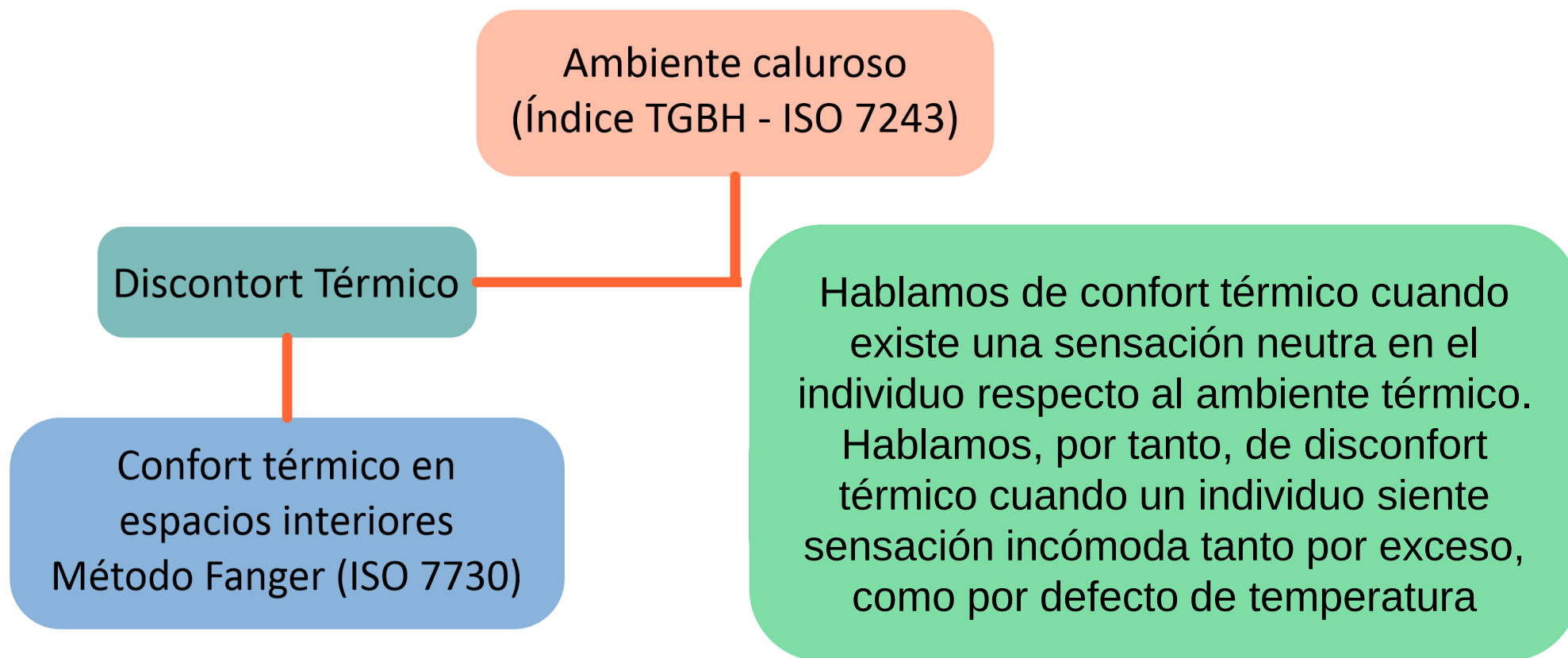
Disconfort y Estrés Térmico

Ambiente caluroso
(Índice TGBH - ISO 7243)

Se define como el resultado de la suma de la carga térmica ambiental o condiciones higrotérmicas (determinadas por la temperatura, humedad, velocidad del aire y radiación térmica) Índice TGBH y el calor generado en los procesos metabólicos (Tasa Metabólica)



Disconfort y Estrés Térmico



Disconfort y Estrés Térmico

Ambiente caluroso
(Índice TGBH - ISO 7243)

El estrés térmico (dependiente de la combinación de la carga térmica ambiental más el calor generado en los procesos metabólicos) y la tensión térmica (respuesta fisiológica) - se utiliza para evaluar el riesgo a la salud y seguridad del trabajador, y de esta forma establecer el valor límite permisible (VLP)

Estrés Térmico

Controles
Fisiológicos

Sobrecarga térmica
estimada (ISO 7933)



IMV – Método Fanger

Norma ISO 7730

Fue P.O. **Fanger** (Thermal Comfort, McGraw-Hill, 1973) quién elaboró un procedimiento que contemplaba las diferentes variables que influyen en la valoración del ambiente térmico en un entorno laboral. El método de Fanger considera el **nivel de actividad**, las **características de la ropa**, la **temperatura seca**, la **humedad relativa**, la **temperatura radiante media** y la **velocidad del aire**. Todas estas variables influyen en los intercambios térmicos hombre - entorno, afectando a la sensación de confort.

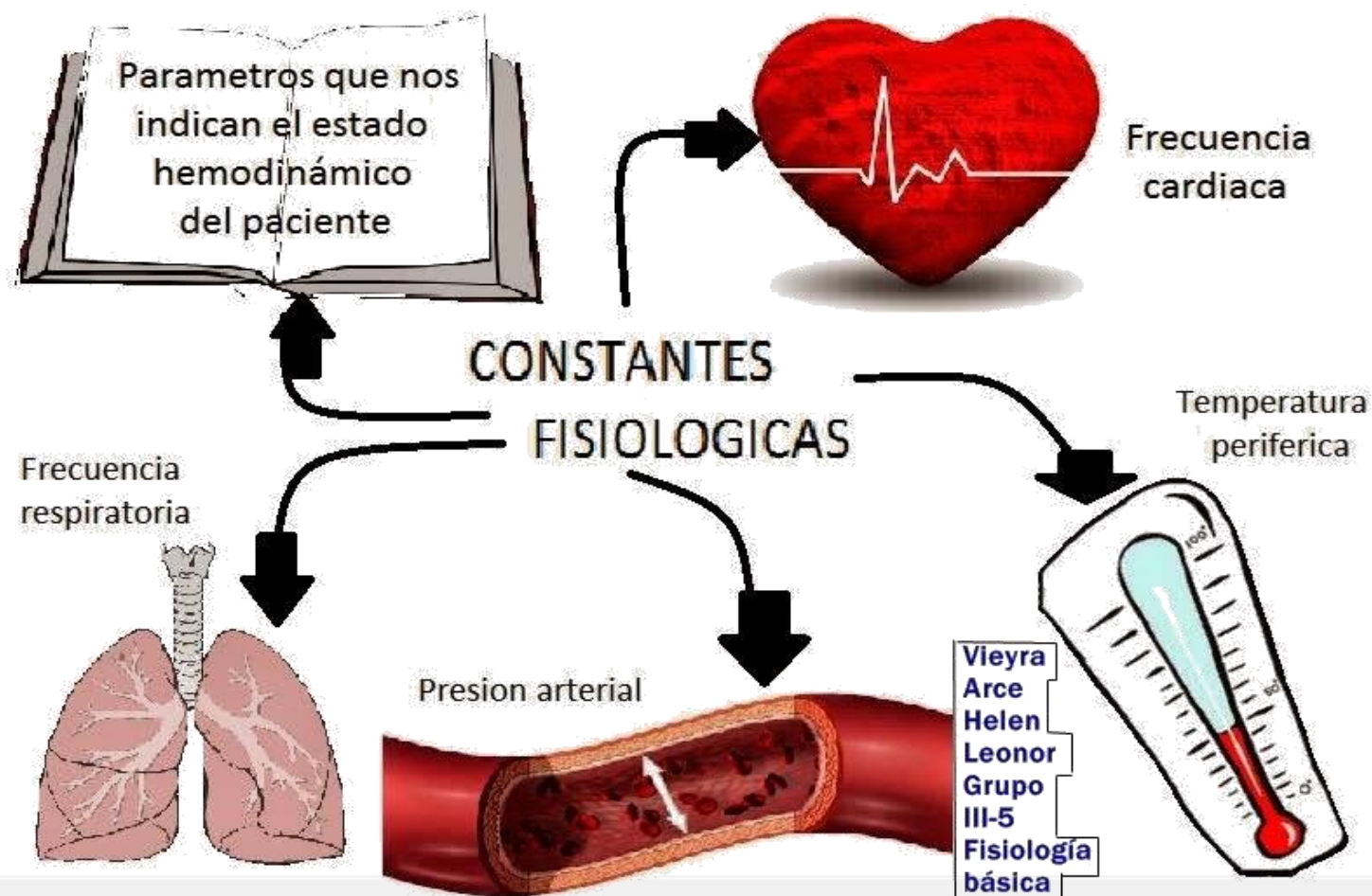


Estrés térmico

El estrés térmico (dependiente de la combinación de la carga térmica ambiental más el calor generado en los procesos metabólicos) y la tensión térmica (respuesta fisiológica) - se utiliza para evaluar el riesgo a la salud y seguridad del trabajador, y de esta forma establecer el valor límite permisible (VLP).

El método de Fanger, en la actualidad uno de los más extendidos para la estimación del confort térmico, calcula dos índices denominados **Voto medio estimado (PMV-predicted mean vote)** y **Porcentaje de personas insatisfechas (PPD-predicted percentage dissatisfied)**, que indican la sensación térmica media de un entorno y el porcentaje de personas que se sentirán inconfortables en un ambiente determinado

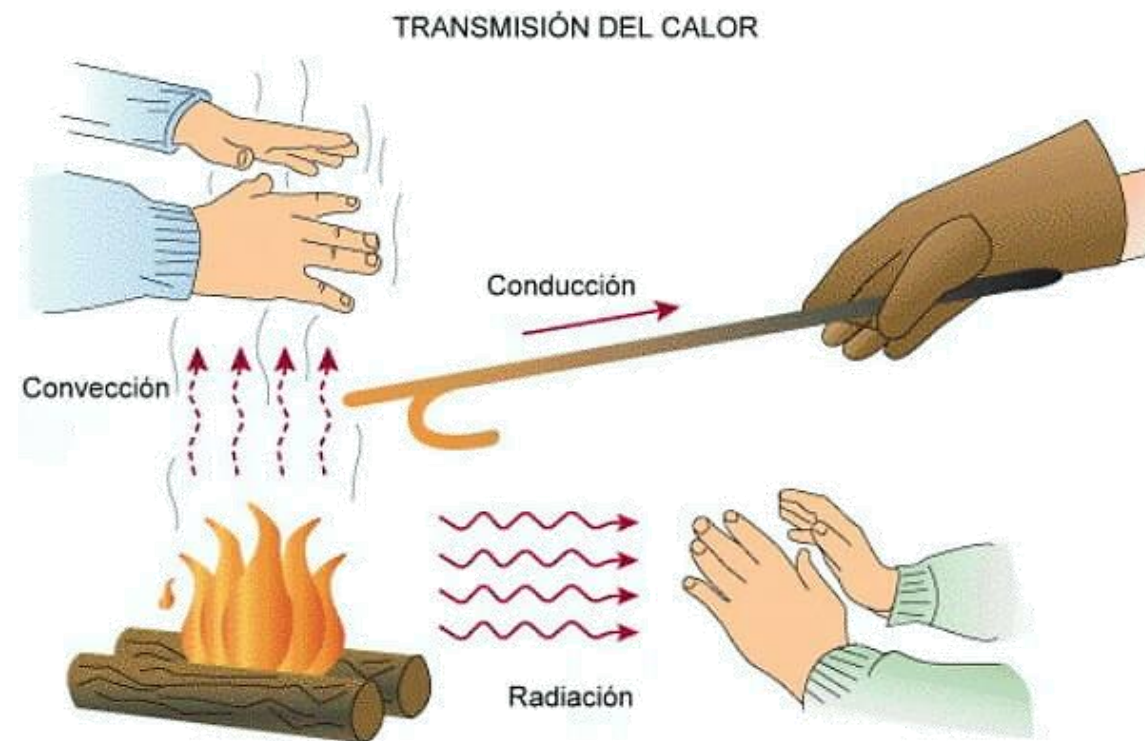
Controles fisiológicos



Sobrecarga térmica de calor

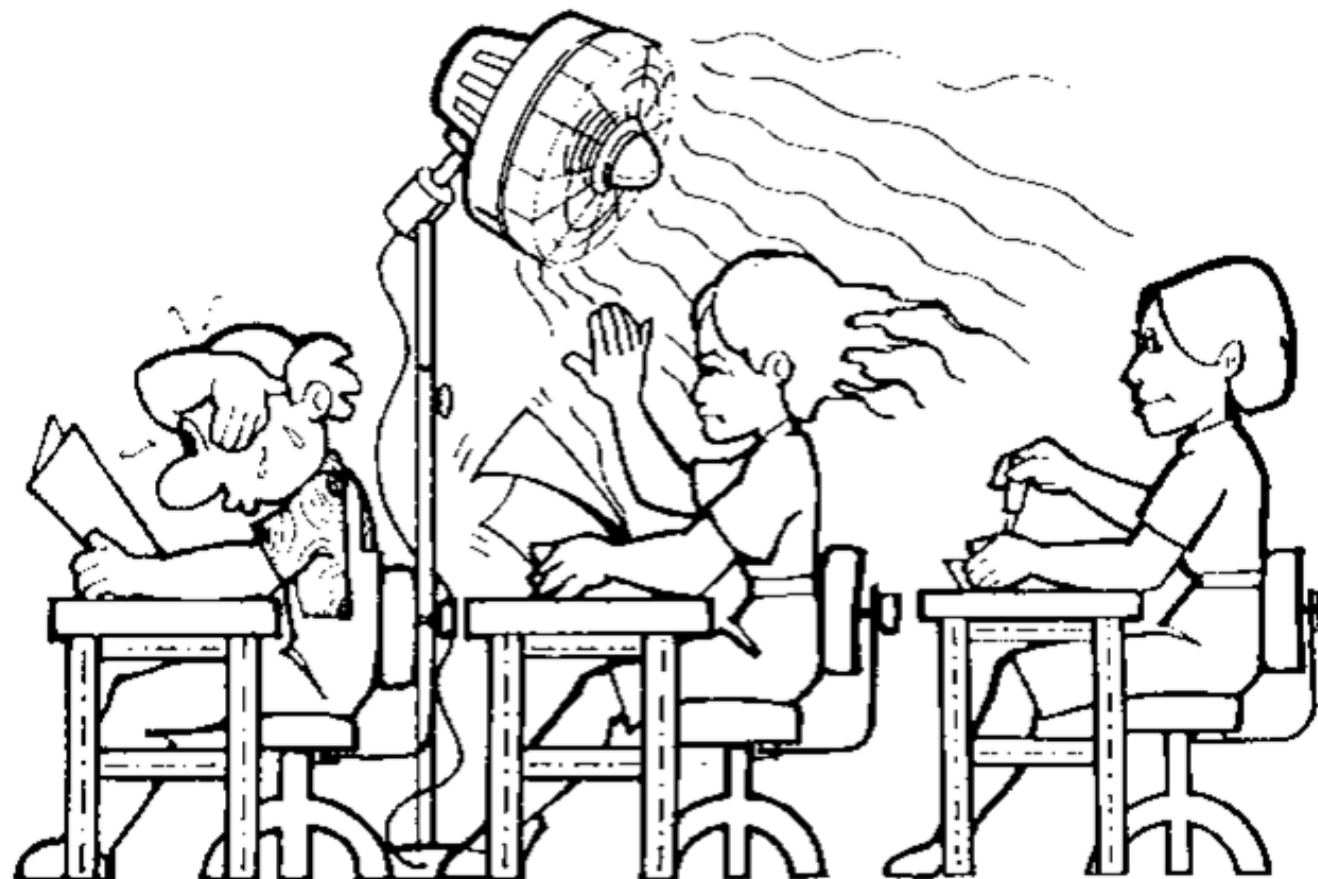
Norma ISO 7933

Esta norma internacional especifica un método para la evaluación analítica e interpretación del **estrés térmico** que experimenta un individuo en un ambiente caluroso. Describe un método para la estimación de la tasa de sudoración y la temperatura interna que el cuerpo humano alcanzará en respuesta a las condiciones de trabajo.





DISCONFORT Y ESTRÉS TÉRMICO





FORMAS DE INTERCAMBIO DE CALOR ENTRE EL CUERPO Y EL MEDIO AMBIENTE

En regiones en las cuales la temperatura es inferior a la del ser humano, el intercambio de calor entre el medio ambiente y el cuerpo se lleva a cabo sin dificultad, (luego se ve que esto se cumple siempre que la humedad relativa del aire no llegue a ciertos límites que varían con la temperatura). Esto no ocurre con carga térmica positiva.

La cantidad de calor emitida por el cuerpo depende de las condiciones climáticas y de la vestimenta.

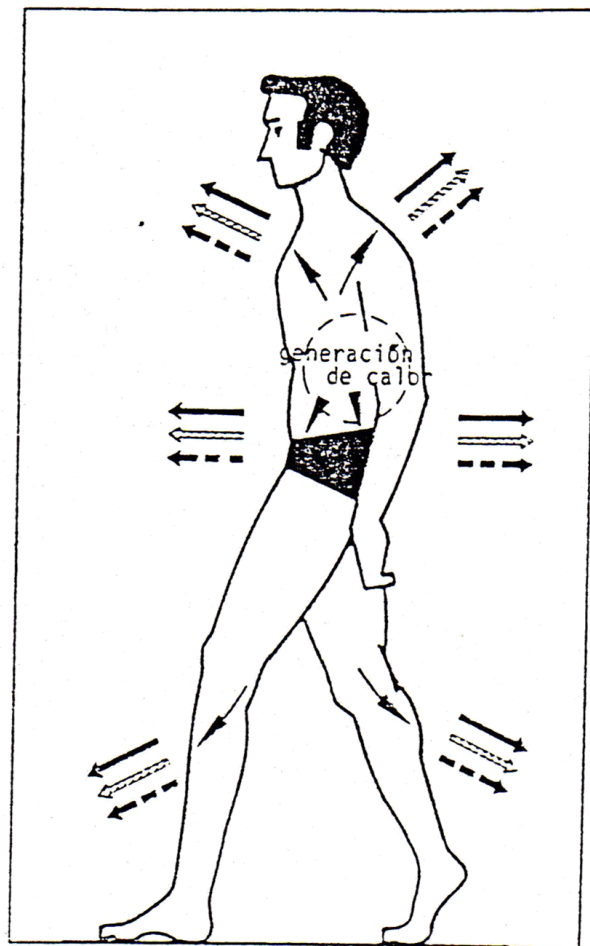
El calor proveniente del interior del cuerpo que fluye hacia la periferia, (extremidades), es disipado por el cuerpo a través de cuatro vías, según se observa en la figura de la siguiente diapositiva.

Las vías de disipación del calor establecidas por Wensel son las siguientes:

- 1- Convección de calor**
- 2- Conducción de calor**
- 3- Radiación de calor**
- 4- Evaporación de agua**

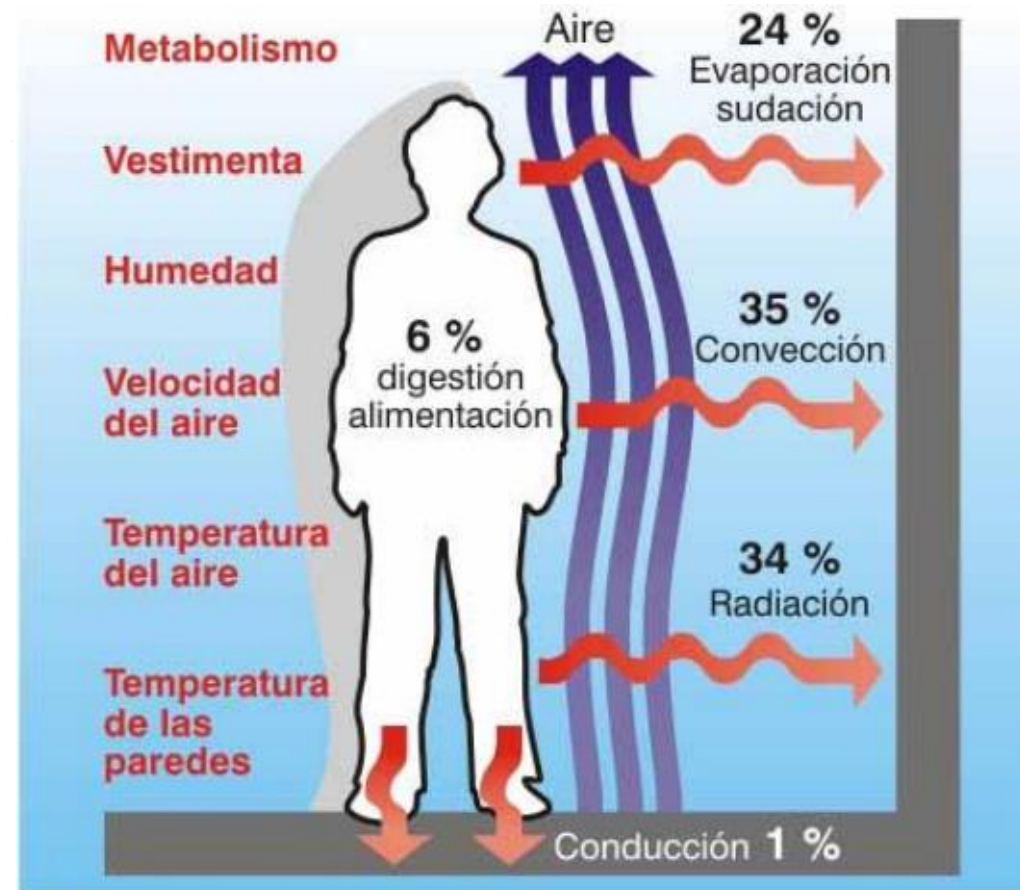
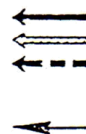


Vías de disipación del calor según Wensel y otros, 1980



Entrega de calor al medio ambiente por: conducción, convección, evaporación de agua, radiación

Corriente de calor hacia la piel





Como los mecanismos de termo regulación del cuerpo tienen la finalidad de mantener estable la temperatura interna, es evidente la existencia de un equilibrio entre la cantidad de calor generado por el cuerpo y el calor transmitido por el medio ambiente, este equilibrio se denomina *balance térmico* y se representa mediante la ecuación:

$$M - E_d - E_s - E_r - L = K = R + C$$

En donde:

M = Producción metabólica de calor

E_d = Pérdida de calor por difusión de vapor de agua a través de la piel

E_s = Pérdida de calor por evaporación de la transpiración desde la superficie de la piel

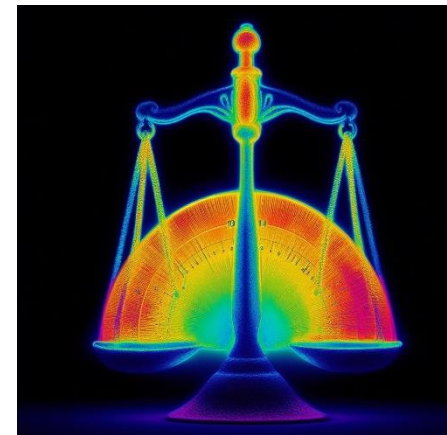
E_r = Pérdida de calor latente en la respiración

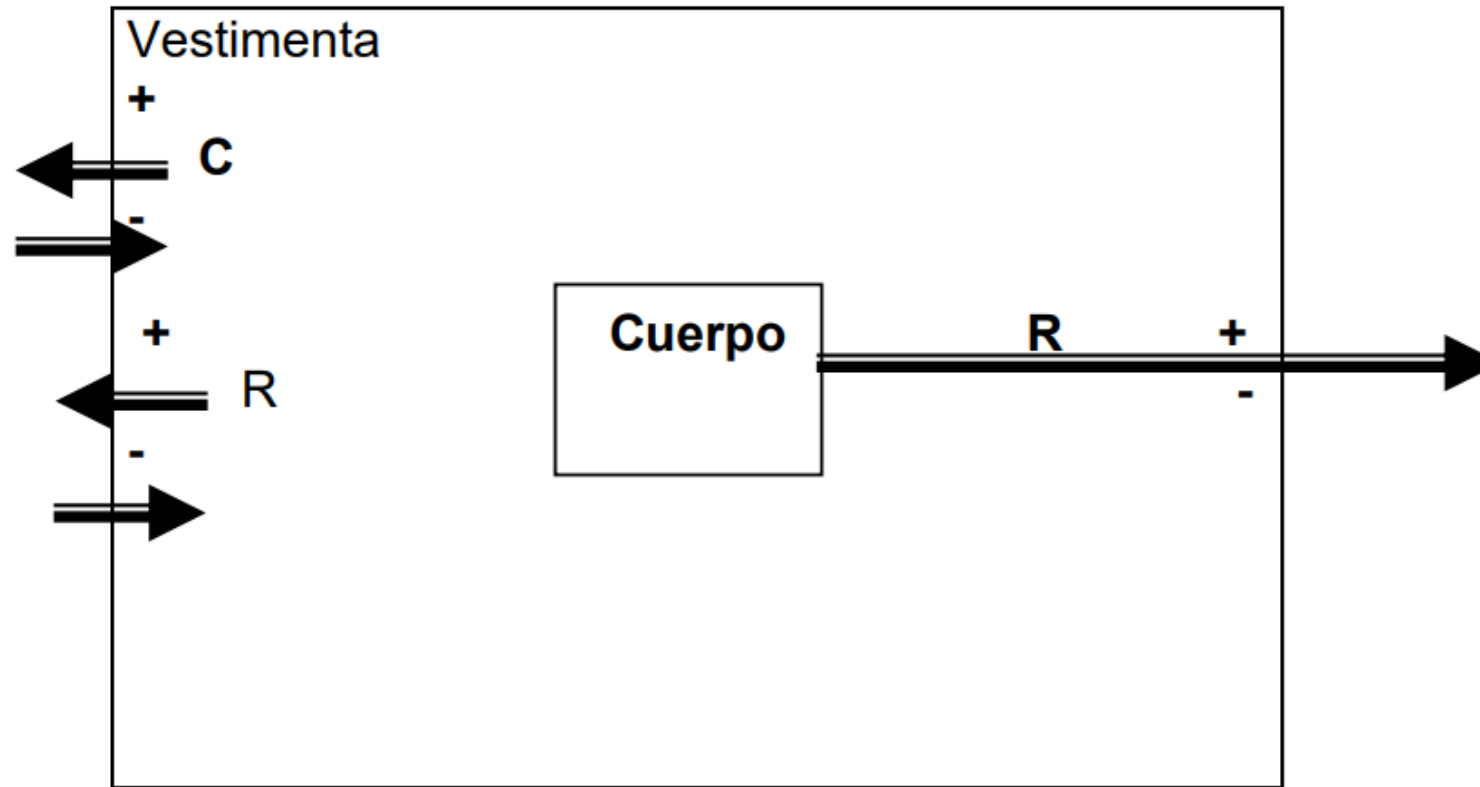
L = Pérdida de calor sensible en la respiración

K = Calor transmitido desde la superficie de la piel hasta la superficie exterior de la ropa

R = Calor perdido por radiación desde la superficie exterior de la ropa

C = Calor perdido por convección desde la superficie exterior de la ropa





Esta ecuación representa la producción de calor interno menos las pérdidas de calor por evaporación desde la piel ($E_d + E_s$) y las de respiración ($E_r - L$), es igual al calor transmitido a través de la ropa (K) y disipado al otro lado de ésta por radiación y convección ($R + C$).



Podemos decir que, en condiciones de equilibrio térmico, cuando la temperatura interna del cuerpo permanece constante, las ganancias y las pérdidas de calor del organismo están igualadas, por lo que podemos establecer una ecuación que presente el balance térmico considerando las variables que intervienen en la entrada y salida del calor del cuerpo, esta fórmula podemos representarla de la siguiente forma:

$$A = M - (R + C + E)$$

Donde:

A = Acumulación del calor corporal

M = Producción metabólica de calor

R = Calor perdido o ganado por radiación desde la superficie exterior de la ropa

C = Calor perdido por convección desde la superficie exterior de la ropa

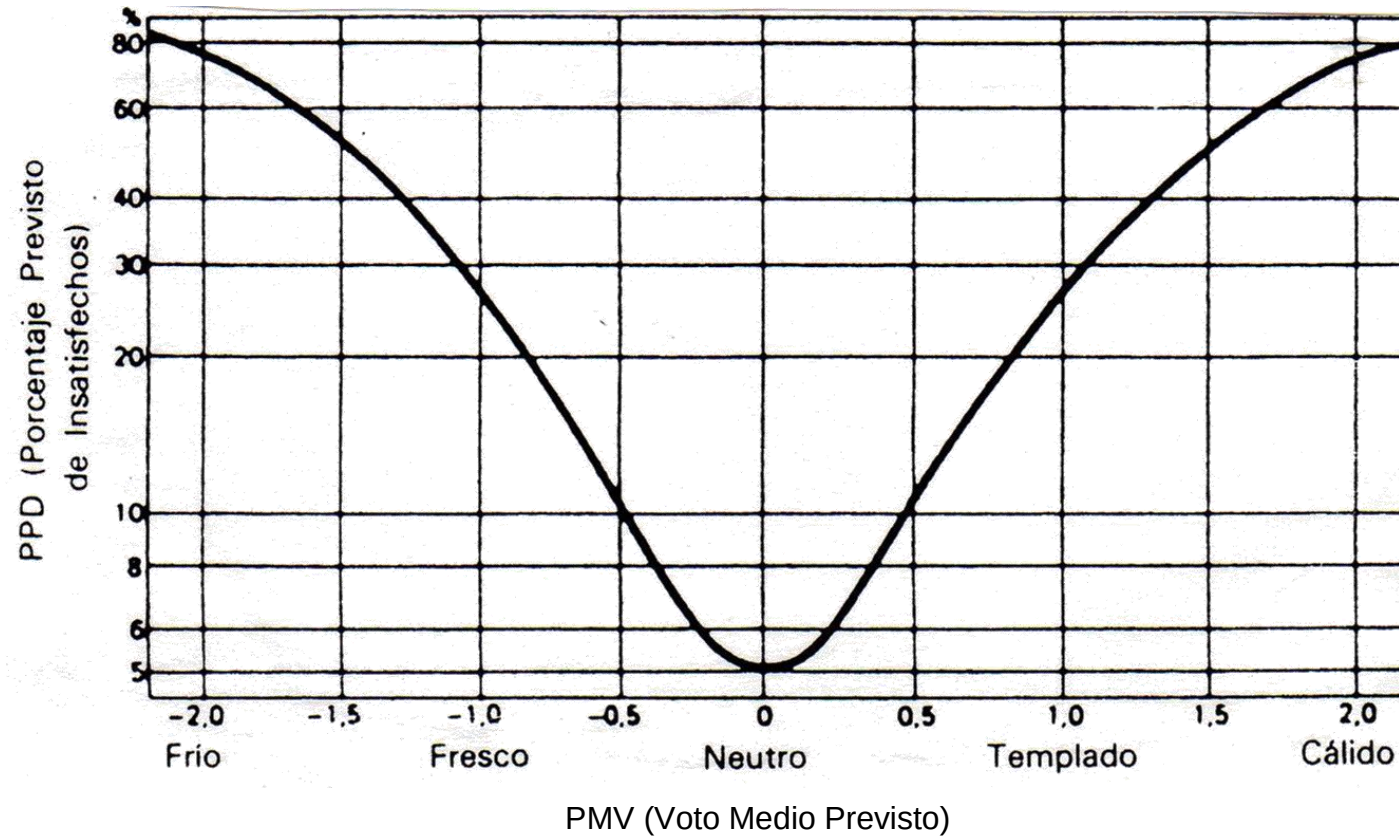
E = Calor por evaporación



La ecuación del PMV para el confort térmico es un modelo en estado estacionario. Es una ecuación para predecir el voto medio de confort térmico de un grupo de personas en una escala de valores de tipo ordinal. La ecuación usa un balance térmico en estado estacionario para el cuerpo humano y asume un vínculo entre la desviación de la acumulación mínima en el mecanismo ejecutor del balance térmico, por ejemplo, sudoración, vaso constricción, vaso dilatación y el voto de confort térmico.



Distribución de los votos de sensación térmica individual (basado en la experiencia con 1.300 personas) para diferentes valores de PMV





ESTRÉS TÉRMICO

Carga neta de calor

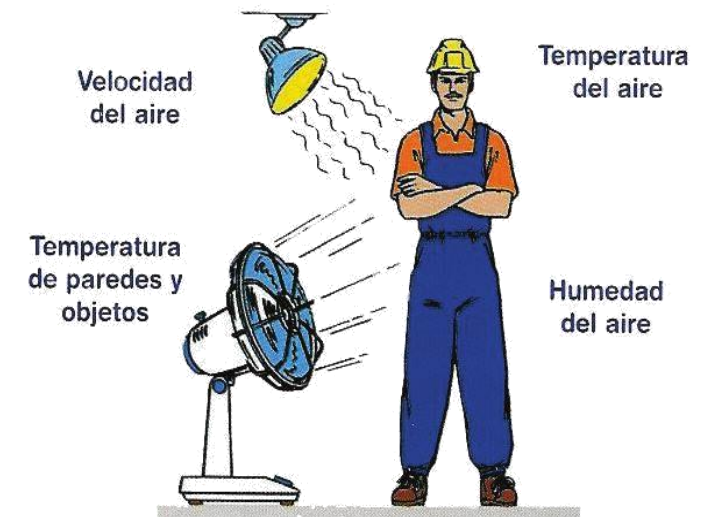
Tasa metabólica



Vestimenta

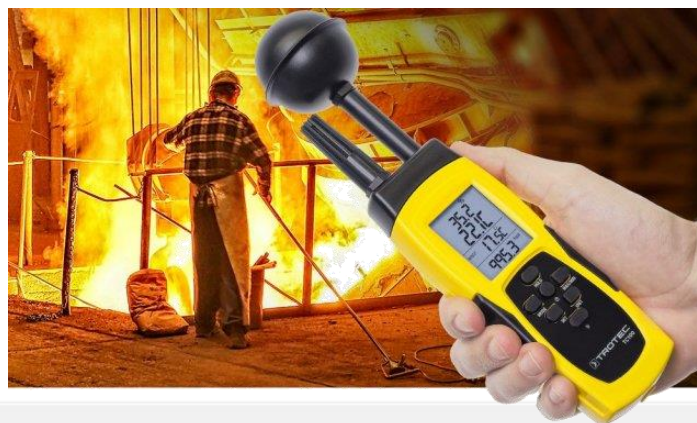


Condiciones del Medio Ambiente





MEDICIÓN DE CARGA TÉRMICA AMBIENTAL



INDICE TGBH o WBGT

En el cálculo se utiliza

- Temperatura de bulbo húmedo
- Temperatura de bulbo seco
- Temperatura radiante





INDICE TGBH o WBGT

Es representativo de las cargas de calor del ambiente sobre el individuo expuesto y se define como:

$TGBH_e = 0.7 T_{bh} + 0.2 T_g + 0.1 T_{bs}$, para ambientes al aire libre.

$TGBH_i = 0.7 T_{bh} + 0.3 T_g$, para ambientes interiores o sin carga solar.

Si durante la hora existen diferentes condiciones térmicas el valor de TGBH se debe calcular como un promedio ponderado:

$$TGBH = (TGBH_1 \times t_1 + TGBH_2 \times t_2 + \dots + TGBH_n \times t_n) / (t_1 + t_2 + \dots + t_n)$$



MEDICIÓN DE ESTRÉS TÉRMICO EN TRES NIVELES

TGBH, TBS, TG, TGBHi, TGBHmax

- CABEZA
 - CINTURA (X 2)
 - TOBILLO
- } ÷ 4









CAMBIOS EN LA NUEVA NORMATIVA

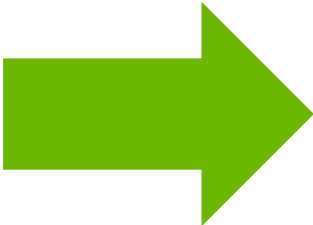


Expansión de la tabla Valor de Ajuste por Ropa (VAR)

Res. MTEySS N° 295/03

Res. SRT 30/23

Tipo de ropa	Adicional al TGBH
Uniforme de trabajo de verano	0
Buzos de tela (material tejido)	+ 3,5
Buzos de doble tela	+ 5



TIPO DE ROPA	VAR
Ropa de trabajo: Camisa de manga larga y pantalón largo. Tela: Algodón	0
Overol de material tejido (se considera el uso de una prenda liviana por debajo, no como segunda capa de ropa)	0
Overol de polipropileno SMS de una sola capa	+0.5
Overol de poliolefina de una sola capa	+1
Ropa tejida de doble capa (generalmente se considera como una capa de ropa de tela tejida adicional sobre la Ropa de Trabajo)	+3
Overol que constituya una Barrera de vapor, con capucha (Esto no puede ser aplicada a trajes encapsulados, denominados como Clase A)	+11

Tabla Valor de Ajuste por Ropa (VAR)



TIPO DE ROPA		VAR (°C)
Según Res. SRT 30/2023 *	Propuesta **	
	Ropa de trabajo de material tejido (camisa de manga y pantalón cortos)	-1
Ropa de trabajo: Camisa de manga larga y pantalón largo. Tela: Algodón	Ropa de trabajo de material tejido (camisa de manga y pantalón largos)	0
Overol de material tejido (se considera el uso de una prenda liviana por debajo, no como segunda capa de ropa)	Mameluco de material tejido (se considera el uso de una prenda liviana por debajo, no como segunda capa de ropa)	0
Overol de polipropileno SMS de una sola capa	Mamelucos de polipropileno SMS (Spun-Melt-spun), de una sola capa (material respirable)	+ 0.5
Overol de poliolefina de una sola capa	Mameluco de poliolefina de una sola capa (material laminado).	+ 1
Ropa tejida de doble capa (generalmente se considera como una capa de ropa de tela tejida adicional sobre la Ropa de Trabajo)	Ropa tejida de doble capa (generalmente se considera como una capa de ropa de tela tejida adicional sobre la ropa de trabajo)	+ 3
Overol que constituya una Barrera de vapor, con capucha (Esto no puede ser aplicada a trajes encapsulados, denominados como Clase A)	Mameluco que constituya una barrera de vapor, con capucha (Esto no puede ser aplicada a trajes encapsulados, denominados como Clase A (OSHA) o Tipo 1 (EN)	+ 11

*Fuente: 2021 Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents & Biological Exposure Indices. ACGIH

** Es una adaptación de Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents & Biological Exposure Indices. ACGIH, 2024, con agregados propios resultado de este análisis.



JUNTA CENTRAL DE INGENIERÍA – COMISIÓN DE HIGIENE Y SEGURIDAD





Adición por vestimenta al TGBH

$$\text{TGBHef} = \text{TGBH} + \text{VAR}$$

Tablas para estimar tasa metabólica

Res. MTEySS N° 295/03

Nivel de actividad metabólica

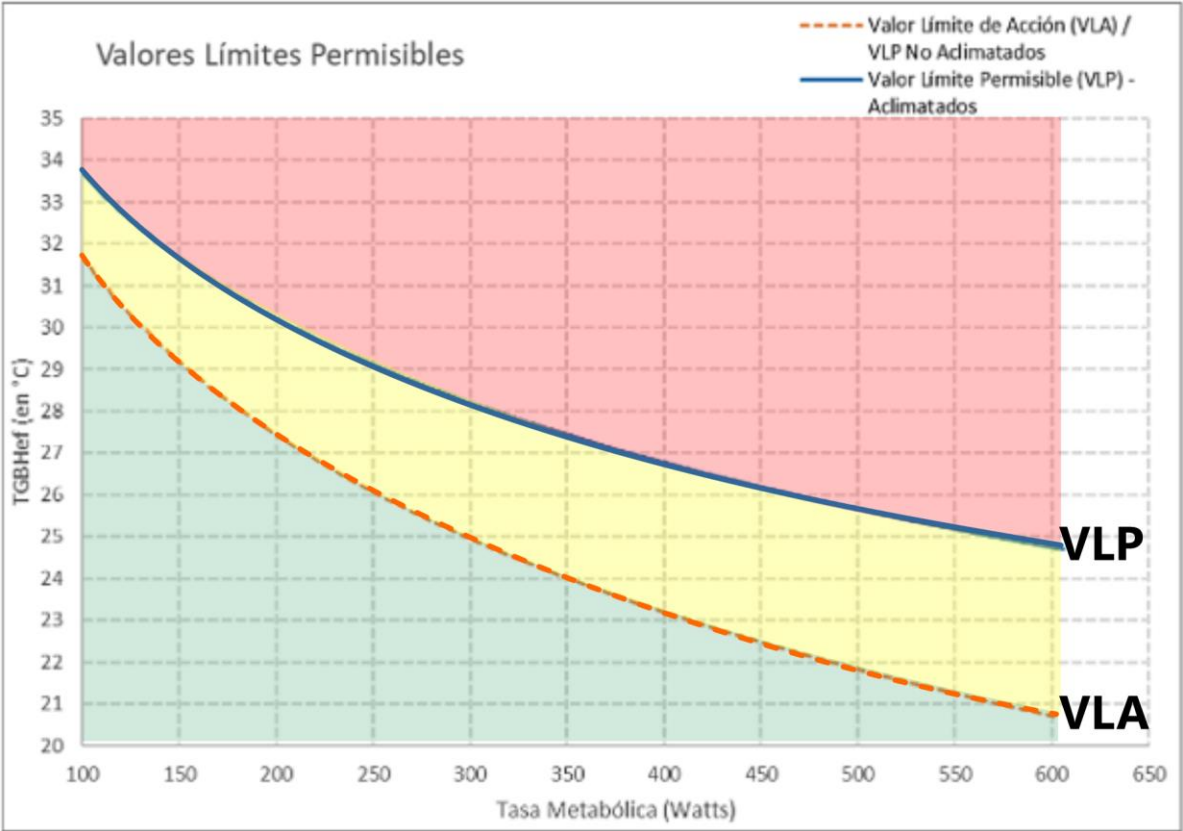
Exigencias del trabajo	Aclimatado				Sin aclimatar			
	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado
100% trabajo	29,5	27,5	26		27,5	25	22,5	
75% trabajo 25% descanso	30,5	28,5	27,5		29	26,5	24,5	
50% trabajo 50% descanso	31,5	29,5	28,5	27,5	30	28	26,5	25
25% trabajo 75% descanso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

Categorías	Ejemplo de actividades
Reposada	Sentado tranquilamente Sentado con movimiento moderado de los brazos
Ligera	Sentado con movimiento moderado de los brazos y piernas De pie con trabajo ligero, o moderado en una máquina, o mesa utilizando principalmente los brazos Utilizar una sierra de mesa De pie con trabajo ligero o moderado en una máquina o banco y algún movimiento en su entorno
Moderada	Limpiar estado de pie Levantar o empujar ligeramente estando de pie Caminar en el llano llevando 3 kg de peso
Pesada	Carpintero aserrando a mano Mover una pala con tierra seca Trabajo fuerte de montaje discontinuo Levantamiento fuerte intermitente empujando, o tirando, Trabajar con pico y pala
Muy pesada	Mover una pala con tierra mojada

Límites actualizados de exposición basados en la tasa metabólica (RES SRT 30/23)



Valor límite de acción		Valor límite permisible	
TM (W)	VLA TGBH ef Límite (C°)	TM (W)	VLA TGBH ef Límite (C°)
140	29,6	140	32,0
241	26,3	241	29,3
313	27,7	313	28,0
414	23,0	414	26,6
537	21,4	537	25,3



Esquema de decisiones según la Res. MTEySS N° 295/03

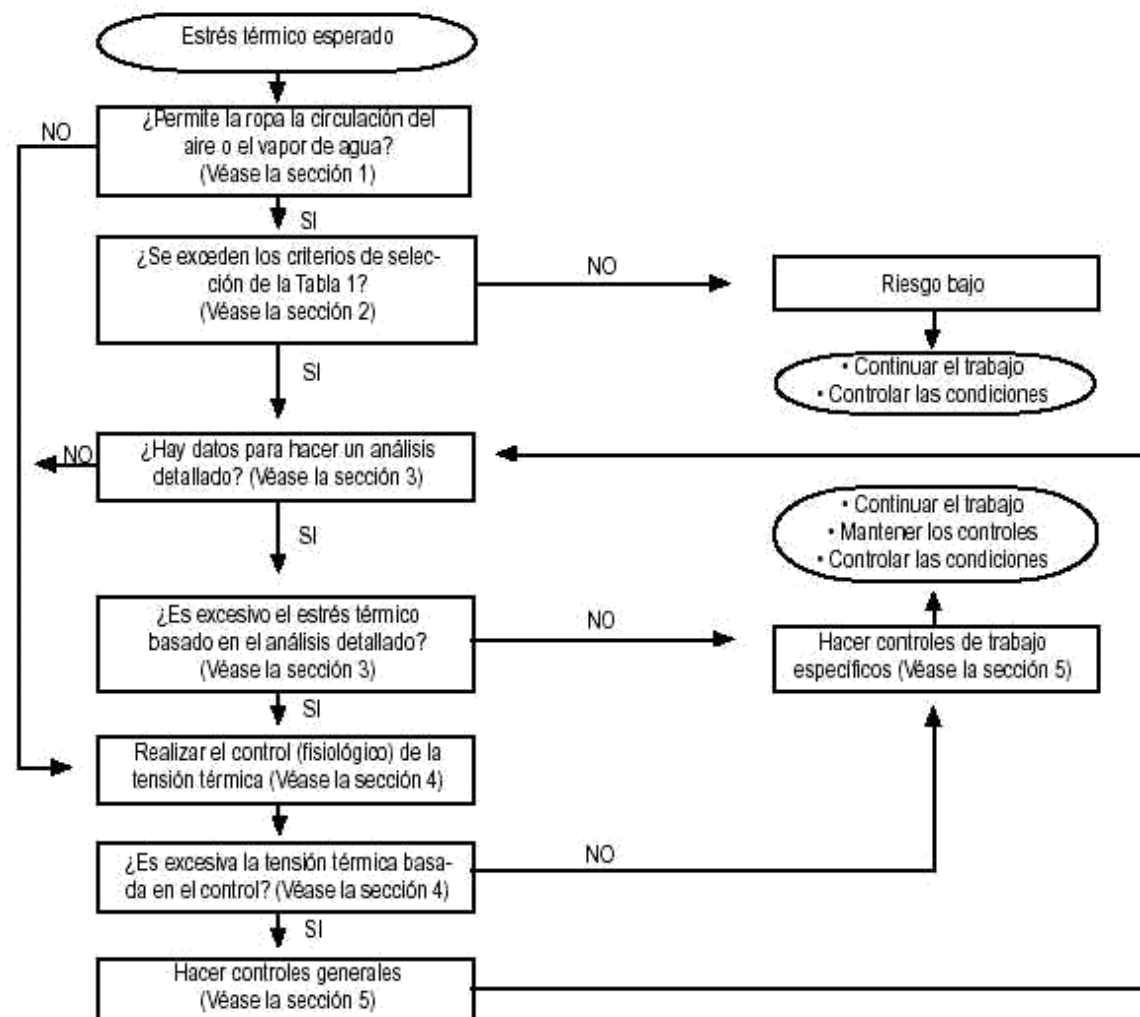
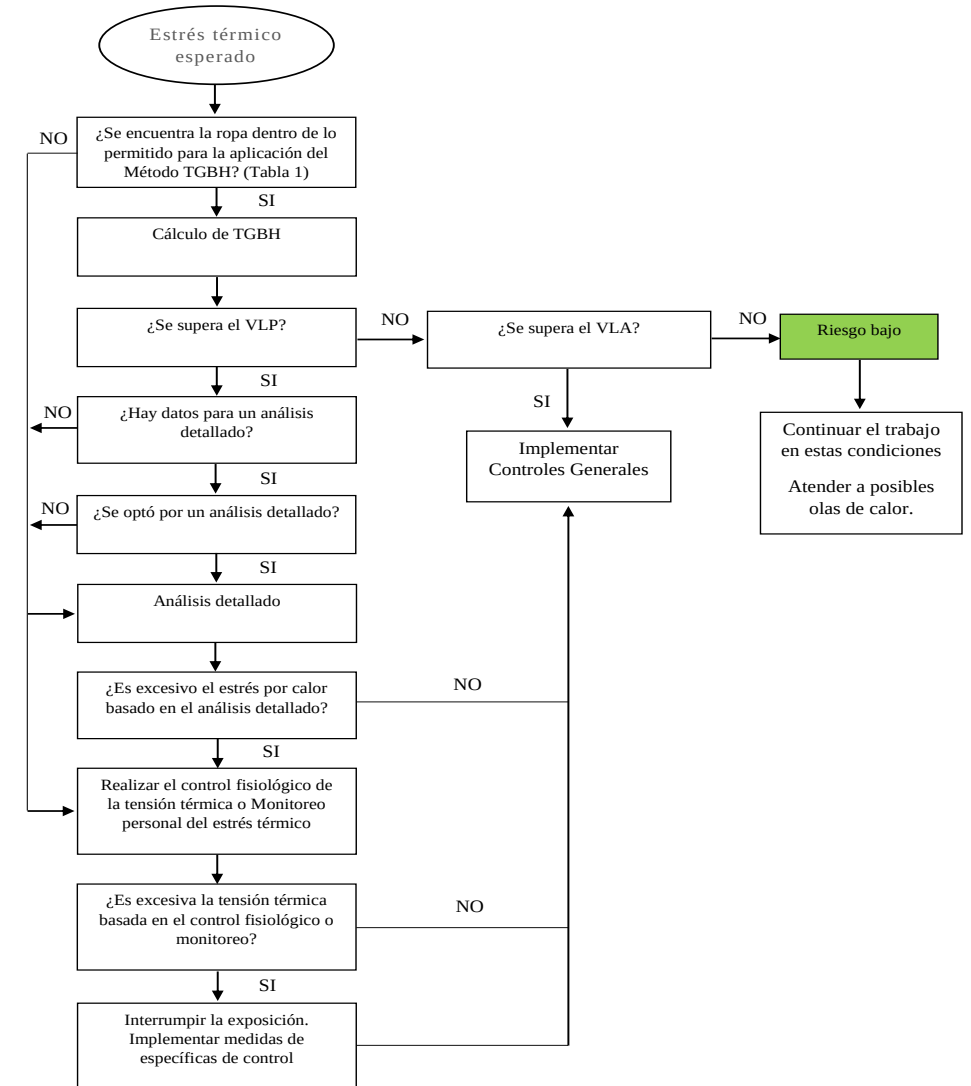


Figura 1. Esquema de evaluación para el estrés térmico.

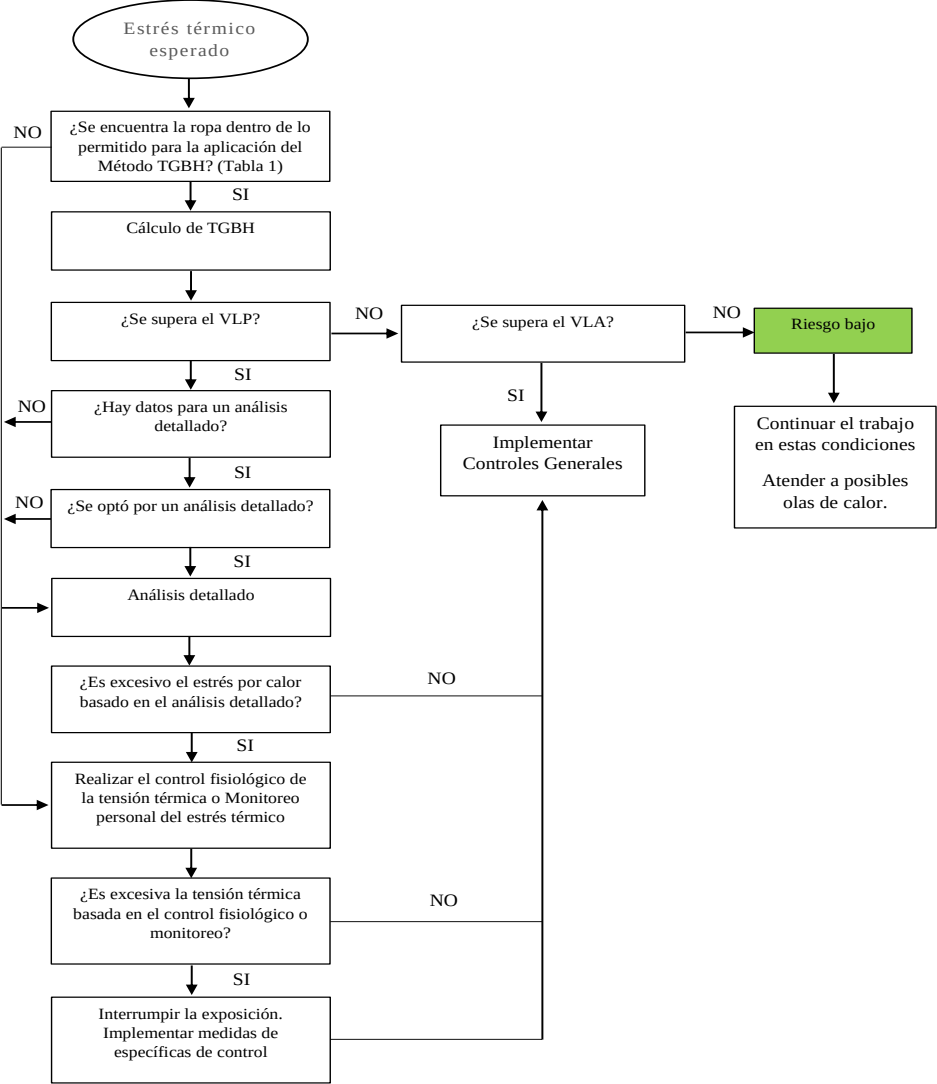
Esquema de decisiones según la Res. SRT 30/23



Esquema de decisiones según la Res. SRT 30/23

¿Se supera el VLP?

TM [W]	VLP= TGBHef Limite [°C]	TM [W]	VLP= TGBHef Limite [°C]	TM [W]	VLP= TGBHef Limite [°C]
100	33.7	186	30.6	346	27.5
102	33.6	189	30.5	353	27.4
104	33.5	193	30.4	360	27.3
106	33.4	197	30.3	367	27.2
108	33.3	201	30.2	374	27.1
110	33.2	205	30.1	382	27.0
112	33.1	209	30.0	390	26.9
115	33.0	214	29.9	398	26.8
117	32.9	218	29.8	406	26.7
119	32.8	222	29.7	414	26.6
122	32.7	227	29.6	422	26.5
124	32.6	231	29.5	431	26.4
127	32.5	236	29.4	440	26.3
129	32.4	241	29.3	448	26.2
132	32.3	246	29.2	458	26.1
135	32.2	251	29.1	467	26.0
137	32.1	256	29.0	476	25.9
140	32.0	261	28.9	486	25.8
143	31.9	266	28.8	496	25.7
146	31.8	272	28.7	506	25.6
149	31.7	277	28.6	516	25.5
152	31.6	283	28.5	526	25.4
155	31.5	289	28.4	537	25.3
158	31.4	294	28.3	548	25.2
161	31.3	300	28.2	559	25.1
165	31.2	306	28.1	570	25.0
168	31.1	313	28.0	582	24.9
171	31.0	319	27.9	594	24.8
175	30.9	325	27.8	606	24.7
178	30.8	332	27.7		
182	30.7	339	27.6		



Controles fisiológicos

Tensión térmica excesiva

- ▶ Para personas sin alteración cardio vascular: Manteniendo (durante varios minutos) el ritmo cardiaco por encima de 180 latidos por minuto, restada la edad del individuo.
- ▶ Temperatura corporal interna (Temperatura central media) superior a 38,5°C para personal seleccionado medicamente apto y aclimatado o, 38°C para personal sin aclimatar.
- ▶ La recuperación del ritmo cardíaco luego de un minuto después de trabajo con esfuerzo máximo es superior a ciento diez latidos por minuto.
- ▶ Hay síntomas de cansancio intenso y repentina, náuseas, vértigo y mareos.

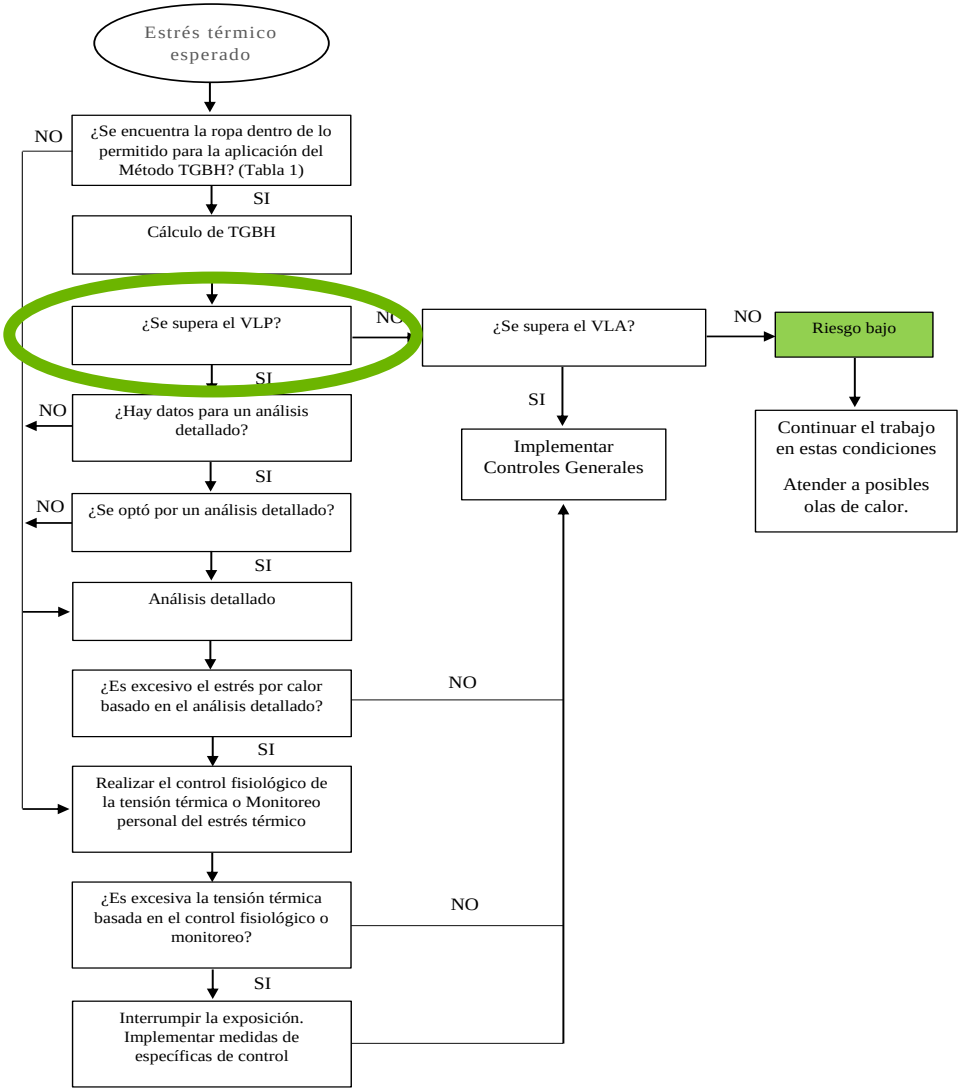


Esquema de decisiones según la Res. SRT 30/23

¿Se supera el VLP?

ESOP 80001 - CALOR

TM [W]	VLP= TGBHef Limite [°C]	TM [W]	VLP= TGBHef Limite [°C]	TM [W]	VLP= TGBHef Limite [°C]
100	33.7	186	30.6	346	27.5
102	33.6	189	30.5	353	27.4
104	33.5	193	30.4	360	27.3
106	33.4	197	30.3	367	27.2
108	33.3	201	30.2	374	27.1
110	33.2	205	30.1	382	27.0
112	33.1	209	30.0	390	26.9
115	33.0	214	29.9	398	26.8
117	32.9	218	29.8	406	26.7
119	32.8	222	29.7	414	26.6
122	32.7	227	29.6	422	26.5
124	32.6	231	29.5	431	26.4
127	32.5	236	29.4	440	26.3
129	32.4	241	29.3	448	26.2
132	32.3	246	29.2	458	26.1
135	32.2	251	29.1	467	26.0
137	32.1	256	29.0	476	25.9
140	32.0	261	28.9	486	25.8
143	31.9	266	28.8	496	25.7
146	31.8	272	28.7	506	25.6
149	31.7	277	28.6	516	25.5
152	31.6	283	28.5	526	25.4
155	31.5	289	28.4	537	25.3
158	31.4	294	28.3	548	25.2
161	31.3	300	28.2	559	25.1
165	31.2	306	28.1	570	25.0
168	31.1	313	28.0	582	24.9
171	31.0	319	27.9	594	24.8
175	30.9	325	27.8	606	24.7
178	30.8	332	27.7		
182	30.7	339	27.6		





Controles Generales

- Declarar a los trabajadores expuestos a agentes de riesgo del calor (Esop 80001) a la ART.
- De incluir nuevos trabajadores, Incluir evaluación médica, para la exposición a agentes de calor al momento de realizar los exámenes pre ocupacionales.
- El empleador debe brindar una capacitación específica sobre los riesgos al embarazo por la exposición al calor, solicitar el servicio Medico el apto médico.
- Proveer agua fría en los puestos de trabajo e instruir a beber en pequeñas cantidades.
- Permitir la autolimitación a la exposición y fomentar la observación con participación de los trabajadores, de la detección de los signos y síntomas de la tensión térmica en los demás.
- Modificar las expectativas para aquellos que regresan al trabajo después de estar expuestos al calor, y fomentar el consumo de alimentos salados.





Controles Generales

A través del servicio de Higiene y Seguridad

- Brindar capacitación y entrenamiento en forma periódica a los trabajadores a cerca de la exposición a la tensión térmica, entregar instructivos de trabajo, procedimientos e información específica.
- Establecer un programa de monitoreo de las condiciones higrotérmicas, estableciendo la periodicidad de las determinaciones, llevando un registro de las mismas.
- El programa de monitoreo debe contempla entre factores los cambios de las condiciones o procedimientos de trabajo, en las tareas desarrolladas, en las máquinas, los equipos o fuentes de calor.



Tablas para estimar tasa metabólica

Parte del Cuerpo		Carga de Trabajo (W)		
		Ligera	Media	Pesada
Ambos manos	Valor Medio	126	153	171
	Rango	Menor a 135	135 a 162	Mayor a 162
Un brazo	Valor Medio	162	146	234
	Rango	Menor a 180	180 a 216	Mayor a 216
Ambos brazos	Valor Medio	216	252	288
	Rango	Menor a 173	173 a 270	Mayor a 270
Cuerpo entero	Valor Medio	324	441	603
	Rango	Menor a 378	378 a 513	Mayor a 513

Postura del cuerpo	Tasa Metabólica (W)
Sentado	0
De rodillas	18
En cuclillas	18
De pie	27
De pie e inclinado hacia adelante	36

Incorporación de tablas para estimar tasa metabólica

Actividad		TM (W)
Recostado		81
Descanso, sentado		99
Descanso, de pie		126
Caminar en horizontal, suelo llano y firme		
1. Sin carga	a 2km/h	198
	a 3km/h	252
	a 4 km/h	297
	a 5 km/h	360
2. Con carga	10 kg. 4 km/h	333
	30 kg. 4 km/h	450
Caminar cuesta arriba, suelo liso y firme		
1. Sin carga	inclinación de 5°, 4 km/h	324
	inclinación de 15°, 3 km/h	378
	inclinación de 25°, 3 km/h	540
2. Con una carga de 20 kg	inclinación de 15°, 4 km/h	486
	inclinación de 25°, 4 km/h	738
Caminar cuesta abajo a 5 km/h, sin carga		
inclinación de 5°		243
inclinación de 15°		252
inclinación de 25°		324
Subir por una escalera de mano, inclinada 70°, a una velocidad de 11, 2 m/min		
Sin carga		522
Con una carga de 20 kg		648

Empujar o tirar de una vagoneta, 3,6 km/h suelo llano y firme		
fuerza de empuje: 12 kg		522
fuerza de tiro: 16 kg		675
Empujar una carretilla, suelo llano, 4,5 km/h, ruedas de goma, 100 kg de carga		414
Limar hierro	42 golpes de lima/min	180
	60 golpes de lima/min	342
Trabajar con un mazo, a 2 manos, peso del mazo 4,4 kg, 15 golpes/min		522
Trabajo de carpintería	serrado a mano	396
	serrado a máquina	180
	cepillado a mano	540
Colocar ladrillos, 5 ladrillos/min		306
Atornillar		180
Cavar una zanja		522
Actividad sedentaria (oficina, hogar, escuela, laboratorio)		126
De pie, actividad ligera (comprar, laboratorio, industria ligera)		171
De pie, actividad media (dependiente de tienda, trabajo doméstico, trabajo con máquina)		207
Trabajo con máquina herramienta		
ligero (ajuste, montaje)		180
medio (carga)		252
pesado		378
Trabajo con una herramienta manual		
ligero (pulido ligero)		180
medio (pulido)		213
pesado (taladrado pesado)		414

Incorporación de tablas para estimar tasa metabólica ponderada

Categoría	Tasa Metabólica media / ponderada (rango entre paréntesis)
	W
0- Descanso	115 (100 a 125)
1- Tasa Metabólica Baja: LIGERO	180 (126 a 235)
2- Tasa Metabólica Moderada: MODERADO	300 (236 a 360)
3- Tasa Metabólica Alta: PESADO	415 (361 a 465)
4- Tasa Metabólica Muy Alta: MUY PESADO	520 Mayor a 466

Planes de aclimatación

Plan de aclimatación para trabajadores No aclimatados

Plan de Aclimatación para una jornada de 8 horas diarias		
Día 1	20 % de la jornada habitual	Tiempo de trabajo 2 horas*
Día 2	30 % de la jornada habitual	Tiempo de trabajo 2.4 horas
Día 3	40 % de la jornada habitual	Tiempo de trabajo 3.2 horas
Día 4	50 % de la jornada habitual	Tiempo de trabajo 4 horas
Día 5	60 % de la jornada habitual	Tiempo de trabajo 4.8 horas
Día 6	80 % de la jornada habitual	Tiempo de trabajo 6.4 horas
Día 7	100 % de la jornada habitual	Tiempo de trabajo 8 horas

Plan de aclimatación para trabajadores habitualmente aclimatados, pero con ausencia de 7 o más días

Plan de Aclimatación para una jornada de 8 horas diarias		
Día 1	40 % de la jornada habitual	Tiempo de trabajo 3.2 horas
Día 2	50 % de la jornada habitual	Tiempo de trabajo 4 horas
Día 3	60 % de la jornada habitual	Tiempo de trabajo 4.8 horas
Día 4	80 % de la jornada habitual	Tiempo de trabajo 6.4 horas
Día 5	100 % de la jornada habitual	Tiempo de trabajo 8 horas



Tiempos límites de exposición (Recuperación – Descanso)

Si de la evaluación del estrés térmico por el método del Índice del TGBH se supera el VLP, se pueden calcular los períodos de trabajo – descansos necesarios para restablecer el balance térmico y liberar el calor en exceso. Aplicando la siguiente fórmula, puede definirse el tiempo para que la tarea se realice de forma segura.

$$ft = \frac{(A - B)}{(C - D) + (A - B)} \times 60 \left(\frac{\text{minutos}}{\text{horas}} \right) = [\text{minutos} / \text{horas}]$$

Donde:

*ft: fracción de tiempo de trabajo respecto al tiempo total (indica la cantidad de minutos a trabajar por cada hora). Por ejemplo, si el valor de ft:= 15 min, entonces se deberá trabajar 15 minutos e interrumpir la exposición durante 45 minutos.

Tiempos límites de exposición (Recuperación – Descanso)

A: TGBH Límite en zona de descanso: Se considera un valor de 33,7 para una $TM \leq 100$ W (Si la TM es superior se deberá recurrir a la tabla siguiente ingresando por la columna TM se obtiene el TGBH límite para es TM).

B: TGBH en zona de descanso: índice determinado en base a las mediciones realizadas en la zona de descanso.

C: TGBH en el puesto de trabajo: índice determinado en base a las mediciones realizadas en la zona de trabajo.

TM [W]	VLP= TGBHef Limite [°C]	TM [W]	VLP= TGBHef Limite [°C]	TM [W]	VLP= TGBHef Limite [°C]
100	33.7	186	30.6	346	27.5
102	33.6	189	30.5	353	27.4
104	33.5	193	30.4	360	27.3
106	33.4	197	30.3	367	27.2
108	33.3	201	30.2	374	27.1
110	33.2	205	30.1	382	27,0
112	33.1	209	30.0	390	26,9
115	33.0	214	29,9	398	26.8
117	32,9	218	29.8	406	26.7
119	32.8	222	29.7	414	26.6
122	32.7	227	29.6	422	26.5
124	32.6	231	29.5	431	26.4
127	32.5	236	29.4	440	26.3
129	32.4	241	29.3	448	26.2
132	32.3	246	29.2	458	26.1
135	32.2	251	29.1	467	26,0
137	32.1	256	29,0	476	25,9
140	32,0	261	28,9	486	25,8
143	31,9	266	28.8	496	25.7
146	31.8	272	28.7	506	25.6
149	31.7	277	28.6	516	25,5
152	31.6	283	28.5	526	25.4
155	31.5	289	28.4	537	25.3
158	31.4	294	28.3	548	25.2
161	31.3	300	28.2	559	25.1
165	31.2	306	28.1	570	25,0
168	31.1	313	28,0	582	24,9
171	31.0	319	27,9	594	24,8
175	30,9	325	27.8	606	24.7
178	30.8	332	27.7		
182	30.7	339	27.6		



Tiempos límites de exposición (Recuperación – Descanso)

D: TGBH límite en el puesto de trabajo. (Se obtiene ingresando en la Tabla 8, el valor estimado de la TM. Con dicho valor se verifica el TGBH límite para esa TM en trabajo).

Si se trata de personal aclimatado que permanece en el lugar de trabajo durante el descanso, se puede aplicar la siguiente ecuación simplificada:

$$Pt = \frac{31.7 - B}{31.7 - D} \times 60 \left(\frac{\text{minutos}}{\text{horas}} \right) = [\text{minutos} / \text{horas}]$$

En ambos casos deberá cumplirse la condición: $B < A$ de modo que aún en permaneciendo en la zona de trabajo para el descanso, el sitio de descanso deberá ser más fresco.

PROYECTO PARA UN NUEVO PROTOCOLO DE EVALUACIÓN DE ESTRÉS TÉRMICO

- Modelo de informe basado en tres cuerpos (1° nivel de intervención).
- Contemplaría la presencia de un representante de los trabajadores.
- Condiciones atmosféricas adoptadas a través del SMN o medidas.
- Reemplazo del croquis o plano adjunto, por imágenes donde se realizan las mediciones.
- Análisis por puesto de trabajo, o grupo homogéneo de exposición (GHE).
- Ponderación de TGBH , VAR y tasa metabólica, de acuerdo con el ciclo de trabajo.
- Análisis en períodos de una hora.
- Conclusiones que pueden referir a un 2° nivel de intervención.





¡Muchas gracias!