

ÍNDICE WBGT: REVISIÓN DEL MÉTODO

J. Alberto Ortega Galacho



GENERALITAT
VALENCIANA

INVASSAT
Institut Valencià de
Seguretat i Salut en el Treball

APUNTES TÉCNICOS DEL INVASSAT

AT-220102

2022

ÍNDICE WBGT: REVISIÓN DEL MÉTODO

J. Alberto Ortega Galacho



GENERALITAT
VALENCIANA

INVASSAT
Institut Valencià de
Seguretat i Salut en el Treball

Título: *Índice WBGT: revisión del método*
Autoría: J. Alberto Ortega Galacho
Edición: febrero 2022
Serie: Apuntes técnicos del INVASSAT
Identificador: AT-220102

Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball (INVASSAT)
C/ València, 32. 46100 Burjassot
www.invassat.gva.es



GENERALITAT
VALENCIANA

INVASSAT
Institut Valencià de
Seguretat i Salut en el Treball

Para citar este documento:

ORTEGA GALACHO, Juan A. *Índice WBGT: revisión del método* [en línea]. Burjassot: INVASSAT, 2022. 16 p. [Consulta: dd.mm.aaaa]. Disponible en XXXX. (AT-220102)

Contenido

| | |
|--|-----------|
| Resumen | 2 |
| 1. Introducción | 3 |
| 2. Identificación del riesgo | 3 |
| 3. Metodología de evaluación: índice WBGT | 5 |
| 3.1. Cálculo del valor del índice WBGT | 5 |
| 3.2. Cálculo del valor de consumo metabólico | 6 |
| 3.3. Efecto de la ropa en el cálculo del valor de WBGT | 8 |
| 3.4. Comparación con los valores límite | 9 |
| 4. Conclusiones | 10 |
| Anexo: casos prácticos | 11 |
| Valoración del riesgo de estrés térmico en un puesto de vulcanizado | 11 |
| Valoración del riesgo de estrés térmico en un puesto de elaboración de conservas (uso del factor de corrección CAV) | 12 |
| Referencias legales y técnicas | 15 |
| Referencias legales | 15 |
| Referencias técnicas | 15 |



Resumen

El objetivo de este apunte técnico es revisar y actualizar la información disponible sobre el índice WBGT para la evaluación del riesgo de estrés térmico, teniendo en cuenta la ratificación en 2017 de la norma UNE-EN ISO 7243:2017. Además, con el fin de facilitar la evaluación del riesgo de estrés térmico, se ha incluido un apartado con criterios para su identificación. Procede advertir al lector que el carácter del presente apunte técnico es puramente ilustrativo y no exhaustivo.

1. Introducción

El estrés térmico se define como la carga neta de calor a la que está expuesta una persona como resultado de su actividad laboral en un ambiente concreto. Por tanto, depende tanto de las condiciones ambientales, como de la actividad que se realice y la ropa empleada durante el trabajo. El riesgo de estrés térmico está presente en la práctica totalidad de los sectores de actividad desde la agricultura a la hostelería, pasando por el transporte, la construcción o la industria. Si bien algunas actuaciones de comprobación de las administraciones públicas con competencias en prevención de riesgos laborales (PÉREZ LÓPEZ & HERNÁNDEZ COLLADOS, 2012) muestran que existen deficiencias importantes en cuanto a la evaluación del riesgo de estrés térmico, sí se puede afirmar que, en aquellas situaciones en las que se ha evaluado el riesgo, el método elegido ha sido mayoritariamente el índice WBGT. Teniendo en cuenta estas circunstancias, se ha concebido este apunte técnico para facilitar una correcta aplicación del método, así como incluir nuevos conceptos introducidos por la norma vigente ([UNE EN 7243:2017](#)), no contemplados en la anterior norma ([UNE EN 27243:1995](#)).



2. Identificación del riesgo

El primer paso para una correcta evaluación del riesgo de estrés térmico es su identificación. Es importante señalar que el riesgo de estrés térmico puede materializarse tanto en trabajos al aire libre como en trabajos en el interior de locales. En el caso de trabajos en el interior, se seguirá el criterio establecido en el apéndice 4 de la Guía técnica del Real Decreto 486/1997 (INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (España), 2015). El referido apéndice indica que debe evaluarse el riesgo de estrés térmico en locales cerrados siempre que la temperatura o la humedad excedan los valores dados en el apartado 3 del [anexo III del Real Decreto 486/1997](#), o también cuando el trabajo sea del tipo medio o pesado (es decir, cuando la actividad metabólica supere 131 W/m^2), aunque no se rebasen los límites citados. Conviene recordar que las obligaciones de temperatura y humedad impuestas por el apartado 3 del anexo III del Real Decreto 486/1997 son:

- a. La temperatura de los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25°C
- b. La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.

Por tanto, conforme al criterio indicado, debe evaluarse el riesgo de estrés térmico en aquellas actividades realizadas en el interior de locales que impliquen un consumo metabólico moderado o alto (superior a 131 W/m² o 235 W) (INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (España), 2014), independientemente de la temperatura del local; así como aquellas actividades de consumo metabólico bajo que se realicen a temperaturas superiores a 25 °C o humedades superiores al 50 %.

| | | TABLA DE INDICE DE CALOR (HEAT INDEX CHART) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|----|---|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | HUMEDAD RELATIVA (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TEMPERATURA | | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 57 | 43 | 49 | 56 | 64 | 72 | 81 | 91 | 103 | 117 | 134 | 156 | 183 | 213 | 244 | 277 | 312 | 348 | 385 | 423 | 461 | 499 | 536 |
| 56 | 43 | 49 | 55 | 62 | 70 | 78 | 87 | 97 | 107 | 118 | 130 | 142 | 155 | 169 | 183 | 198 | 213 | 229 | 246 | 264 | 282 | 300 |
| 55 | 43 | 48 | 54 | 60 | 68 | 75 | 84 | 93 | 103 | 113 | 124 | 135 | 148 | 161 | 174 | 188 | 203 | 218 | 234 | 251 | 268 | 285 |
| 54 | 42 | 47 | 53 | 59 | 65 | 72 | 80 | 89 | 98 | 108 | 118 | 129 | 140 | 153 | 165 | 179 | 193 | 208 | 223 | 239 | 255 | 271 |
| 53 | 42 | 46 | 51 | 57 | 63 | 70 | 77 | 85 | 93 | 103 | 112 | 123 | 134 | 145 | 157 | 170 | 183 | 197 | 212 | 227 | 242 | 257 |
| 52 | 42 | 46 | 50 | 55 | 61 | 67 | 74 | 81 | 89 | 98 | 107 | 117 | 127 | 138 | 149 | 161 | 174 | 187 | 201 | 215 | 230 | 244 |
| 51 | 41 | 45 | 49 | 54 | 59 | 64 | 71 | 78 | 85 | 93 | 101 | 111 | 120 | 131 | 141 | 153 | 165 | 177 | 190 | 204 | 218 | 232 |
| 50 | 41 | 44 | 48 | 52 | 57 | 62 | 68 | 74 | 81 | 88 | 96 | 105 | 114 | 124 | 134 | 144 | 154 | 165 | 176 | 187 | 198 | 209 |
| 49 | 41 | 43 | 47 | 50 | 55 | 59 | 65 | 71 | 77 | 84 | 91 | 99 | 108 | 117 | 126 | 137 | 147 | 158 | 170 | 182 | 195 | 207 |
| 48 | 40 | 43 | 45 | 49 | 53 | 57 | 62 | 67 | 73 | 80 | 87 | 94 | 102 | 110 | 119 | 129 | 139 | 149 | 160 | 172 | 184 | 196 |
| 47 | 40 | 42 | 44 | 47 | 51 | 55 | 59 | 64 | 70 | 76 | 82 | 89 | 96 | 104 | 113 | 121 | 131 | 141 | 151 | 162 | 173 | 184 |
| 46 | 39 | 41 | 43 | 46 | 49 | 53 | 57 | 61 | 66 | 72 | 78 | 84 | 91 | 98 | 106 | 114 | 123 | 132 | 142 | 152 | 163 | 173 |
| 45 | 39 | 40 | 42 | 44 | 47 | 50 | 54 | 58 | 63 | 68 | 73 | 79 | 86 | 92 | 100 | 107 | 116 | 124 | 133 | 143 | 153 | 163 |
| 44 | 38 | 39 | 41 | 43 | 46 | 48 | 52 | 55 | 60 | 64 | 69 | 75 | 81 | 87 | 94 | 101 | 108 | 116 | 125 | 134 | 144 | 153 |
| 43 | 38 | 39 | 40 | 42 | 44 | 46 | 49 | 53 | 57 | 61 | 65 | 70 | 76 | 82 | 88 | 94 | 101 | 109 | 117 | 125 | 134 | 143 |
| 42 | 37 | 38 | 39 | 40 | 42 | 45 | 47 | 50 | 54 | 57 | 62 | 66 | 71 | 77 | 82 | 88 | 95 | 102 | 109 | 117 | 125 | 134 |
| 41 | 37 | 37 | 38 | 39 | 41 | 43 | 45 | 48 | 51 | 54 | 58 | 63 | 67 | 72 | 77 | 83 | 89 | 95 | 102 | 109 | 117 | 125 |
| 40 | 36 | 36 | 37 | 38 | 39 | 41 | 43 | 46 | 48 | 51 | 55 | 59 | 63 | 67 | 72 | 77 | 83 | 88 | 95 | 101 | 108 | 116 |
| 39 | 35 | 36 | 36 | 37 | 38 | 39 | 41 | 43 | 46 | 49 | 52 | 56 | 60 | 65 | 70 | 75 | 81 | 86 | 92 | 98 | 104 | 110 |
| 38 | 35 | 35 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 41 | 43 | 46 | 49 | 52 | 55 | 59 | 63 | 67 | 71 | 76 | 81 | 87 | 92 | 98 |
| 37 | 34 | 34 | 34 | 35 | 35 | 36 | 38 | 39 | 41 | 43 | 46 | 48 | 51 | 55 | 58 | 62 | 66 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 |
| 36 | 33 | 33 | 33 | 34 | 34 | 35 | 36 | 38 | 39 | 41 | 43 | 46 | 48 | 51 | 54 | 58 | 61 | 65 | 69 | 74 | 78 | 83 |
| 35 | 33 | 32 | 32 | 33 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 39 | 41 | 43 | 45 | 48 | 50 | 53 | 57 | 60 | 64 | 68 | 72 | 76 |
| 34 | 32 | 32 | 31 | 32 | 32 | 33 | 33 | 34 | 35 | 37 | 38 | 40 | 42 | 44 | 47 | 49 | 52 | 55 | 58 | 62 | 66 | 70 |
| 33 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 38 | 40 | 41 | 43 | 46 | 48 | 51 | 54 | 57 | 60 | 63 |
| 32 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 31 | 31 | 32 | 33 | 34 | 36 | 37 | 39 | 40 | 42 | 44 | 47 | 49 | 51 | 54 | 56 |
| 31 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 30 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 38 | 39 | 41 | 43 | 45 | 47 | 49 | 51 |
| 30 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 29 | 29 | 30 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 38 | 39 | 41 | 42 | 44 | 45 |
| 29 | 28 | 27 | 27 | 27 | 27 | 28 | 28 | 28 | 29 | 29 | 30 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 40 | 41 |
| 28 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 28 | 28 | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 38 | 39 |
| 27 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 27 | 27 | 27 | 28 | 28 | 28 | 29 | 29 | 30 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 36 | 37 |
| 26 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 27 | 27 | 27 | 27 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 30 | 31 |
| 25 | 24 | 24 | 24 | 25 | 25 | 25 | 25 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 28 | 29 |
| 24 | 23 | 23 | 24 | 24 | 24 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 24 | 24 | 24 | 24 | 26 | 27 |
| 23 | 22 | 22 | 23 | 24 | 24 | 24 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 24 | 24 | 24 | 23 | 23 | 23 | 23 | 25 | 26 |
| 22 | 21 | 22 | 22 | 23 | 24 | 24 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 24 | 24 | 24 | 23 | 22 | 22 | 22 | 22 | 24 | 25 |
| 21 | 20 | 21 | 22 | 23 | 23 | 24 | 24 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 24 | 24 | 23 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 23 | 24 |
| 20 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 21 | 21 | 21 | 22 | 23 |

| Categoría | Índice calor (°C) | Posibles problemas fisiológicos en caso de exposición prolongada al calor y/o con actividad física |
|-----------------|-------------------|--|
| Peligro extremo | ≥ 54 | Golpe de calor o insolación probable |
| Peligro | 41 - 54 | Insolación, calambres musculares y/o probable agotamiento por calor. Posible golpe de calor por exposición prolongada y/o actividad física |
| Alerta extrema | 32 - 41 | Insolación, calambres musculares, y/o posible agotamiento por calor con exposición prolongada y/o actividad física |
| Alerta | 27 - 32 | Posible fatiga por exposición prolongada y/o actividad física |

Ilustración 1. Tabla de estimación del nivel de riesgo en trabajos al aire libre

En el caso de trabajos al aire libre, atendiendo a la tabla 1, incluida en el protocolo para el trabajo en épocas de altas temperaturas del Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo (INVASSAT) (2012), puede comprobarse que la Comunitat Valenciana presenta en verano condiciones habitualmente comprendidas en el rango de alerta extrema y peligro, pudiendo alcanzarse puntualmente situaciones de peligro extremo (en olas de calor). Por tanto, teniendo en cuenta la climatología de la Comunitat Valenciana, puede deducirse que cualquier actividad

laboral realizada al aire libre en épocas de altas temperaturas, implicará una evaluación específica del riesgo de estrés térmico.

3. Metodología de evaluación: índice WBGT

El índice WBGT es el método más empleado para la evaluación del riesgo de estrés térmico por su sencillez. Se trata de un método de screening o cribado que permite descartar la existencia de estrés térmico en unas condiciones determinadas, pudiéndose emplear tanto en trabajos en el interior de locales cerrados como en trabajos al aire libre. Por otra parte, el método presenta como principal limitación que no tiene en cuenta las características individuales de la persona trabajadora ni su estado de hidratación. En ese sentido, es necesario aclarar que una pauta adecuada de hidratación contempla poder beber regularmente (a título orientativo, se considera adecuado beber un vaso de agua cada 20 – 30 minutos).

Así mismo, es importante señalar que, en caso de confirmarse la existencia de riesgo de estrés térmico, deben tomarse medidas específicas para eliminarlo y realizar una nueva evaluación posterior que confirme la eliminación del riesgo. Si la adopción de medidas específicas para eliminarlo no fuese posible, se realizará una evaluación más detallada (ORTEGA GALACHO, 2020) mediante el método de Sobrecarga Térmica ([UNE-EN 7933:2005](#)) con el fin de determinar el tiempo máximo durante el cual puede desarrollarse la tarea.

3.1. Cálculo del valor del índice WBGT

El índice WBGT se calcula a partir de las siguientes expresiones en función de la influencia de la radiación solar:

- Situaciones en las que puede despreciarse la radiación solar (trabajos en interior o exterior sin radiación solar)

$$WBGT = 0,7 \times THN + 0,3 \times TG$$

- Situaciones en las que no es despreciable la radiación solar (trabajos en el exterior)

$$WBGT = 0,7 \times THN + 0,2 \times TG + 0,1 \times TA$$

Donde:

THN – Es la temperatura natural de bulbo húmedo, expresada en °C, obtenida a partir de un sensor de temperatura recubierto por una muselina húmeda y ventilado de forma natural (es decir, situándolo en el ambiente sin ventilación forzada)

TG – Es la temperatura de globo, expresada en °C, obtenida por un sensor de temperatura situado en el centro de un globo de color negro mate y diámetro 150 mm.

TA – Es la temperatura del aire, expresada en °C, medida por un sensor protegido de la radiación por un dispositivo que no impida la circulación del aire alrededor del sensor.

La medición de los parámetros indicados debe realizarse a la altura del abdomen, evitando el apantallamiento del equipo por parte del personal trabajador. En el caso de observar diferencias significativas entre las temperaturas de pies y cabeza, deberá tomarse la medición en el lugar más desfavorable (es decir, donde el índice WBGT sea mayor); al contrario de lo dispuesto por la norma anterior ([UNE EN 27243:1995](#)) que establecía un cálculo ponderado con las mediciones tomadas a la altura de la cabeza, abdomen y tobillos. En cualquier caso, las mediciones deben realizarse en un lugar representativo de la exposición de la persona trabajadora.

Por otra parte, debe señalarse que el método toma como base el tiempo de 1 hora para el cálculo del índice WBGT. Es decir, que el índice WBGT se calculará para aquel período de tiempo de 1 hora donde se esté expuesto a las condiciones más desfavorables (temperatura, humedad, consumo metabólico, etc). De esta forma, podemos suponer que, si no existe riesgo de estrés térmico durante el período más desfavorable de 1 hora, tampoco se presentará en la jornada completa de 8 horas. En la mayoría de los casos, esta base de 1 hora se ajusta a la realidad ya que no suelen existir grandes variaciones en las condiciones de trabajo durante ese tiempo. Sin embargo, podría darse el caso en el que una persona varíe su posición, y por ende su exposición, en momentos de máximo estrés térmico durante dicha hora. En ese caso, deberá ponderarse en el tiempo el índice WBGT (con base 1 hora) mediante la siguiente expresión:

$$WBGT = \frac{(WBGT_1 \times t_1) + \dots + (WBGT_n \times t_n)}{t_1 + \dots + t_n} \text{ donde } t_1 + \dots + t_n = 1 \text{ hora}$$

3.2. Cálculo del valor de consumo metabólico

El consumo metabólico es otro de los parámetros necesarios para la evaluación del riesgo de estrés térmico mediante el índice WBGT. El consumo metabólico está directamente relacionado con el calor generado por el cuerpo humano. A mayor consumo metabólico, mayor calor

generado y mayor riesgo de estrés térmico. Dado que el cálculo del índice WBGT se realiza para un período base de 1 hora en las condiciones más desfavorables, se debe determinar el consumo metabólico durante dicho período. En el caso de que la actividad varíe durante dicho período de 1 hora, deberá ponderarse en el tiempo mediante la siguiente expresión:

$$M = \frac{(M_1 \times t_1) + \dots + (M_n \times t_n)}{t_1 + \dots + t_n} \text{ donde } t_1 + \dots + t_n = 1 \text{ hora}$$

7

El consumo metabólico puede obtenerse mediante diferentes métodos, bien a partir de tablas, bien mediante medición de parámetros fisiológicos. Para mayor detalle puede consultarse la norma de referencia ([UNE-EN ISO 8996:2005](#)). Si bien es posible alcanzar precisiones de hasta el 5 % en el cálculo de los valores de consumo metabólico mediante tablas, a menudo es suficiente con emplear una aproximación en función del tipo de actividad como la mostrada en la tabla 1.

| Tabla 1. Consumo metabólico por tipo de actividad (norma UNE-EN ISO 7243:2017) | | |
|--|-----------|--|
| Rango de consumos metabólicos (W) | | Descripción de la actividad |
| Reposo | 100 – 125 | Sentado o de pie sin actividad |
| Consumo metabólico bajo | 125 – 235 | Realización de trabajos manuales ligeros (trabajos de oficina, inspección o triaje de materiales ligeros, conducción de vehículos, costura, uso de herramientas manuales sin aplicación de fuerza, uso de máquinas herramientas, etc.). Caminar a velocidades inferiores a 2,5 km/h. |
| Consumo metabólico moderado | 235 – 360 | Trabajo manual utilizando de manera continuada manos y brazos (uso intensivo de herramientas manuales, uso de herramientas neumáticas, conducción de vehículos grandes o pesados, manipulación manual de cargas, recolección de frutas o vegetales, empuje o arrastre de carros, etc.) Caminar a velocidades entre 2,5 – 5,5 km/h. |
| Consumo metabólico alto | 360 – 465 | Trabajo intenso con la parte superior del cuerpo (transporte de material pesado, palear, serrar, podar, cavar, segar a mano, colocación de bloques de hormigón, etc.). Caminar a velocidades entre 5,5 – 7 km/h. |
| Consumo metabólico muy alto | >465 | Actividad muy intensa a ritmo muy rápido (uso de maquinaria o herramientas muy pesadas, subir escaleras o rampas, uso intenso de hacha o pala, etc.). Desplazamientos a velocidad superior a 7 km/h. |

3.3. Efecto de la ropa en el cálculo del valor de WBGT

Los valores límite de referencia empleados para la determinación de la existencia de riesgo de estrés térmico se han obtenido bajo el supuesto de la ropa habitualmente empleada en situaciones de calor. Es decir, pantalones y camisa de manga larga de algodón, equivalente a 0,6 clo. En la mayoría de los casos, estas circunstancias se ajustan a la realidad. Sin embargo, podemos encontrar situaciones en la que los condicionantes del proceso obliguen a utilizar una ropa con mayor aislamiento del indicado (procesos agroalimentarios o químicos que requieren el uso de batas o delantales, ropa de protección en industria siderúrgica, trabajos de soldadura, etc.).

Para los casos referidos, la norma [UNE-EN ISO 7243:2017](#) establece un parámetro de ajuste, denominado CAV (*Clothing Adjustment Value*), que debe ser sumado al índice WBGT medido para obtención del índice WBGT efectivo (WBGT_{eff}). En estos casos, el valor límite debe compararse con el índice WBGT efectivo para la determinación de la existencia de riesgo.

$$\text{WBGT}_{\text{eff}} = \text{WBGT} + \text{CAV}$$

A continuación, se muestran algunos de los valores para el ajuste de la ropa (CAV) dados por la norma [UNE-EN ISO 7243:2017](#) (puede consultarse un listado más amplio de atuendos y valores CAV en dicha norma).

| Tabla 2. Coeficientes de ajuste para empleo de ropa distinta al atuendo estándar de 0,6 clo Valores extraídos de la norma UNE-EN ISO 7243:2017 | |
|---|----------|
| Atuendo empleado | CAV (°C) |
| Pantalones y camisa de manga (equivalente a 0.6 clo) | 0 |
| Doble capa de ropa | 3 |
| Delantal impermeable de manga larga sobre pantalones y camisa. | 4 |
| Uso de mono impermeable como capa única | 10 |

3.4. Comparación con los valores límite

La norma [UNE-EN ISO 7243:2017](#) contempla expresiones matemáticas para el cálculo de los valores límite del índice WBGT en función del consumo metabólico. La norma establece dos fórmulas, una para personal aclimatado y otra para personal no aclimatado. Los valores obtenidos no difieren significativamente respecto de los establecidos por la norma anterior ([UNE-EN 27243:1995](#)). En aquellos casos en los que se ha calculado con precisión el consumo metabólico de la actividad, debe calcularse el valor límite a partir de las expresiones indicadas en la norma.

Sin embargo, en aquellas situaciones en las que no se ha calculado con precisión el consumo metabólico, puede optarse por emplear la tabla 2. Para la obtención de la tabla 3 se han calculado los valores límite empleando las fórmulas matemáticas contempladas por la norma. Se ha considerado de utilidad calcular varios valores para diferentes rangos de consumo metabólico (reposo, bajo, moderado, alto o muy alto) con el fin de ajustarse lo más posible a la actividad realizada. Es importante recordar que, en caso de duda, debe optarse siempre por el valor más restrictivo (es decir, mayor consumo metabólico y, por tanto, menor valor límite).

| Tabla 3.- Valores límite de WBGT calculados para determinados valores de consumo metabólico | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------------|
| Valores calculados a partir de las expresiones dadas por la norma UNE-EN ISO 7243:2017 | | |
| Consumo metabólico (W) | WBGT (°C) Personal aclimatado | WBGT (°C) Personal no aclimatado |
| Reposo (100 – 125) | 33 – 32 | 32 – 30 |
| Consumo metabólico bajo (125 – 180 – 235) | 32 – 30 – 29 | 30 – 29 – 27 |
| Consumo metabólico moderado (235 – 300 – 360) | 29 – 28 – 27 | 27 – 26 – 24 |
| Consumo metabólico alto (360 – 465) | 27 – 26 | 24 – 22 |
| Consumo metabólico muy alto (465 – 520) | 26 – 25 | 22 – 20 |

En este punto, es importante recordar que la aclimatación es un proceso gradual que puede durar de 7 a 14 días en las que el cuerpo se va adaptando a una determinada actividad física en condiciones de calor. Es además específica, por lo que no se garantiza la aclimatación cuando

cambian las condiciones de trabajo (ropa utilizada o actividad realizada). Por tanto, a efectos de aplicación del índice WBGT, debe considerarse como no aclimatado cualquier persona que no haya estado expuesta a la actividad analizada durante la semana anterior a la evaluación.

4. Conclusiones

10

Tal y como se expuso anteriormente, el índice WBGT es un método de screening o cribado que permite determinar la existencia o no de riesgo de estrés térmico en unas condiciones determinadas. Para su correcta aplicación, es necesario tener en cuenta las limitaciones del método, es decir, las características individuales de la persona y su estado de hidratación. Por lo tanto, resulta fundamental garantizar una correcta hidratación de todo el personal trabajador; así como una adecuada vigilancia de la salud que permita detectar aquellos trabajadores especialmente sensibles. Otro aspecto relevante que hay que tener en cuenta es el atuendo empleado. En el caso de diferir respecto del estándar (ropa y pantalón de manga larga), será preciso aplicar un factor de corrección.

Finalmente, hay que señalar que, en caso de detectar la existencia de riesgo de estrés térmico, deben tomarse medidas para eliminarlo o realizar un análisis más profundo mediante otros métodos (por ejemplo, mediante el método de la Sobrecarga Térmica ([UNE-EN ISO 7933:2005](#))) para determinar el tiempo máximo de exposición. Además, en caso de adoptar medidas para la eliminación del riesgo de estrés térmico, la efectividad de estas medidas debe ser corroborada con una nueva evaluación que confirme la eliminación del riesgo.

Anexo: casos prácticos

Valoración del riesgo de estrés térmico en un puesto de vulcanizado

11

En una fábrica de calzado se selecciona el puesto de vulcanizado para la evaluación del riesgo de estrés térmico. El proceso consiste en la conformación de suelas de caucho en moldes dispuestos sobre una bancada y calentados mediante resistencias. El proceso requiere la intervención continua de la persona (apertura y cierre manual de los moldes, vertido de la grana, extracción de las suelas, etc.). Durante el verano, se realiza jornada intensiva que comprende desde las 8:00 hasta las 16:00 horas con 30 minutos de descanso. El personal dispone de agua fresca accesible y la tarea asignada le permite beber frecuentemente.

En primer lugar, se analiza la ropa empleada en el puesto. Todo el personal hace uso de ropa de algodón de pantalón y manga larga (valor de aislamiento de 0,6 clo). Como se puede comprobar, el atuendo empleado es el estándar utilizado para determinar los límites del índice WBGT.

En segundo lugar, se diseña la estrategia de medición. Se programa la medición para principios del mes de julio. Se comprueba que el trabajador permanece durante prácticamente toda la jornada en una zona concreta (bancada de trabajo), no existiendo diferencias significativas de temperatura a nivel espacial. Consultado el personal asignado al puesto y teniendo en cuenta la actividad, se decide medir durante las horas finales de la jornada (de 14:00 a 16:00), momento en que previsiblemente se dan las condiciones más desfavorables.

En tercer lugar, se procede al cálculo del consumo metabólico de la actividad. En este caso, se considera suficiente estimar el consumo metabólico a partir de actividad realizada (ver tabla 2). Se estima un valor de 235 W, es decir, en el rango inferior de un consumo metabólico moderado. Conviene recordar que, en caso de duda, siempre se debe optar por contemplar la situación más desfavorable, es decir, el mayor valor de consumo metabólico probable.

Los resultados de las mediciones y el consumo metabólico asociado se presentan en la tabla. Para el cálculo del índice WBGT se hace uso de la expresión $WBGT = 0,7 \times THN + 0,3 \times TG$, dado que el trabajo se realiza en el interior de una nave.

| Hora medición | Temperatura seca aire (°C) | Temperatura bulbo húmedo (°C) | Temperatura globo (°C) | Índice WBGT calculado | Consumo metabólico (W) |
|---------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| 14:00 | 33 | 27,7 | 33,9 | 29,6 | 235 |
| 15:00 | 33,5 | 28,3 | 34,5 | 30,2 | 235 |
| 16:00 | 33,1 | 28,0 | 33,9 | 29,8 | 235 |

La siguiente tabla presenta el índice WBGT calculado para las condiciones más desfavorables (alrededor de las 15:00), así como los valores límite para personal aclimatado y no aclimatado, considerando un consumo metabólico moderado (235 W).

| Hora medición | Índice WBGT (°C) calculado | Límite WBGT (°C) personal aclimatado | Límite WBGT (°C) personal no aclimatado |
|---------------|----------------------------|--------------------------------------|---|
| 15:00 | 30,2 | 29 | 27 |

De acuerdo con los valores obtenidos, es posible deducir la existencia de condiciones no admisibles en las que es probable que se produzcan daños derivados de la exposición al calor. Por tanto, se optará por adoptar medidas para eliminar el riesgo o determinar el tiempo máximo de exposición mediante el método de Sobrecarga Térmica.

Valoración del riesgo de estrés térmico en un puesto de elaboración de conservas (uso del factor de corrección CAV)

En una fábrica de elaboración de conservas se procede a realizar una valoración de estrés térmico en la sección de envasado. El proceso requiere la vigilancia continua de la persona trabajadora, implicando intervenciones ocasionales. La fábrica trabaja en dos turnos: mañanas de 7:00 a 15.00 horas y tardes de 15:00 a 22.00 horas. El personal dispone de agua fresca accesible y la tarea asignada le permite beber a voluntad.

En primer lugar, se analiza la ropa empleada en el puesto. Se hace uso de ropa de algodón de manga y pantalón largos. Además, por necesidades del proceso (requisitos de seguridad alimentaria), se hace uso de una bata de algodón y calzas.

En segundo lugar, se diseña la estrategia de medición. Se programa la medición para el mes de julio. Se comprueba mediante diferentes mediciones que no existen diferencias significativas en la sección, por lo que se ubica el equipo de medición en una zona donde no sea apantallado. Consultado el personal asignado al puesto y teniendo en cuenta la actividad, se considera adecuado realizar la medición desde las 14:00 a las 18:00 horas, período en que previsiblemente se dan las condiciones más desfavorables.

En tercer lugar, se procede al cálculo del consumo metabólico de la actividad. En este caso, se estima un valor de 180 W, es decir, en el rango medio de un consumo metabólico bajo (ver tabla 1). Conviene recordar que, en caso de duda, siempre se debe optar por contemplar la situación más desfavorable, es decir, el mayor valor de consumo metabólico probable.

Los resultados de las mediciones tomadas y el consumo metabólico asociado se presentan en la tabla. Para el cálculo del índice WBGT se hace uso de la expresión $WBGT = 0,7 \times THN + 0,3 \times TG$ considerando que el trabajo se realiza en el interior de una nave.

| Hora medición | Temperatura seca aire (°C) | Temperatura bulbo húmedo (°C) | Temperatura a globo (°C) | Índice WBGT calculado (°C) | Consumo metabólico (W) |
|---------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|
| 14:00 | 29,2 | 26,1 | 30,1 | 27,3 | 180 |
| 15:00 | 29,5 | 26,3 | 30,4 | 27,5 | 180 |
| 16:00 | 30,2 | 26,9 | 30,6 | 28,0 | 180 |
| 17:00 | 30,5 | 27,2 | 30,9 | 28,3 | 180 |
| 18:00 | 30,1 | 26,9 | 30,9 | 28,1 | 180 |

Una vez obtenido el valor del índice WBGT a partir de las mediciones realizadas, es necesario tener en cuenta el ajuste relativo a la ropa empleada. Haciendo uso de los valores CAV presentados en la tabla 2 y asimilando la bata al uso de una doble capa de ropa (CAV = 3), se obtiene el valor $WBGT_{eff}$.

La tabla presenta el índice WBGT calculado y efectivo para las condiciones más desfavorables (alrededor de las 17:00 horas), así como los valores límite para personal aclimatado y no aclimatado, considerando un consumo metabólico moderado (180 W).

| Hora medición | Índice WBGT (°C) calculado | Índice WBGT _{eff} (°C) efectivo | Límite WBGT personal aclimatado (°C) | Límite WBGT personal no aclimatado (°C) |
|---------------|----------------------------|--|--------------------------------------|---|
| 17:00 | 28,3 | 31,3 | 30 | 29 |

De acuerdo con los valores obtenidos, es posible deducir la existencia de condiciones no admisibles en las que es probable que se produzcan daños derivados de la exposición al calor. Por tanto, deben adoptarse medidas técnicas para eliminar el riesgo o determinar el tiempo máximo de exposición (mediante el método de Sobrecarga Térmica).

Referencias legales y técnicas

Referencias legales

ESPAÑA. Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. *Boletín Oficial del Estado*. 23.04.1997, núm. 97. Recuperado el 22 de febrero de 2022, de <https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/04/14/486/con>

15

Referencias técnicas

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. (1995). *UNE-EN 27243:1995 Ambientes calurosos. Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT (temperatura húmeda y temperatura de globo)*. Madrid: AENOR.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. (2005). *UNE-EN ISO 7933:2005 Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del estrés térmico mediante el cálculo de la sobrecarga térmica estimada. (ISO 7933:2004)*. Madrid: AENOR.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. (2005). *UNE-EN ISO 8996:2005 Ergonomía del ambiente térmico. Determinación de la tasa metabólica (ISO 8996:2004)*. Madrid: AENOR.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. (2017). *UNE-EN ISO 7243:2017 Ergonomía del ambiente térmico. Evaluación del estrés al calor utilizando el índice WBGT (temperatura de bulbo húmedo y de globo) (ISO 7243:2017)*. Madrid: AENOR.

INSTITUT VALENCIÀ DE SEURETAT I SALUT EN EL TREBALL. (2012). *Protocolo para el trabajo en épocas de altas temperaturas : aprobado por el Consejo General del Invassat el 31 de julio de 2012*. Burjassot: INVASSAT. Recuperado el 21 de febrero de 2022, de <https://invassat.gva.es/documents/161660384/162273780/PRO-120102+Protocolo+para+el+trabajo+en+%C3%A9pocas+de+altas+temperaturas/0bc51648-0ed8-4f64-8cfd-6afd9511a38a>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (España). (2014). *Determinación del metabolismo energético mediante tablas (Nota Técnica de Prevención; 1011)*. Madrid: INSHT. Recuperado el 21 de febrero de 2022, de <https://www.insst.es/documents/94886/327975/ntp-1011.pdf/88e68db1-426e-4d88-85ff-6ec77f1f9204>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (España). (2015). *Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo*. (2015, Ed.) Madrid: INSHT. Recuperado el 21 de febrero de 2022, de

<https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+relativos+a+la+utilizaci%C3%B3n+de+lugares+de+trabajo/deac8eb9-e242-48c4-a634-4cf88927fff7>

16

ORTEGA GALACHO, J. A. (2020). *Evaluación del riesgo de estrés térmico*. Burjassot: INVASSAT.

Recuperado el 21 de febrero de 2022, de

<https://invassat.gva.es/documents/161660384/169512140/AT-200302+Evaluaci%C3%B3n+del+riesgo+de+estr%C3%A9s+t%C3%A9rmico/264bce25-7209-4ce4-941c-3d330da62714>

PÉREZ LÓPEZ, G., & HERNÁNDEZ COLLADOS, M. (2012). *Estrés térmico por calor en diversos sectores de actividad*. Murcia: Instituto de Seguridad y Salud Laboral. Recuperado el 21 de febrero de 2022, de

[https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=85351&IDTIPO=60&RASTRO=c160\\$m22818,3702,14054](https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=85351&IDTIPO=60&RASTRO=c160$m22818,3702,14054)

INVASSAT

Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

www.invassat.gva.es

secretaria.invassat@gva.es



**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria d'Economia
Sostenible, Sectors Productius,
Comerç i Treball