



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

EVALUACIÓN Y GESTIÓN DEL ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR EN UN VIVERO

Autor/es

Vanesa Ondiviela Pérez

Director/es

Víctor Casasus Andreu

Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales

Facultad de Derecho

2023/2024

RESUMEN

La exposición al estrés térmico constituye un riesgo significativo en diversos sectores laborales, especialmente en actividades que se desarrollan al aire libre o en entornos industriales. Este proyecto tiene como objetivo identificar los riesgos asociados al estrés térmico, su impacto en la salud de los trabajadores y la efectividad de las medidas preventivas disponibles para mitigar sus efectos. A través de un caso de estudio en un vivero, se analizan las condiciones térmicas a las que están sometidos los trabajadores y se calculan los índices de estrés térmico (WBGT) aplicando métodos normativos. Además, se proponen medidas de control específicas y adaptadas para reducir la exposición al calor extremo, como el ajuste de los horarios de trabajo y la instalación de sistemas de ventilación. Los resultados destacan la importancia de la adaptación de los trabajadores y de medidas de prevención adecuadas para minimizar los efectos del estrés térmico y proteger la salud de los empleados.

Palabras clave: estrés térmico, índice WBGT, medidas preventivas, condiciones laborales.

ABSTRACT

Exposure to thermal stress poses a significant risk in various work sectors, particularly in activities conducted outdoors or in industrial settings. This project aims to identify the risks associated with thermal stress, its impact on worker health, and the effectiveness of available preventive measures to mitigate its effects. Through a case study at a nursery, this analysis examines the thermal conditions workers are subjected to and calculates thermal stress indices (WBGT) using standardized methods. Specific control measures, such as work schedule adjustments and ventilation system installation, are proposed to reduce exposure to extreme heat. The results highlight the importance of worker acclimatization and appropriate preventive measures to minimize the effects of thermal stress and safeguard employee health.

Keywords: thermal stress, WBGT index, preventive measures, working conditions.

INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	4
2. JUSTIFICACIÓN.....	6
3. OBJETIVOS.....	8
3.1. Objetivos principales	8
3.2. Objetivos secundarios	8
4. ESTRÉS TERMICO EN EL ÁMBITO LABORAL	8
4.1. ¿Qué es el estrés térmico?.....	8
4.2. Estrés térmico en el trabajo.....	9
4.3. Causas del estrés térmico	9
4.4. ¿Qué variables determinan el ambiente térmico?	10
4.5. Síntomas del estrés térmico	11
4.6. Efectos del estrés térmico en la salud	11
Efectos debidos a ambientes calurosos:	11
Efectos debidos a ambientes fríos:	12
4.7. Factores individuales de riesgo.....	12
5. MARCO NORMATIVO.....	13
5.1. Normativa aplicable al estrés térmico.....	13
5.2. Obligaciones del empresario.....	16
5.3. Medidas específicas en sectores al aire libre	16
6. EVALUACIÓN Y CÁLCULO DEL ÍNDICE WBGT.....	19
6.1. ¿Qué es el WBGT?	19
6.2. ¿Para qué sirve el WBGT?.....	19
6.3. Importancia en la prevención de riesgos laborales	19
6.4. Explicación del índice WBGT	20
6.5. Metodología para el cálculo del WBGT	20
6.6. ¿Cómo se calcula el índice WBGT?	21
6.6.1. Identificación de las condiciones laborales más desfavorables.....	21
6.6.2. Obtención de los parámetros de medida.....	21
6.6.3. Determinación de la tasa metabólica (M).....	22
6.6.4. Cálculo del índice WBGT	23
6.6.5. Ajuste de los efectos de la ropa (CAV)	23
6.6.6. Duración de las mediciones	24
6.6.7. Valores límite de WBGT	25

7.	INFORME TÉCNICO DE ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR EN UN VIVERO	26
7.1.	Introducción	26
7.2.	Descripción de las operaciones realizadas en la empresa	26
7.3.	Vestimenta utilizada	27
7.4.	Aclimatación del trabajador	28
7.5.	Duración de las tareas realizadas	28
7.6.	Procedimiento de medición	29
7.6.1.	<i>Equipos Utilizados</i>	29
7.6.2.	<i>Programa de muestreo</i>	29
7.6.3.	<i>Parámetros utilizados para evaluar el Estrés Térmico. Mediciones</i>	30
7.6.3.1.	Parámetros de medida:	31
7.6.3.2.	Parámetros calculados:	32
7.6.3.3.	Clasificación de actividades:	32
7.7.	Cálculo del Índice WBGT	32
7.7.1.	<i>Interpretación de los Resultados</i>	35
7.8.	Criterios legales de valoración	36
7.8.1.	<i>Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.</i>	36
	Artículo 3. Definición.	36
	Artículo 4. Contenido general de la evaluación.	37
	Artículo 5.3. Procedimiento.	37
7.8.2.	<i>Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo</i>	37
	Artículo 7. Condiciones ambientales	37
7.8.3.	<i>UNE-EN ISO 7243:2017 – Índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)</i>	38
	Evaluación del estrés térmico mediante el índice WBGT	38
	Determinación de los efectos de la ropa en la exposición térmica	38
7.8.4.	<i>UNE-EN ISO 8996:2005. Cálculo del consumo metabólico</i>	38
7.8.5.	<i>Normas adicionales empleadas en la elaboración del informe.</i>	38
7.9.	Medidas preventivas a adoptar	38
8.	CONCLUSIONES	40
9.	BIBLIOGRAFIA	42

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático se ha consolidado como una de las mayores amenazas globales en la actualidad, afectado no solo al medio ambiente, sino también a las condiciones sociales, económicas y laborales. Las temperaturas extremas y las olas de calor, cada vez más frecuentes e intensas afectan especialmente a las personas que trabajan al aire libre. Este aumento de las temperaturas tiene repercusiones directas en la salud humana, especialmente en el ámbito laboral. Entre los sectores más vulnerables están aquellos cuyas actividades se desarrollan al aire libre, como la agricultura, la construcción y los servicios, donde los trabajadores están expuestos de forma constante a la radiación solar y temperaturas extremas. (Lefebvre, 2023).

El estrés térmico por calor representa un riesgo laboral significativo en estos sectores. Este fenómeno ocurre cuando el cuerpo humano no puede regular adecuadamente su temperatura corporal debido a la exposición prolongada al calor, lo que puede provocar problemas graves de salud, como agotamiento, deshidratación, golpes de calor e incluso la muerte. Con el cambio climático intensificando las olas de calor, gestionar este riesgo es una prioridad en la prevención de riesgos laborales. (INSST, 2023).

España, uno de los países europeos más afectados por el cambio climático, ha experimentado un aumento continuo de temperaturas en las últimas décadas. Los registros de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), confirman que en 2023 el país vivió uno de los años más calurosos de su historia, solo superado por 2022. (AEMET, 2024). Este aumento de las temperaturas ha incrementado la exposición de los trabajadores a condiciones extremas, afectando particularmente a sectores como la agricultura, la construcción y los servicios, en los que una gran parte de las tareas se realizan al aire libre. La alta vulnerabilidad de estos sectores al calor extremo se debe a que los trabajadores están constantemente expuestos a la radiación solar y temperaturas elevadas. (Ministerio de Trabajo y Economía Social, 2023).

Como consecuencia, los accidentes laborales relacionados con el estrés térmico han aumentado, especialmente los golpes de calor, que en muchos casos pueden resultar mortales. En el año en curso, se han registrado datos específicos de accidentes laborales por golpes de calor, que reflejan la gravedad y la urgencia de este problema.

El Ministerio de Trabajo y Economía Social informó que, en 2023, se registraron un total de 199 accidentes laborales con baja relacionados con el calor y la insolación, lo que representa un incremento del 27% respecto al año anterior. Además, se contabilizaron un total de 105 accidentes relacionados con temperaturas extremas, luz y radiación, lo que supone un aumento del 18%, en comparación con 2022. En sectores como la construcción y la agricultura, los golpes de calor han ocasionado varios fallecimientos, subrayando la urgencia de abordar esta problemática.

Según la Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST, n.d.), un 16,9 % de los trabajadores en España realiza la mayor parte de su jornada a la intemperie, lo que los exponen a riesgos térmicos. Los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2023) muestran que sectores como

la agricultura y la construcción presentan un alto porcentaje de empleo al aire libre, donde la exposición a altas temperaturas es constante.

El Ministerio de Trabajo y Economía Social informó que, en 2023, se registraron un total de 199 accidentes laborales con baja relacionados con el calor y la insolación, lo que representa un incremento del 27% respecto al año anterior. Además, se contabilizaron un total de 105 accidentes relacionados con temperaturas extremas, luz y radiación, lo que supone un aumento del 18%, en comparación con 2022. En sectores como la construcción y la agricultura, los golpes de calor han ocasionado varios fallecimientos, subrayando la urgencia de abordar esta problemática (Ministerio de Trabajo y Economía Social, 2023).

Ante este escenario, la prevención y gestión del estrés térmico adquieren una importancia crítica en el ámbito laboral. El cambio climático y el aumento de las temperaturas plantean un desafío constante para la seguridad de quienes trabajan a la intemperie. Así, se vuelve urgente garantizar su seguridad mediante estrategias de prevención: la evaluación de riesgos laborales, la reducción de la exposición directa al calor, descansos adecuados, hidratación constante y el uso de ropa apropiada, así como la instalación de sistemas de ventilación o sombra. en los lugares de trabajo al aire libre son medidas esenciales para proteger la salud de los trabajadores (INSST, n.d.).

Además de los riesgos para la salud, el estrés térmico afecta negativamente al rendimiento laboral, incrementando el riesgo de accidentes. La fatiga, la disminución de la capacidad física y cognitiva provocadas por el calor pueden llevar a errores en la operación de maquinaria, falta de atención en tareas críticas y decisiones equivocadas, poniendo en peligro tanto a los trabajadores como a su entorno (Lefebvre, 2023).

La normativa en España aborda parcialmente el riesgo de estrés térmico. El **Anexo III del 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, establece los límites de exposición a temperaturas extremas en ambientes laborales cerrados, pero no regula los límites en entornos exteriores debido a la dificultad para controlar factores externos como la radiación solar y el viento. Este anexo establece que las condiciones de temperatura en los lugares de trabajo deben ser adecuadas para el organismo humano, considerando la época del año y la naturaleza de la actividad física realizada. Por ejemplo, establece que, en lugares de trabajo cerrados, la temperatura debe mantenerse entre 17 y 27°C para trabajos sedentarios y entre 14 y 25°C para trabajos ligeros. Sin embargo, la normativa no regula los límites de temperatura en entornos exteriores debido a la dificultad para controlar factores externos como la radiación solar, el viento o la humedad. En estos casos, el **Real Decreto 39/1997, de 17 de enero**, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, obliga a los empresarios a realizar evaluaciones de riesgos teniendo en cuenta las condiciones ambientales y las características específicas del entorno laboral. Ante la falta de regulación específica para entornos abiertos, es fundamental que los empresarios implementen medidas preventivas, como la aclimatación, rotación de turnos, hidratación adecuada y la creación de zonas de sombra, para mitigar los riesgos asociados al estrés térmico.

El sector agrario es uno de los más afectados por el riesgo de estrés térmico, en especial el trabajo realizado en viveros. Estas instalaciones dedicadas al cultivo y cuidado de plantas en sus primeras fases de desarrollo, cuentan con invernaderos y zonas techadas, pero muchas tareas como la siembra, poda, fertilización y traslado de plantas se realizan al aire libre. Esto expone a los trabajadores a condiciones de estrés térmico, especialmente durante los meses de verano. Además, en algunos viveros el riesgo se ve intensificado por fuentes internas de calor, como maquinaria e instalaciones sin sistemas de climatización adecuados, que incrementan la temperatura ambiente y la carga térmica total.

En sectores industriales como los viveros, el estrés térmico puede verse intensificado por fuentes internas de calor. Las instalaciones sin climatización agravan la situación, especialmente cuando la maquinaria genera calor adicional, aumentando la carga térmica total a la que están sometidos los trabajadores. Esta combinación de factores convierte el estrés térmico en un problema crítico que requiere medidas preventivas específicas tanto en los espacios cerrados como abiertos (INSST, n.d.).

El impacto del estrés térmico en la salud laboral es una realidad actual en nuestro país. Los golpes de calor son uno de los efectos más graves que ocurren cuando el cuerpo no puede regular su temperatura interna, superando los 40°C, lo que puede provocar síntomas graves como confusión, desmayos y en los casos más graves, la muerte. Cada año se registran numerosos casos de golpes de calor en trabajadores expuestos al sol, y el número de incidentes ha aumentado de forma significativa en los últimos años debido al empeoramiento de las condiciones climáticas.

En resumen, este trabajo de investigación tiene como objetivo analizar y evaluar el riesgo de estrés térmico en el sector agrario, específicamente en las actividades realizadas en un vivero. Este estudio pretende identificar los factores de riesgo y proponer medidas preventivas que garanticen un entorno laboral seguro y saludable.

2. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se centra en la evaluación del estrés térmico en el entorno laboral, un riesgo significativo que afecta a múltiples sectores, especialmente aquellos donde los trabajadores están expuestos a condiciones de calor extremo. Este tema es de suma importancia, dado que el estrés térmico puede provocar problemas de salud graves, como agotamiento, deshidratación y golpes de calor, que pueden poner en peligro la vida de los trabajadores.

La elección de este tema responde a la creciente preocupación por los efectos del cambio climático, que intensifican la frecuencia y severidad de las olas de calor. En España, donde las temperaturas han aumentado notablemente en las últimas décadas, cada vez más trabajadores se enfrentan a estas condiciones adversas, lo que plantea un desafío para la normativa de seguridad y salud laboral. Muchos espacios de trabajo no cuentan con sistemas adecuados de ventilación o climatización, aumentando así el riesgo de estrés térmico.

Este trabajo se desarrollará a través de una revisión bibliográfica, tomando como base las normativas vigentes, como la UNE-EN ISO 7243:2017, UNE-EN ISO 8996:2021, NTP 1189 y NTP 322 del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), informes, páginas webs oficiales en materia de prevención de riesgos laborales, así como estudios de caso y datos sobre la incidencia del estrés térmico en diferentes sectores. Además, se ha llevado a cabo un estudio de caso en una empresa del sector agrícola, específicamente en un vivero, con el objetivo de observar directamente el entorno de trabajo y comprender las actividades desarrolladas durante la jornada laboral. Durante esta observación, se realizaron mediciones para determinar si existía un riesgo de estrés térmico para los trabajadores. Este enfoque práctico permitió datos concretos sobre las condiciones ambientales y las cargas de trabajo, lo que es fundamental para una evaluación precisa del estrés térmico en el entorno laboral del vivero.

Para la evaluación del estrés térmico, La NTP 1.189 y NTP 322 del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) recomiendan el uso del índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature), un método ampliamente utilizado a nivel internacional para determinar el riesgo de estrés térmico. Este índice combina la temperatura del aire, la temperatura de bulbo húmedo y la temperatura de globo para determinar el riesgo de estrés térmico, tanto en entornos con radiación solar directa como en aquellos sin ella. La correcta evaluación del riesgo, siguiendo este índice, permite establecer medidas preventivas eficaces como descansos más frecuentes, ajustes en la carga de trabajo o proporcionar áreas con sombra.

Además, este tipo de riesgos afecta de manera desproporcionada a ciertos colectivos vulnerables, como los trabajadores mayores, aquellos que no están aclimatados al calor, personas con condiciones de salud preexistentes y trabajadoras embarazadas, quienes deben ser protegidas conforme a la legislación vigente. La adecuada gestión del estrés térmico no solo protege la salud de estos trabajadores, sino que también tiene un impacto positivo en la productividad y la sostenibilidad de las actividades laborales.

Este trabajo de fin de máster justifica la necesidad de estudiar y evaluar el estrés térmico en el entorno laboral, dada la creciente incidencia de temperaturas extremas. Además, busca proponer medidas preventivas específicas para mitigar este riesgo en todos los sectores productivos, con el fin de mejorar la seguridad laboral, reducir la tasa de accidentes y cumplir con las exigencias normativas en la prevención de riesgos laborales.

La prevención y gestión del estrés térmico es, por tanto, un tema de vital importancia en el ámbito de la salud ocupacional y requiere una atención urgente para garantizar condiciones de trabajo seguras y saludables.

La estructura del trabajo abarca varios aspectos: En primer lugar, se examina qué es el estrés térmico, sus causas y efectos. A continuación, se analiza la normativa existente y su aplicación en el entorno laboral. Posteriormente, se presenta el cálculo del índice WBGT, explicando su utilidad, metodología y aplicación práctica. Finalmente, se expone un informe técnico basado en un caso real de exposición a estrés térmico por calor en un vivero.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivos principales

1. Realizar una evaluación detallada del estrés térmico en un vivero utilizando el índice WBGT, considerando las condiciones específicas del trabajo y las tareas realizadas por los trabajadores.
2. Identificar los posibles peligros asociados al estrés térmico para la salud de los trabajadores en un vivero.
3. Proponer medidas preventivas y recomendaciones basadas en los resultados de la evaluación, con el fin de minimizar el riesgo de estrés térmico y proteger la salud de los trabajadores.

3.2. Objetivos secundarios

1. Identificar los factores de riesgo que contribuyen al estrés térmico en el entorno laboral del vivero, incluyendo condiciones climáticas, actividad física y equipo utilizado.
2. Conocer tiempo de exposición, tiempo de trabajo y medidas preventivas de los trabajadores.
3. Concienciar sobre el riesgo, promoviendo la sensibilización y formación de los trabajadores y empresarios sobre los riesgos asociados al estrés térmico y la importancia de adoptar medidas preventivas.
4. Evaluar cómo las regulaciones vigentes en materia de salud y seguridad laboral abordan el estrés térmico, proponiendo mejoras necesarias para garantizar la protección de los trabajadores.
5. Evaluar la efectividad de las medidas implementadas a través del seguimiento y evaluación continua de las medidas preventivas implementadas.

4. ESTRÉS TÉRMICO EN EL ÁMBITO LABORAL

4.1. ¿Qué es el estrés térmico?

El estrés térmico ocurre cuando el cuerpo no puede mantener una temperatura interna adecuada debido a las condiciones ambientales extremas. Este fenómeno puede producirse tanto en situaciones de calor excesivo como de frío extremo, y puede tener consecuencias graves para la salud del trabajador. En términos generales, el estrés térmico

por calor sucede cuando la carga térmica a la que está expuesto un trabajador supera la capacidad del cuerpo para liberar el exceso de calor generado o absorbido del entorno.

El estrés térmico por calor y por frío son dos fenómenos distintos, pero ambos representan un riesgo significativo. En el caso del calor, los mecanismos naturales del cuerpo, como la sudoración, pueden verse superados por la alta temperatura ambiente o por el calor generado por la actividad física. En el caso del frío, el cuerpo puede perder calor rápidamente, lo que puede llevar a la hipotermia.

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) define el estrés térmico como la situación en la que los mecanismos de termorregulación del cuerpo se ven desbordados, provocando desde problemas leves como la fatiga hasta situaciones graves como el golpe de calor, que puede ser fatal. Este tema ha cobrado mayor relevancia en las últimas décadas debido al cambio climático y el aumento de las olas de calor en todo el mundo. (INSST, s.f.)

4.2. Estrés térmico en el trabajo

El estrés térmico en el entorno laboral es un tema de gran preocupación, especialmente en sectores donde los trabajadores están expuestos a condiciones extremas de temperatura. En trabajos al aire libre, como en la construcción, la agricultura, la minería y el transporte, así como en ambientes cerrados mal ventilados como fábricas, cocinas industriales o almacenes, los trabajadores corren un alto riesgo de sufrir las consecuencias del estrés térmico. En este sentido, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), ha desarrollado directrices específicas para ayudar a las empresas a prevenir estos riesgos y proteger la salud de sus trabajadores.

La gestión del estrés térmico en el entorno laboral es crítica para garantizar la seguridad, ya que sus consecuencias pueden ser fatales, incluyendo deshidratación severa, agotamiento por calor y, en los casos más extremos, el golpe de calor, que es una emergencia médica que puede causar la muerte. El aumento de las temperaturas globales ha intensificado estos problemas, lo que hace que la aplicación de medidas preventivas sea más urgente que nunca.

4.3. Causas del estrés térmico

Las causas principales del estrés térmico en el entorno laboral pueden agruparse en factores ambientales y factores internos del trabajo. Según la Nota Técnica de Prevención NTP 922, del INSST. Estos son los más relevantes:

- **Condiciones climáticas adversas:** Olas de calor o frío intensas, vientos fuertes, alta humedad o sequedad.
- **Trabajo físico intenso:** La actividad física genera calor metabólico que, junto a las condiciones ambientales, incrementa el riesgo.

- Falta de ventilación o aislamiento térmico: En trabajos cerrados, la falta de sistemas de climatización o ventilación adecuada puede agravar las condiciones.
- Radiación solar: En trabajos al aire libre, la exposición directa al sol aumenta la carga térmica en el cuerpo.
- Uso de equipos de protección individual (EPIs): En algunos casos, los EPIs pueden interferir en la disipación de calor del cuerpo.

4.4. ¿Qué variables determinan el ambiente térmico?

Las características físicas de un ambiente están determinadas por las siguientes variables:

- Temperatura seca del aire: Es la temperatura registrada por un termómetro protegido de la radiación y colocado en el mismo lugar que ocupa la persona en su puesto de trabajo. Se expresa en grados centígrados (°C).
- Velocidad del aire: Es la medida del movimiento del aire alrededor del organismo y tiene influencia en la forma en que se produce el intercambio de calor entre la persona y el ambiente al que está expuesta. Se mide con un anemómetro o con un velómetro. Se expresa en metros por segundo (m/s).
- Humedad relativa del aire: Es el contenido de vapor de agua que tiene el aire. Se mide con un higrómetro. Se expresa en tanto por ciento (%).
- Temperatura radiante media: Es la temperatura media de los objetos que rodean al trabajador, ponderada con la superficie de los distintos objetos y con la distancia al cuerpo. Se mide directamente con radiómetros o, de forma indirecta, a partir de la temperatura de globo. Se expresa en grados centígrados (°C).

Las variables dependientes del individuo son las siguientes:

- Actividad física de la persona (M): energía metabólica movilizada para la realización de cualquier trabajo (fisiológico o mecánico). Existen diferentes métodos tanto para su medición directa como para su estimación a través de tablas. Se expresa en vatios (W) o en vatios por metro cuadrado (W/m²) si se refiere a la superficie corporal.
- Tipo de indumentaria: representa la capacidad aislante de la ropa respecto al calor o resistencia térmica del vestido. Se estima a través de tablas. Se expresa en “clo”, donde 1 clo = 0,155 °C·m²/W.

4.5. Síntomas del estrés térmico

Los síntomas de estrés térmico pueden variar dependiendo de la intensidad y duración de la exposición y la temperatura a la que esté sometido el trabajador. Algunos de los síntomas más comunes son:

- **Por calor:** Fatiga, sudoración excesiva, calambres musculares, náuseas y vómitos, dolores de cabeza, mareos o aturdimiento, confusión, ritmo cardíaco acelerado (taquicardia), deshidratación severa, piel caliente y seca (en casos de golpe de calor).

En casos extremos, el estrés térmico puede llevar a un golpe de calor, una situación potencialmente mortal que ocurre cuando la temperatura del cuerpo supera los 40°C y los mecanismos naturales de enfriamiento del cuerpo fallan. Los síntomas del golpe de calor incluyen desorientación, piel seca y caliente, pérdida de consciencia y convulsiones.

- **Por frío:** Escalofríos intensos, entumecimiento, confusión, dificultad para moverse o hablar, piel pálida o azulada, respiración lenta.

4.6. Efectos del estrés térmico en la salud

Los efectos del estrés térmico en el organismo pueden ser gravemente perjudiciales si no se controlan a tiempo. A continuación, se detallan los principales efectos del calor y del frío.

Efectos debidos a ambientes calurosos:

- **Agotamiento por calor:** Se caracteriza por síntomas como mareos, náuseas, sudoración excesiva, deshidratación y fatiga.
- **Golpe de calor:** Se caracteriza por un incremento elevado de la temperatura interna por encima de 40,5 °C y la piel caliente y seca debido a que no se produce sudoración, puede provocar confusión, pérdida de consciencia y, sino se trata rápidamente, la muerte. En este caso es necesaria la asistencia médica y hospitalización.
- **Síncope por calor:** la pérdida de conciencia o desmayo son signos de alarma de sobrecarga térmica. La permanencia de pie o inmóvil durante mucho tiempo en un ambiente caluroso con cambio rápido de postura puede producir una bajada de tensión con disminución de caudal sanguíneo que llega al cerebro. Normalmente se produce en personas no aclimatadas al principio de la exposición al calor.
- **Deshidratación:** La exposición prolongada al calor implica una pérdida de agua y electrolitos a través de la sudoración. La sed no es un buen indicador de la deshidratación. Un fallo en la rehidratación del cuerpo y en los niveles de electrolitos se traduce en problemas gastrointestinales y calambres musculares.

Efectos debidos a ambientes fríos:

- **Hipotermia:** Disminución de la temperatura corporal. En particular, la disminución de la temperatura cerebral produce confusión, descoordinación, aletargamiento y, en casos extremos, la muerte.
- **Respiratorios:** la inhalación de aire muy frío enfría las mucosas del tracto respiratorio superior y puede, con el tiempo, causar irritación, reacciones micro inflamatorias y broncoespasmo.
- **Cardiovasculares:** El frío puede agravar los síntomas de otras enfermedades cardiovasculares como el síndrome de Raynaud. También se pueden producir un incremento en la incidencia de trastornos musculo esqueléticos.
- **Congelación:** Los tejidos corporales pueden congelarse, provocando daño permanente en la piel y los músculos.
- **Fatiga por frío:** El esfuerzo físico en condiciones de frío puede disminuir la capacidad física y mental, aumentando el riesgo de accidentes.

4.7. Factores individuales de riesgo

El estrés térmico puede verse agravado por ciertos factores individuales que reducen la tolerancia individual al estrés térmico, entre ellos se encuentran, la edad, la obesidad, la hidratación, el consumo de medicamentos o bebidas alcohólicas, el género y la aclimatación.

- Edad: Se debe considerar que las personas de mayor edad son más susceptibles a padecer problemas de control de la circulación o menor capacidad de mantener la hidratación y, por tanto, son más propensos a sufrir los efectos del estrés térmico.
- Obesidad: Las personas con sobrepeso pueden enfrentar mayores dificultades frente al estrés térmico debido al aumento del aislamiento térmico corporal, posibles problemas cardiovasculares y menor resistencia física. No obstante, cada caso debe evaluarse individualmente, ya que pueden existir excepciones.
- Hidratación: Durante el estrés térmico, el cuerpo pierde agua principalmente a través del sudor, además de la piel y la respiración. Aunque beber agua es la forma más rápida de rehidratarse, no siempre es sencillo mantener un nivel adecuado de hidratación, ya que la sensación de sed no refleja con precisión la cantidad de agua perdida.
- Medicamentos y bebidas alcohólicas: Algunos medicamentos, como los anticolinérgicos, pueden inhibir la sudoración, especialmente en personas mayores, lo que dificulta la capacidad del cuerpo para regular su temperatura.

Otros fármacos pueden alterar la termorregulación, aumentar el calor corporal o afectar la circulación, lo que empeora la respuesta al estrés térmico. El alcohol también influye negativamente, ya que provoca dilatación de los vasos sanguíneos y aumento de la producción de orina, lo que afecta la capacidad del cuerpo para manejar el calor. Incluso en pequeñas cantidades, el alcohol puede disminuir la capacidad del cuerpo para regular la temperatura, empeorando la sudoración y aumentando el riesgo de desmayos.

- Género: Las diferencias en la respuesta al estrés térmico entre hombres y mujeres son difíciles de determinar con precisión, ya que factores como la condición física y el nivel de aclimatación suelen influir más que el género. Sin embargo, algunos estudios han identificado ciertos efectos relacionados con la temperatura corporal interna en ambos géneros. Por ejemplo, se ha observado que, tanto en hombres como en mujeres, la temperatura interna de 38 °C puede causar infertilidad temporal. En el caso de las mujeres embarazadas, se ha observado que durante el primer trimestre de embarazo existe riesgo de malformación en el feto cuando la temperatura interna de la madre está por encima de 39 °C en un periodo prolongado.
- Aclimatación: La aclimatación es un proceso gradual que puede durar de 7 a 14 días en los que el cuerpo se va adaptando a realizar una determinada actividad física en condiciones de calor, es recomendable que el primer día de trabajo la exposición al calor se reduzca a la mitad de la jornada; después día a día se debería aumentar progresivamente el tiempo de trabajo (10%) hasta la jornada completa. La aclimatación es específica para unas determinadas condiciones ambientales y de ropa, por lo que no se garantiza la respuesta cuando se cambian dichas condiciones. Aunque la aclimatación se produce rápidamente durante el periodo de exposición al calor, también se pierde muy rápidamente cuando se interrumpe la exposición, por ejemplo, una o dos semanas sin exposición requieren de 4 a 7 días para volver a recuperar la aclimatación. Los beneficios de la aclimatación consisten en mejorar la efectividad y la eficiencia del sistema de distribución y pérdida de calor, mejorar el confort durante la exposición a altas temperaturas y una reducción del riesgo de sobrecarga térmica.

5. MARCO NORMATIVO

5.1. Normativa aplicable al estrés térmico

El marco normativo que regula la prevención de riesgos laborales relacionados con el estrés térmico es amplio y abarca tanto legislación general en materia de seguridad y salud laboral como normativas específicas. Este apartado se centra en la legislación nacional española y algunas directrices internacionales que tienen impacto en la protección de los trabajadores frente a las temperaturas extremas.

Existen diversas normativas y guías que establecen las condiciones necesarias para prevenir el estrés térmico en los lugares de trabajo. Al evaluar y gestionar este riesgo, deben considerarse las siguientes normativas clave:

- **Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995:** Esta ley establece los derechos y obligaciones en relación con la protección de los trabajadores frente a los riesgos laborales, incluido el estrés térmico. Esta ley es el pilar fundamental de la normativa en materia de seguridad y salud en el trabajo en España. El artículo 14 establece que el empresario debe garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores mediante la implementación de medidas preventivas que eliminen los riesgos en origen siempre que sea posible, lo cual es especialmente relevante en el caso del estrés térmico. Así mismo, el empresario está obligado a realizar una evaluación de riesgos laborales que puedan afectar a la seguridad y salud de los trabajadores, como adoptar medidas preventivas adecuadas para eliminar o minimizar los riesgos y proporcionar formación e información adecuada a los trabajadores sobre los riesgos a los que están expuestos.
- **Real Decreto 486/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo:** El Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Este decreto es clave en la regulación de las condiciones térmicas en los espacios cerrados, donde se especifican valores recomendados de temperatura entre 17 y 27° C, dependiendo de la actividad realizada. Para el estrés térmico, este decreto es clave, ya que obliga al empresario a garantizar que las condiciones de temperatura sean adecuadas para el bienestar de los trabajadores, apoyándose en sistemas de ventilación adecuados.
- **Real Decreto 39/1997. Reglamento de los servicios de prevención:** El Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, establece en sus artículos 3 y 4 la obligación de realizar una evaluación de riesgos laborales que considere las condiciones ambientales del entorno de trabajo, incluidas las relacionadas con el estrés térmico.

El reglamento define que, en entornos abiertos donde no se puede regular adecuadamente la temperatura, como los trabajos al aire libre, la evaluación de riesgos debe contemplar factores como la radiación solar, la velocidad del viento, la humedad relativa y la temperatura ambiente. Estas evaluaciones permiten a las empresas planificar las medidas preventivas adecuadas, como descansos programados, la rotación de trabajadores, la provisión de agua potable, o la creación de zonas de sombra.

- **Norma UNE-EN ISO 7243:2017. Ergonomía del ambiente térmico. Evaluación del estrés utilizando el índice WBGT:** Esta norma establece el uso del índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) como método para evaluar la

exposición al calor en entornos laborales. El índice WBGT considera factores como la temperatura del aire, la humedad, la velocidad del viento y la radiación solar para determinar el riesgo de estrés térmico. Este estándar es internacionalmente reconocido y sugiere límites de exposición al calor tanto para trabajos interiores como exteriores.

- **Real Decreto-Ley 4/2023:** Este decreto, aprobado en mayo de 2023, modifica el Real Decreto 486/1997 para introducir medidas específicas frente a fenómenos meteorológicos extremos. Obliga a las empresas a adaptar o suspender las actividades laborales al aire libre cuando la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) emita alertas de nivel naranja o rojo, o cuando se detecten condiciones de riesgo que no puedan ser mitigadas con otras medidas preventivas.
- **NTP 1189 - Evaluación del riesgo de estrés térmico: Índice WBGT:** Esta Nota Técnica de Prevención (NTP) 1189 del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) proporciona directrices detalladas sobre cómo evaluar el riesgo de estrés térmico en el trabajo utilizando el Índice WBGT. Este índice es un método ampliamente reconocido que permite evaluar de manera precisa las condiciones térmicas del entorno laboral, considerando la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del viento y la radiación solar. La NTP 1189 recomienda su uso tanto para trabajos en interiores como en exteriores, con dos fórmulas diferentes dependiendo de si hay o no exposición a radiación solar directa.

Directrices Internacionales sobre Estrés Térmico

- **ACGIH y OSHA:** A nivel internacional, organizaciones como la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) y la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) han desarrollado directrices y estándares para la evaluación y gestión del estrés térmico. Estos organismos recomiendan el uso del índice WBGT para evaluar el riesgo en diferentes entornos laborales y proporcionan guías sobre las medidas preventivas que deben adoptarse en situaciones de calor o frío extremo.
- **Directivas de la Unión Europea:** En el contexto de la Unión Europea, la Directiva 89/391/CEE del Consejo, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo, establece un marco básico para la protección de los trabajadores contra cualquier riesgo laboral, incluidos los relacionados con el estrés térmico. Esta directiva, junto con las leyes nacionales, exige que los empresarios tomen todas las medidas necesarias para garantizar que las condiciones de trabajo sean seguras y no afecten la salud de los empleados

5.2. Obligaciones del empresario

El empresario tiene la obligación legal de garantizar la seguridad y salud de sus empleados en todas las circunstancias, incluyendo aquellas relacionadas con el estrés térmico. Algunas de las medidas que establece la normativa que deben adoptarse son:

- **Evaluación de riesgos**: Realizar una evaluación detallada de los riesgos asociados al estrés térmico en el entorno laboral. El artículo 3 y 4 del Real Decreto 39/1997 obliga a identificar y controlar las condiciones ambientales. Seguir la metodología propuesta por el INSST, como el uso del índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature). Este índice mide la combinación de temperatura, humedad, velocidad del aire y radiación solar para determinar el riesgo de estrés térmico.
- **Control de las condiciones ambientales**: En ambientes cerrados, el empresario debe garantizar sistemas de ventilación adecuados y mantener temperaturas seguras, según lo establecido en el Real Decreto 486/1997, y en espacios al aire libre, se deben implementar medidas como zona de sombra, aclimatación progresiva, descansos regulares e hidratación adecuada.
- **Medidas preventivas**: Durante los periodos de altas temperaturas, el empresario debe reducir la exposición al calor mediante turnos rotativos, acceso a zonas con sombra o aire acondicionado, acceso a agua potable, descansos periódicos y la provisión de equipos de protección adecuados.
- **Formación e información a los trabajadores**: Proporcionar a los trabajadores información y formación sobre los riesgos térmicos, los síntomas de advertencia, y cómo actuar en caso de sobreexposición al calor o al frío.

5.3. Medidas específicas en sectores al aire libre

Una de las medidas más recientes en España para proteger a los trabajadores expuestos a altas temperaturas es el Real Decreto-Ley 4/2023, aprobado en mayo de 2023. Esta reforma fue impulsada por la creciente preocupación ante los riesgos laborales asociados a temperaturas extremas, como las olas de calor, y la necesidad de reforzar el marco legal para prevenir incidentes graves.

Este Real Decreto-Ley modifica el Real Decreto 486/1997, que regula las condiciones mínimas de seguridad en los lugares de trabajo. Con la reforma, las empresas están obligadas a implementar medidas específicas de protección frente a riesgos climáticos, como la suspensión del trabajo al aire libre durante olas de calor. Dichas deben basarse en una evaluación de riesgos laborales que consideren tanto las características de las tareas como las condiciones individuales de los trabajadores.

Una de las principales novedades es la obligatoriedad de suspender o adaptar los trabajos al aire libre cuando la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) emite un aviso de fenómenos meteorológicos adversos de nivel naranja o rojo, en estos casos, es necesario reducir o modificar la jornada laboral cuando otras medidas preventivas no garanticen la seguridad de los trabajadores. En situaciones extremas, se deberá suspender por completo ciertas actividades durante las horas de mayor riesgo de exposición.

Además, las empresas deben adoptar medidas adicionales de seguridad, como ofrecer descansos frecuentes en zonas habilitadas, asegurar la hidratación adecuada y proporcionar la ropa y protección apropiada para mitigar los efectos del calor.

Este tipo de medidas son de aplicación a sectores que trabajan al aire libre, como la agricultura, la construcción y otros trabajos que no pueden realizarse en espacios cerrados, tal y como se detalla en el artículo 1.2 del Real Decreto 486/1997 de lugares de trabajo:

- Medios de transporte utilizados fuera de la empresa o centro de trabajo.
- Lugares de trabajo situados dentro de los medios de transporte.
- Obras de construcción temporales o móviles.
- Industrias de extracción.
- Buques de pesca.
- Campos de cultivo, bosques y otros terrenos que formen parte de una empresa o centro de trabajo agrícola o forestal pero que estén situados fuera de la zona edificada de los mismos.

En este sentido, el Real Decreto-Ley 4/2023 de 11 de mayo, introduce una "Disposición adicional única" que refuerza las condiciones ambientales aplicables al trabajo al aire libre, incluyendo las siguientes medidas específicas:

“1. Cuando se desarrollen trabajos al aire libre y en los lugares de trabajo que, por la actividad desarrollada, no puedan quedar cerrados, deberán tomarse medidas adecuadas para la protección de las personas trabajadoras frente a cualquier riesgo relacionado con fenómenos meteorológicos adversos, incluyendo temperaturas extremas.

2. Las medidas a las que se refiere el apartado anterior derivarán de la evaluación de riesgos laborales, que tomará en consideración, además de los fenómenos mencionados, las características de la tarea que se desarrolle y las características personales o el estado biológico conocido de la persona trabajadora. En aplicación de lo previsto en esta disposición y en el artículo 23 del Real Decreto 1561/1995, de 21 de septiembre, sobre jornadas especiales de trabajo, las medidas preventivas incluirán la prohibición de desarrollar determinadas tareas durante las horas del día en las que concurren fenómenos meteorológicos adversos, en aquellos casos en que no pueda garantizarse de otro modo la debida protección de la persona trabajadora.

3. *En el supuesto en el que se emita por la Agencia Estatal de Meteorología o, en su caso, el órgano autonómico correspondiente en el caso de las comunidades autónomas que cuenten con dicho servicio, un aviso de fenómenos meteorológicos adversos de nivel naranja o rojo, y las medidas preventivas anteriores no garanticen la protección de las personas trabajadoras, resultará obligatoria la adaptación de las condiciones de trabajo, incluida la reducción o modificación de las horas de desarrollo de la jornada prevista.*

4. *Esta disposición adicional será de aplicación a todos los lugares de trabajo, incluidos los del artículo 1.2”.*

Plan nacional de actuaciones preventivas por altas temperaturas 2024

Además de las medidas establecidas por el Real Decreto-Ley 4/2023 de 11 de mayo, el Ministerio de Sanidad ha implementado el plan nacional de actuaciones Preventivas por altas temperaturas 2024. Este plan establece una serie de acciones que incluyen la publicación diaria de un mapa interactivo que detalla los niveles de riesgo en todo el territorio, actualizados en función de las alertas de calor. Tiene como objetivo reducir los efectos negativos asociados a las temperaturas excesivas y coordinar a las instituciones de la Administración del Estado involucradas en la gestión de estos riesgos. Asimismo, propone una serie de acciones que pueden ser implementadas por las Comunidades Autónomas y la Administración Local, en función de los niveles de riesgo asignados, que se determinan según las temperaturas registradas.

Uno de los elementos clave del Plan es la provisión diaria de un mapa interactivo que se publica en la página web oficial del Ministerio de Sanidad. Este mapa ofrece información sobre los niveles de riesgo en las 182 zonas de meteosalud definidas en todo el territorio. Los niveles de riesgo se actualizan a diario y permiten que las autoridades locales y regionales tomen decisiones informadas sobre las medidas preventivas necesarias, en línea con las alertas de calor emitidas.

La asignación de los niveles de riesgo para la salud se realiza utilizando los siguientes criterios:

- Si el nivel asignado es de Nivel 0, se denomina ausencia de riesgo y se representa con el color verde.
- Si el nivel asignado es Nivel 1, se denomina bajo riesgo, y se representa con el color amarillo.
- Si el nivel asignado es Nivel 2, se denomina riesgo medio, y se representa con el color naranja.
- Si el nivel asignado es Nivel 3, se denomina alto riesgo, y se representa con el color rojo.

El Plan también establece protocolos específicos para coordinar las respuestas de los distintos niveles de gobierno y sector público, asegurando que tanto las administraciones autonómicas como locales puedan actuar de manera eficaz ante los episodios de calor

extremo. Entre las principales medidas destacan la reorganización de las jornadas laborales, la adaptación de las condiciones de trabajo y la activación de campañas de sensibilización.

6. EVALUACIÓN Y CÁLCULO DEL ÍNDICE WBGT

6.1. ¿Qué es el WBGT?

El WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) es un índice que sirve para evaluar el estrés térmico en el cuerpo humano causado por la combinación de diferentes variables ambientales, como la temperatura del aire, la radiación solar, la humedad relativa y la velocidad del viento. Es una herramienta esencial para determinar el riesgo de padecer enfermedades relacionadas con el calor, y se utiliza comúnmente en la prevención de riesgos laborales para adaptar las condiciones de trabajo y controlar la exposición de los trabajadores a entornos de altas temperaturas.

El índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature), establecido en la norma UNE-EN ISO 7243:2017 (Ratificada), su uso es clave en ambientes laborales, especialmente en aquellos donde la exposición a condiciones calurosas es frecuente. Esto incluye tanto lugares de trabajo al aire libre como la construcción o la agricultura, como en espacios cerrados mal ventilados con fuentes de calor, como fábricas o cocinas industriales. En estos sectores, el WBGT es fundamental para la seguridad del personal, donde el calor y la humedad puede representar un riesgo importante.

El riesgo por estrés térmico, para una persona expuesta a un ambiente caluroso, depende de la producción de calor de su organismo como resultado de su actividad física y de las características del ambiente que lo rodea, que condiciona el intercambio de calor.

6.2. ¿Para qué sirve el WBGT?

El WBGT se utiliza para estimar el riesgo de sobrecarga térmica y establecer recomendaciones sobre las medidas preventivas que deben implementarse en el entorno laboral. Sirve como guía para ajustar las pausas de descanso, la hidratación y la intensidad de las actividades físicas en función de los valores obtenidos. En algunos casos, si el valor del WBGT supera ciertos límites establecidos en la normativa, puede ser necesario interrumpir las actividades, ya que un índice elevado indica un mayor riesgo de agotamiento por calor o golpe de calor.

6.3. Importancia en la prevención de riesgos laborales

El índice WBGT es un estándar ampliamente aceptado por organismos internacionales como la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y se encuentra dentro de las recomendaciones del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) en España. Su valor es fundamental para que los empresarios tomen decisiones informadas sobre las medidas preventivas y correctivas necesarias para proteger la salud de los trabajadores expuestos a entornos calurosos.

El uso del WBGT permite establecer límites seguros de exposición al calor, implementar medidas como pausas de descanso más frecuentes, acceso a áreas de sombra o refrigeradas, y el uso adecuado de equipos de protección individual (EPIs) adaptados para la disipación del calor.

6.4. Explicación del índice WBGT

El cálculo del índice WBGT tiene en cuenta tres variables principales:

- Temperatura de globo (T_g): Esta mide la temperatura de los objetos que rodean a una persona, ponderada por su área y distancia. Se mide con un termómetro de globo negro y tiene en cuenta la radiación térmica, tanto del sol como de otras fuentes de calor, lo que es clave en el cálculo del estrés térmico al aire libre.
- Temperatura de bulbo húmedo natural (T_{nwb}): Se mide con un termómetro envuelto en una mecha mojada que refleja la cantidad de humedad presente en el aire, y la capacidad de evaporación del sudor, que es el mecanismo principal de enfriamiento del cuerpo humano.
- Temperatura del aire (T_a): Es la temperatura seca del aire, registrada por un termómetro normal y protegida de la radiación solar. Es una medida de la temperatura del aire sin interferencias externas, como la radiación o la humedad.

En la norma UNE-EN ISO 7243:2017, el índice WBGT se ajusta por medio de un factor de corrección (CAV) cuando el uso de ropa aumenta el aislamiento térmico por encima de 0,5 clo. Este ajuste permite tener en cuenta la influencia de la vestimenta en la acumulación de calor y, pese a su simplicidad, el índice WBGT puede ayudar a identificar la necesidad de adoptar medidas preventivas.

6.5. Metodología para el cálculo del WBGT

El índice WBGT (UNE-EN ISO 7243:2017) permite realizar una primera evaluación del grado de estrés térmico al que una persona está expuesta considerando varios factores:

- Las características del entorno que determinan la transferencia de calor entre el cuerpo y el ambiente (temperatura del aire, temperatura radiante media, velocidad del aire y humedad absoluta).
- La cantidad de calor generado internamente en el interior del cuerpo debido a la actividad física de la persona trabajadora.
- La ropa utilizada, que afecta el intercambio de calor con el entorno.

Para un análisis detallado del estrés térmico, es necesario medir cuatro parámetros básicos: temperatura del aire, temperatura radiante media, velocidad del aire y humedad absoluta. Estos datos permiten calcular un valor medio del índice WBGT, teniendo en cuenta posibles variaciones en el tiempo, el lugar y la actividad física.

Los valores obtenidos se comparan con los valores de referencia WBGT establecidos como límites de exposición para una jornada de trabajo de hasta 8 horas. Si los valores superan los límites recomendados, se debe:

- Reducir directamente el estrés térmico o la tensión en el lugar de trabajo mediante métodos adecuados.
- Realizar un análisis más detallado utilizando la norma UNE-EN ISO 7933:2023, que proporciona herramientas adicionales para evaluar el estrés térmico de manera más precisa.

6.6. ¿Cómo se calcula el índice WBGT?

El cálculo del índice WBGT se calcula a través de una serie de fases para evaluar el riesgo de estrés térmico. A continuación, se detallan las fases:

6.6.1. Identificación de las condiciones laborales más desfavorables

El índice WBGT permite estimar el riesgo de estrés térmico al que una persona puede estar expuesta bajo condiciones específicas en el momento de la medición. Por ello, se recomienda realizar las mediciones durante el periodo del año en el que el riesgo de estrés térmico es más elevado, normalmente en verano. Dentro de este periodo, es preferible elegir el momento más crítico de la jornada, como las horas centrales del día, o durante el periodo de exposición más prolongado que pueda generar los niveles más altos de estrés térmico.

6.6.2. Obtención de los parámetros de medida

Para el cálculo del índice de WBGT, es necesario considerar los siguientes tres parámetros de medida:

- Temperatura de globo (T_g): Mide la temperatura de los objetos que rodean a una persona, ponderada por su área y distancia. Se mide con un termómetro de globo negro y tiene en cuenta la radiación térmica, tanto del sol como de otras fuentes de calor. Este es un factor esencial para calcular el estrés térmico al aire libre.
- Temperatura de bulbo húmedo natural (T_{nwb}): Se mide con un termómetro recubierto de un tejido humedecido (como la muselina), y refleja la cantidad de

humedad presente en el aire, así como la evaporación del sudor, que es el mecanismo principal de disipación de calor del cuerpo humano.

- Temperatura seca del aire (T_a): Es la temperatura seca del aire medida con un termómetro estándar, protegido de la radiación solar. Esta medición excluye influencias externas como radiación o humedad, reflejando solo la temperatura del aire.



Medidor estrés térmico

1. Sensor temperatura de Globo.
2. Sensor temperatura de bulbo húmedo natural.
3. Sensor temperatura seca del aire.

6.6.3. Determinación de la tasa metabólica (M)

La tasa metabólica refleja la cantidad de calor que genera el cuerpo en función de la actividad física realizada por la persona trabajadora. Dado que el rendimiento del cuerpo en términos de energía útil es muy bajo, se asume que casi toda la energía consumida se transforma en calor.

La tasa metabólica se puede medir directamente a través del consumo de oxígeno o estimarse utilizando tablas que clasifican las tareas realizadas, conforme a la norma UNE-EN ISO 8996:2021 que proporciona métodos para la evaluación del metabolismo energético en el lugar de trabajo. En el cálculo del WBGT, se utilizan los valores correspondientes al trabajo continuo, clasificados según el nivel de esfuerzo físico o actividad.

Rango de consumo de tasa metabólica (W)	Descripción de la actividad
Descanso (100-125)	Sentado o de pie sin actividad.
Actividad ligera (125-235)	Trabajos manuales ligeros: oficinas, herramientas pequeñas, inspección clasificación, montaje, conducción de vehículos, mecanizado con herramientas de baja potencia, caminar a velocidades inferiores a 2,5 km/h.
Actividad moderada (235-360)	Trabajo constante con manos y brazos, conducción de maquinaria pesada, martillos neumáticos, manejo intermitente de pesos moderados, empujar carretillas ligeras, caminar a una velocidad de 2,5 km/h hasta 5,5 km/h.
Actividad alta (360-465)	Trabajo intenso con brazos y tronco, transporte de materiales pesados, uso de sierras, caminar a una velocidad de 5,5 km/h hasta 7 km/h.
Actividad muy alta (>465)	Actividades muy intensas a ritmo muy rápido: trabajo con hacha, subir escaleras, rampas, correr, caminar a una velocidad superior a 7 km/h).

Tabla 1. Consumo de tasa metabólica. NTP 1189 (Elaboración propia)

6.6.4. Cálculo del índice WBGT

El índice WBGT varía según el entorno donde se realiza la medición:

- **En interiores o exteriores sin radiación solar directa:**

$$WBGT = 0,7 \times t_{nwb} + 0,3 \times t_g$$

En este caso, se pondera más la temperatura de bulbo húmedo, dado que la radiación solar tiene menor impacto, mientras que la evaporación del sudor es más relevante.

- **En exteriores con radiación solar directa:**

$$WBGT = 0,7 \times T_{nwb} + 0,2 \times T_g + 0,1 \times T_a$$

Aquí, la radiación solar directa incrementa el riesgo térmico, por lo que se considera también la temperatura del aire, asignándole un peso mayor a la radiación térmica.

6.6.5. Ajuste de los efectos de la ropa (CAV)

Los valores límite de exposición se desarrollaron con la deducción de que el trabajador utiliza ropa de algodón de manga larga, equivalente a 0,6 clo (el clo se define como el

aislamiento térmico proporcionado por una determinada ropa). Sin embargo, cuando se utiliza ropa con un mayor aislamiento térmico (como en trabajos de soldadura), es necesario aplicar un Coeficiente de Ajuste por Vestimenta (CAV), que se suma al WBGT medido para calcular el WBGT efectivo ($WBGT_{eff}$), que representa una estimación más precisa del estrés térmico proporcionado en función de la vestimenta real:

$$WBGT_{eff} = WBGT + CAV$$

La norma UNE-EN ISO 7243:2017, proporciona una lista con los siguientes valores a considerar para ajustar el aislamiento de la ropa:

Ropa	CAVs (°C)
Ropa de trabajo estándar (camisa de manga larga y pantalones, algodón, transpirable).	0
Ropa de trabajo de material no tejido, una sola capa.	2
Delantal largo y de manga larga, sobre ropa de trabajo con resistencia al vapor de agua.	4
Doble capa de ropa	3
Mono impermeable sin capucha (capa única)	10
Mono impermeable con capucha (capa única)	11
Monos sobre ropa de trabajo impermeable sin capucha	12
Uso de capucha (cualquier tejido)	+1

Tabla 2. Valores de los CAV según la vestimenta NTP 1189 (Elaboración propia).

El CAV aumenta cuando la ropa presenta una mayor resistencia a la evaporación o cuando el material es menos permeable al vapor de agua. Factores como el calor radiante, la velocidad del aire, los movimientos del cuerpo, el tipo de ropa y la humedad también influyen en el ajuste, siendo la combinación de una alta resistencia evaporativa y alta humedad particularmente crítica. Aunque el método de ajuste es simplificado, se recomienda aplicar un CAV alto en estos casos, para asegurar un margen de seguridad adecuado.

6.6.6. Duración de las mediciones

Se recomienda medir el índice WBGT durante un periodo representativo de al menos una hora en las condiciones más desfavorables, ya que, si no se detecta riesgo de estrés térmico en ese intervalo, es poco probable que este ocurra en el resto de la jornada. Sin embargo, este método no considera las características personales del trabajador, como su estado de hidratación o el acceso a fuentes de agua.

Una vez obtenido el índice se compara con el valor límite WBGT.

6.6.7. Valores límite de WBGT

El anexo A de la norma UNE-EN ISO 7243:2017, proporciona los valores límite WBGT teniendo en cuenta el consumo metabólico y la aclimatación al calor del personal:

Consumo metabólico	W	WBGT (°C) Personal aclimatado al calor	WBGT (°C) Personal no aclimatado al calor
Reposo	115	33	32
Consumo metabólico bajo	180	30	29
Consumo metabólico moderado	300	28	26
Consumo metabólico alto	415	26	23
Consumo metabólico muy alto	520	25	20

Tabla 3. Valores límite de WBGT UNE- EN ISO 7243:2017 (Elaboración propia).

7. INFORME TÉCNICO DE ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR EN UN VIVERO

7.1. Introducción

El estrés térmico por calor es un riesgo laboral significativo en trabajos al aire libre o en entornos cerrados donde las condiciones de temperatura, humedad y radiación térmica pueden alcanzar niveles extremos. Este fenómeno se acentúa durante los meses más cálidos del año, especialmente en actividades que implican una elevada carga física o exposición prolongada a la radiación solar, como es el caso de las tareas desarrolladas en el vivero.

Para el estudio del ambiente térmico, es necesario considerar una serie de variables relacionadas con las condiciones ambientales, la naturaleza de la actividad laboral y las características individuales de los trabajadores. Estas condiciones incluyen frecuentemente la radiación térmica (proveniente de superficies calientes), niveles de humedad superiores al 60% y actividades que requieren un esfuerzo físico moderado o intenso.

El presente informe se realiza a petición de la empresa VIVEROS, S.L., un vivero ubicado en Aragón, una comunidad autónoma caracterizada por temperaturas elevadas en el periodo estival. Su objeto es establecer una base para la valoración del riesgo de exposición a estrés térmico al que están expuestos los trabajadores en los diferentes puestos durante su jornada habitual de trabajo, dando así cumplimiento a la norma UNE-EN ISO 7243:2017. Con este análisis se busca evaluar el riesgo de exposición a estrés térmico en los puestos de trabajo estudiados, garantizando el cumplimiento de los criterios establecidos en la normativa aplicable.

El empresario tiene la responsabilidad de determinar la existencia de riesgo de estrés térmico en el trabajo, y en caso afirmativo, evaluar los riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores, originados por dicho riesgo.

La empresa se dedica al cultivo y comercialización de plantas ornamentales y árboles en un vivero, con una plantilla de 10 trabajadores. El día 26 de julio de 2024, se realizó una visita a las instalaciones en compañía del empresario, en calidad de acompañante para recabar la información y datos necesarios para la elaboración del presente informe.

7.2. Descripción de las operaciones realizadas en la empresa

La empresa objeto de este estudio se dedica a la producción, mantenimiento y venta de plantas ornamentales. Sus instalaciones comprenden tanto zonas de cultivo en exteriores como invernaderos, donde se cultivan plantas de interior. La plantilla está compuesta por un grupo de trabajadores encargados del riego, mantenimiento y arreglos florales, así como de la atención al cliente en la zona de caja.

Debido a que el trabajo en un vivero implica actividades bajo techado, por ejemplo, invernaderos, como al aire libre, los trabajadores están expuestos a variaciones térmicas significativas, especialmente en la temporada de verano, cuando la temperatura y la radiación solar alcanzan niveles críticos. Esto hace necesario realizar una evaluación de riesgos del estrés térmico por calor, particularmente en los meses de mayor exposición.

El personal del vivero desempeña las siguientes actividades dentro de su jornada laboral:

- **Riego de plantas de interior:** Realizado en el interior de invernaderos, donde la temperatura tiende a acumularse debido a la falta de ventilación natural y a la radiación que penetra a través de los cristales. Este puesto implica una actividad física moderada, con movimientos repetitivos y el transporte de mangueras o regaderas.
- **Riego de plantas de exterior:** Llevado a cabo en áreas al aire libre, lo que implica una exposición directa a la radiación solar. Aunque la tarea es similar a la del riego en interior, los factores ambientales son más severos, lo que aumenta el riesgo de estrés térmico por calor.
- **Atención en la zona de caja:** Trabajo desarrollado en un área cubierta y cerrada, donde las condiciones térmicas suelen ser más controladas. Sin embargo, debido a la proximidad de la zona a las áreas de cultivo, se pueden experimentar temperaturas más elevadas.
- **Zona de arreglos florales:** Actividad centrada en la preparación y arreglo de plantas y flores para la venta. Esta tarea se realiza en un área parcialmente cubierta, pero con exposición a temperaturas elevadas y humedad, lo que puede incrementar el riesgo de fatiga térmica en los trabajadores.

Las actividades descritas involucran diversas cargas físicas que afectan el consumo metabólico de los trabajadores, y a su vez, influyen en la capacidad del cuerpo para disipar el calor. Las tareas como el riego, especialmente al aire libre, requieren un esfuerzo físico constante, mientras que la atención en la caja implica menos movimiento y, por lo tanto, un menor consumo metabólico.

7.3. Vestimenta utilizada

Las actividades en el vivero involucran cargas físicas que afectan al consumo metabólico y, por tanto, la capacidad del cuerpo para disipar el calor. Las tareas de riego que son al aire libre, requieren un esfuerzo físico moderado, mientras que las actividades en la zona de caja y arreglos florales tienen una mínima carga física.

En cuanto a la vestimenta, los trabajadores llevarán dependiendo la época del año una vestimenta u otra:

- **Verano (julio a septiembre):** Los trabajadores llevan pantalón corto y camiseta de manga corta, fabricados en algodón. Esta elección de tejido permite una mejor ventilación y disipación del calor, ya que el algodón es una fibra natural que facilita la transpiración y la evaporación del sudor, contribuyendo a mantener el cuerpo más fresco.
- **Invierno (resto del año):** Durante los meses más fríos, la vestimenta es de pantalones largos y camisetas de manga larga. En invierno, el aislamiento térmico es más importante que la ventilación, dado que el estrés térmico por calor es mínimo y se busca mantener el confort térmico.

El tipo de ropa y su capacidad para permitir la evaporación del sudor afectan la respuesta del trabajador frente al estrés térmico. En este estudio se tomará en cuenta el valor de ajuste de ropa (CAV) para reflejar estas variaciones en el aislamiento térmico de la vestimenta.

7.4. Aclimatación del trabajador

La aclimatación al calor es un proceso fisiológico mediante el cual el cuerpo se adapta progresivamente a condiciones térmicas extremas. Se asume que los trabajadores del vivero están parcialmente aclimatados, ya que realizan estas tareas durante todo el año. Sin embargo, es importante considerar que los empleados nuevos o aquellos que regresan tras un periodo de inactividad pueden tener una menor aclimatación, lo que les hace más susceptibles a sufrir estrés térmico.

7.5. Duración de las tareas realizadas

El tiempo de exposición al calor es un factor determinante para realizar la evaluación del riesgo. A continuación, se detallan las duraciones aproximadas de cada tarea evaluada:

Riego de plantas de interior	1,5 horas
Riego de plantas de exterior	1,5 horas
Zona de caja	45 minutos
Zona de arreglos florales	Resto de la jornada laboral
Descanso	30 minutos

Tras los datos recabados a partir de la observación y de la información proporcionada por la empresa sobre las tareas que se realizan en cada puesto de trabajo, se ha identificado que, en evaluaciones anteriores realizadas conforme al Real Decreto 486/1997 sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, las temperaturas en algunas áreas del vivero han superado el límite establecido de 27°C para trabajos ligeros en interiores. En concreto, se registraron valores de hasta 34°C en la zona de trabajo

exterior y 30°C en la zona de invernadero. Este incumplimiento normativo ha motivado la necesidad de realizar un estudio específico sobre estrés térmico por calor en los puestos de trabajo descritos anteriormente, para determinar las condiciones térmicas reales a las que están sometidos los trabajadores.

Con estas temperaturas, que superan el límite normativo, se justifica la necesidad de realizar un estudio de estrés térmico en los puestos afectados.

7.6. Procedimiento de medición

7.6.1. Equipos Utilizados

Para la realización del presente estudio se empleados equipos de medición mediante un sistema activo de toma de muestras, siguiendo los estándares de precisión y confiabilidad requeridos en la evaluación de estrés térmico.

MONITOR DE ESTRÉS TÉRMICO

Marca: 3M	Modelo: QUESTemp° 36	Nº de serie: QT12345678
Marca: 3M	Modelo: QUESTemp° 36	Nº de serie: ST54321099

El modelo QUESTemp° 36 de 3M es un dispositivo avanzado que permite la medición y cálculo de diversas variables ambientales esenciales para la evaluación del estrés térmico, tales como temperatura del bulbo seco, temperatura del bulbo húmedo, temperatura de globo, índice WBGT en interiores y exteriores, humedad relativa e índice de calor. A diferencia del modelo QT°34, el QT°36 permite también la medición de flujo de aire cuando se utiliza con el accesorio de sonda de aire de Quest, además de ofrecer la función de cálculo de tiempos de permanencia o tiempos de reposo, para administrar regímenes de trabajo y descanso.

El equipo cuenta con una interfaz que facilita el acceso a las pantallas de medición tanto en modo visualización directa como en modo de ejecución, permitiendo así el registro y monitoreo en tiempo real de los parámetros ambientales.

Este dispositivo cumple con las especificaciones descritas en la norma UNE-EN ISO 7726:2002, que establece los requisitos técnicos y de precisión para instrumentos de medición en ambientes térmicos. Su cumplimiento con esta normativa garantiza que los resultados obtenidos son precisos y válidos, permitiendo una evaluación fiable de las variables ambientales que afectan la exposición al estrés térmico.

7.6.2. Programa de muestreo

Las mediciones en la empresa VIVEROS SL, se realizaron el día 26 de julio entre las 12:30 horas y las 15:30 hora. Para ello, se utilizó el equipo anteriormente descrito

colocándolo en el lugar de trabajo, lo más cerca posible de la ubicación de la persona trabajadora, con objeto de que las lecturas fuesen representativas de las condiciones de trabajo existentes.

Las mediciones se han realizado en la época del año en la que es más probable que ocurra estrés por calor. Seleccionando el periodo de exposición que es más probable que induzca estrés por calor.

El horario de las mediciones por zonas fue el siguiente:

Zona de caja	13:00 – 14:00 H
Zona de arreglos	13:00 – 14:00 H
Riego de plantas zona interior	14:00 – 15:00 H
Riego de plantas zona exterior	14:30 – 15:30 H

Las mediciones se realizaron durante las horas de mayor temperatura, cuando el riesgo de estrés térmico es más elevado. Para asegurar la fiabilidad de los resultados, el equipo se colocó cerca de la ubicación de los trabajadores, a una altura equivalente a la zona de trabajo, simulando así las condiciones reales a las que están expuestos.

El procedimiento se ajusta a lo indicado en la norma UNE-EN ISO 7243:2017, que establece los métodos para la evaluación del estrés térmico en el lugar de trabajo. Cada medición tuvo una duración mínima de 60 minutos, registrándose en los distintos puestos de trabajo evaluados, garantizando la variabilidad de las condiciones térmicas durante las actividades laborales.

Las mediciones se han realizado en la época del año en la que es más probable que ocurra estrés por calor, seleccionando el periodo de exposición que es más probable que induzca el estrés por calor, para evaluar el riesgo de estrés térmico y aplicar las medidas preventivas necesarias.

7.6.3. Parámetros utilizados para evaluar el Estrés Térmico. Mediciones

Las mediciones realizadas fueron personales, y representan el nivel de estrés térmico al que está expuesto el empleado durante su jornada de trabajo. Para ello se colocó el monitor de estrés térmico cerca de la zona donde realizan las actividades los trabajadores afectados, garantizando que las condiciones ambientales sean representativas de las zonas evaluadas. Cada medición tuvo una duración mínima de 60 minutos, obteniendo datos específicos para cada área de trabajo.

Las mediciones fueron obtenidas en diferentes puestos de trabajo, como la zona de caja, arreglos florales, riego de plantas en zona interior y riego de plantas en zona exterior, siendo estos representativos de las tareas diarias de los trabajadores en el vivero.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada puesto de trabajo:

Zona de trabajo	Humedad relativa (HR)	Temperatura de bulbo húmedo natural (Tnwb)	Temperatura del aire (Ta)	Temperatura de Globo (Tg)	Índice WBGT (TGBH)
Zona de caja	32 %	27,8 °C	40,7 °C	42,7 °C	32,3 °C
Zona de arreglos	41%	24,5 °C	32,9 °C	32,9 °C	27,0 °C
Zona de riego de plantas interior	31%	27,2 °C	32,2 °C	44,8 °C	32,5 °C
Zona de riego de plantas exterior	36%	25,3 °C	35,0 °C	46,9 °C	30,59 °C

Tabla 4. Toma de muestras (Elaboración propia).

La temperatura exterior el día de las mediciones a las 13:00 horas, era de 28°C.

A partir de los datos obtenidos, para la evaluación del estrés térmico en la empresa viveros, se calcularon una serie de parámetros que permiten identificar las condiciones térmicas a las que están expuestos los trabajadores en las distintas zonas de trabajo. Las variables se miden y calculan según la norma UNE-EN ISO 7243:2017 y UNE-EN ISO 8996:2021, para evaluar de manera completa el estrés térmico en las distintas zonas de trabajo.

7.6.3.1. Parámetros de medida:

- Temperatura de globo (Tg): Indica el efecto de la radiación térmica en el ambiente, incluyendo la contribución del sol o de otras fuentes de calor presentes. Este es un factor esencial para calcular el estrés térmico al aire libre.
- Temperatura de bulbo húmedo natural (Tnwb): Esta temperatura considera la humedad relativa y es esencial para valorar la capacidad del trabajador de disipar el calor mediante la sudoración.
- Temperatura seca del aire (Ta): Corresponde a la temperatura del aire en cada zona de trabajo, se mide para evaluar la intensidad del calor en el ambiente.
- Índice de Bulbo Húmedo y Globo Térmico (WBGT): Calculado mediante una combinación de Ta, Tnwb y Tg, el índice WBGT es un valor consolidado que refleja el estrés térmico en el ambiente laboral.

7.6.3.2. Parámetros calculados:

- Consumo metabólico (M): Calculado a partir de la intensidad de las tareas realizadas. Este valor se obtiene consultando las tablas de referencia, que se encuentran en el Anexo A de la norma UNE-EN ISO 8996:2021, que asignan un nivel metabólico en función de la actividad.
- Valor de ajuste de ropa (CAV): Se calcula de acuerdo con el tipo de vestimenta que llevan los trabajadores, siguiendo las especificaciones de la norma UNE-EN ISO 7243:2017, para ajustar el aislamiento de la ropa.

7.6.3.3. Clasificación de actividades:

La clasificación de actividades de las tareas realizadas en la empresa depende del consumo metabólico, que es la cantidad de calor producido por el organismo por unidad de tiempo, es una variable que es necesaria conocer para la valoración del estrés térmico. Para estimarla se puede utilizar el dato del consumo metabólico, que es la energía total generada por el organismo por unidad de tiempo (potencia), como consecuencia de la tarea que desarrolla el trabajador.

Según la intensidad de las tareas realizadas, la norma UNE-EN ISO 8896:2021, establece un listado con la clasificación de las actividades de los trabajadores, en este caso según las actividades que se llevan a cabo en la empresa objeto de evaluación, se clasificarían en clase 1 y clase 2.

- **Clase 1. Actividades ligeras:** Actividades de baja exigencia física, donde el consumo metabólico es menor (125-235 W), y el índice WBGT puede alcanzar valores más altos sin representar un riesgo significativo. En este caso, el límite WBGT para personas aclimatadas es de 30 °C.
- **Clase 2. Actividades moderadas:** Incluye tareas de actividad moderada, como regar las plantas en el exterior, con un consumo metabólico entre 235 – 360 W. Para actividades de clase 2, el límite WBGT para personas aclimatadas se establece en 28 °C, ya que estas actividades generan más calor corporal, aumentando el riesgo de estrés térmico.

7.7. Cálculo del Índice WBGT

El índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) se calculará en función de los parámetros de medida explicados anteriormente, y utilizando las fórmulas correspondientes según la norma UNE-EN ISO 7243:2017.

El índice WBGT varía según el entorno donde se realiza la medición:

En interiores:

$$WBGT = 0,7 \times t_{nwb} + 0,3 \times t_g$$

En exteriores:

$$WBGT = 0,7 \times T_{nwb} + 0,2 \times T_g + 0,1 \times T_a$$

En primer lugar, calculamos los valores de WBGT para cada zona en función de si el entorno donde se realizan las actividades es en interiores o exteriores.

Las mediciones deben realizarse a 0.1 m, 1.1 m, y 1.7 m del suelo si la posición en el puesto de trabajo es de pie, y a 0.1 m, 0.6 m, y 1.1 m, si es sentado. Si el ambiente es homogéneo, basta con una medición a la altura del abdomen.

Empezaremos los cálculos con las actividades que están en el interior de la empresa y que atendiendo a la clasificación de la norma UNE-EN ISO 8896:2021, se clasificarían en una actividad de clase 1:

ZONA DE CAJA

HR: 32%	$WBGT_{caja} = 0,7 \times 27,8 + 0,3 \times 42,7$
T_{nwb}: 27,8 °C	
T_a: 40,7 °C	
T_g: 42,7° C	

ZONA DE MESA (ARREGLOS)

HR: 41%	$WBGT_{mesa} = 0,7 \times 24,5 + 0,3 \times 32,9$
T_{nwb}: 24,5 °C	
T_a: 32,9 °C	
T_g: 32,9° C	

ZONA DE RIEGO DE PLANTAS INTERIOR

HR: 31%	$WBGT_{interior} = 0,7 \times 27,2 + 0,3 \times 44,8$
T_{nwb}: 27,2 °C	
T_a: 39,2 °C	
T_g: 44,8° C	

A continuación, calculamos el índice WBGT para las actividades de riego en el exterior de la empresa.

Consumo metabólico

Para la determinación del consumo metabólico asociado a las tareas de riego realizadas en el exterior, se ha observado y analizado la actividad desempeñada por los trabajadores,

conforme a las indicaciones de la Nota Técnica de Prevención (NTP) 322. Según esta evaluación, el consumo metabólico registrado es de 295 W.

De acuerdo con la tabla de clasificación de actividades de la norma UNE-EN ISO 8896:2021, que categoriza el consumo metabólico por rangos de intensidad, las actividades de riego en el exterior de la empresa se enmarcan en la categoría de actividad moderada (clase 2), correspondiente a un rango de 235-360 W.

Efectos de la ropa en la exposición térmica

En cuanto a la ropa de trabajo, los empleados llevan una camiseta de manga corta y pantalón corto de algodón. Para ajustar el índice WBGT según el aislamiento térmico del vestuario, se ha considerado el valor de aislamiento térmico ajustado (CAV), conforme al listado de valores establecido en el Anexo F de la norma UNE-EN ISO 7243:2017. Este ajuste permite obtener una valoración precisa del índice WBGT, adaptada a las características específicas del vestuario utilizado y su efecto en la carga térmica experimentada por los trabajadores. En este caso:

Ropa	CAVs (°C)
Ropa de trabajo estándar (camisa de manga larga y pantalones, algodón, transpirable).	0

A continuación, se realiza el cálculo del índice WBGT efectivo (WBGT_{eff}), añadiendo el factor de corrección de la ropa al índice WBGT:

T _{nwb} :	25,3 °C, de temperatura húmeda
T _g :	46,9 °C, de temperatura globo
T _a :	35,0 °C, de temperatura de aire

$$\text{WBGT} = (0,7 \times 25,3) + (0,2 \times 46,9) + (0,1 \times 35,0) = 17,71 + 9,38 + 3,5 = 30,59$$

Dado que el CAV es 0, como hemos indicado anteriormente, el índice WBGT efectivo (WBGT_{eff}) se calcula como:

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

$$\text{WBGT}_{\text{eff}} = \text{WBGT} + \text{CAV} = 30,59 + 0 = 30,59 \text{ °C}$$

7.7.1. Interpretación de los Resultados

El índice WBGT efectivo se compara con el valor límite de WBGT que indica la norma en función de la carga metabólica y la aclimatación. Para evaluar el riesgo de estrés térmico, se ha calculado el índice WBGT efectivo.

De acuerdo con la normativa, el valor límite WBGT se establece en función del consumo metabólico, es decir, la cantidad de energía que un trabajador emplea en su actividad. Para tareas que implican un consumo metabólico bajo, el límite de exposición es de 30 °C para trabajadores aclimatados. En actividades con un consumo metabólico moderado, este límite desciende a 28 °C, debido al mayor esfuerzo físico requerido y el consecuente aumento de calor corporal.

Consumo metabólico (W)	WBGT Personal aclimatado
Consumo metabólico bajo	30 °C
Consumo metabólico moderado	28 °C

La siguiente tabla presenta los valores obtenidos para las diferentes zonas de trabajo de la empresa VIVEROS, S.L., destacando que, en casi todas las actividades, el WBGT efectivo excede los valores límite WBGT establecidos para cada tipo de actividad. Esto indica que los trabajadores en la mayoría de las áreas están sometidos a niveles de estrés térmico por encima de los parámetros seguros para su salud, como se detalla a continuación:

Zona de trabajo	WBGT efectivo	Valor límite WBGT
Riego de plantas exterior	30,59 °C	28 °C (clase 2)
Riego de plantas interior	32,5 °C	30 °C (clase 1)
Caja	32,3 °C	30 °C (clase 1)
Arreglos	27,0 °C	30 °C (clase 1)

Los resultados muestran que las actividades de riego de plantas al aire libre alcanzan un WBGT efectivo de 30,59 °C, superando el valor límite de 28 °C para una carga metabólica moderada. Esto implica que los trabajadores que realizan tareas de riego en exteriores están expuestos a un riesgo elevado de sufrir estrés térmico, especialmente en días de alta radiación solar.

En el caso del riego de plantas en interiores y la zona de trabajo de caja, el WBGT efectivo es de 32,5 °C y 32,3 °C respectivamente, ambos por encima del límite de 30 °C para tareas de bajo consumo metabólico. Estos valores indican que incluso en áreas de menor esfuerzo físico, los trabajadores se ven expuestos a condiciones de calor que representan un riesgo significativo para su salud.

Finalmente, en la zona de arreglos se registró un WBGT efectivo de 27,0 °C, por debajo del límite de 30 °C para actividades de bajo consumo metabólico, lo que indica que, en este caso, las condiciones térmicas son aceptables.

Conclusión de los resultados

Estos resultados confirman la existencia de un riesgo de estrés térmico en la mayoría de las tareas evaluadas, tanto en interiores como en exteriores, y sugieren que las condiciones ambientales en estas áreas sobrepasan los límites establecidos para garantizar la seguridad térmica de los trabajadores. Esto subraya la necesidad de implementar medidas preventivas para reducir el riesgo de estrés térmico. Dichas podrían incluir la mejora de la ventilación en las zonas interiores, la instalación de sistemas de sombra en exteriores, la implementación de medidas de descanso adicionales, la provisión de agua potable en abundancia y la rotación de tareas en función de las condiciones de temperatura.

La identificación de estas condiciones en el vivero permite optimizar la planificación de tareas para minimizar la exposición a los riesgos térmicos y proteger la salud de los trabajadores.

7.8. Criterios legales de valoración

7.8.1. Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

Artículo 3. Definición.

La evaluación de los riesgos laborales es el proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para que el empresario esté en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y, en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse.

Cuando de la evaluación realizada resulte necesaria la adopción de medidas preventivas, deberán ponerse claramente de manifiesto las situaciones en que sea necesario:

- a) Eliminar o reducir el riesgo, mediante medidas de prevención en el origen, organizativas, de protección colectiva, de protección individual, o de formación e información a los trabajadores.
- b) Controlar periódicamente las condiciones, la organización y los métodos de trabajo y el estado de salud de los trabajadores.

Artículo 4. Contenido general de la evaluación.

La evaluación inicial de los riesgos que no hayan podido evitarse deberá extenderse a cada uno de los puestos de trabajo de la empresa en que concurren dichos riesgos. Para ello, se tendrán en cuenta:

- a) Las condiciones de trabajo existentes o previstas, tal como quedan definidas en el apartado 7 del artículo 4 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- b) La posibilidad de que el trabajador que lo ocupe o vaya a ocuparlo sea especialmente sensible, por sus características personales o estado biológico conocido, a alguna de dichas condiciones.

Artículo 5.3. Procedimiento.

Cuando la evaluación exija la realización de mediciones, análisis o ensayos y la normativa no indique o concrete los métodos que deben emplearse, o cuando los criterios de evaluación contemplados en dicha normativa deban ser interpretados o precisados a la luz de otros criterios de carácter técnico, se podrán utilizar, si existen, los métodos o criterios recogidos en:

- a) Normas UNE.
- b) Guías del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, del Instituto Nacional de Silicosis y protocolos y guías del Ministerio de Sanidad y Consumo, así como de Instituciones competentes de las Comunidades Autónomas.
- c) Normas internacionales.
- d) En ausencia de los anteriores, guías de otras entidades de reconocido prestigio que proporcionen un nivel de confianza equivalente

7.8.2. Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo

Artículo 7. Condiciones ambientales.

1. La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deberá suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores. A tal fin, dichas condiciones ambientales y, en particular, las condiciones termo higrométricas de los lugares de trabajo deberán ajustarse a lo establecido en el anexo III.
2. La exposición a los agentes físicos, químicos y biológicos del ambiente de trabajo se regirá por lo dispuesto en su normativa específica.

7.8.3. UNE-EN ISO 7243:2017 – Índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)

Evaluación del estrés térmico mediante el índice WBGT

Definición: La norma establece el cálculo del índice WBGT, que evalúa la carga térmica considerando temperatura, humedad, radiación solar y velocidad del aire.

- WBGT sin carga solar: Se aplica en ambientes cerrados o sin exposición solar directa.
- WBGT con carga solar: Se usa en ambientes abiertos con exposición solar, ajustando la medición a la radiación directa.

Valores de referencia: En el Anexo A, indican los límites de exposición según la intensidad del trabajo (leve, moderada, o intensa), para la implementación de medidas preventivas cuando se detecta un riesgo térmico

Determinación de los efectos de la ropa en la exposición térmica

La ropa que llevan los trabajadores puede influir significativamente en la carga térmica, aumentando o disminuyendo el riesgo de estrés térmico. La normativa recomienda ajustar el índice WBGT teniendo en cuenta el nivel de aislamiento térmico de la ropa de trabajo. El anexo F de la norma UNE-EN ISO 7243:2017 especifica los ajustes necesarios en función del tipo y cantidad de ropa.

7.8.4. UNE-EN ISO 8996:2005. Cálculo del consumo metabólico

La norma UNE-EN ISO 8996:2005 permite calcular el consumo metabólico o calor generado por el trabajador en función de la actividad física realizada. Este cálculo es esencial para ajustar la valoración del índice WBGT, teniendo en cuenta el esfuerzo físico que cada tarea exige.

7.8.5. Normas adicionales empleadas en la elaboración del informe.

Para la elaboración de este informe se han considerado, además, la NTP 1189 (Evaluación del riesgo de estrés térmico: Índice WBGT) y la NTP 322 (Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT). Estas notas técnicas proporcionan directrices adicionales sobre la evaluación y control del estrés térmico en entornos laborales, complementando las normativas mencionadas con recomendaciones prácticas para la valoración del riesgo y la implementación de medidas preventivas efectivas en situaciones de exposición a calor.

7.9. Medidas preventivas a adoptar

Tras la evaluación y medias el índice WBGT, los resultados indican que el personal del vivero está expuesto a condiciones de calor que representan un riesgo significativo para

su salud y seguridad laboral. A continuación, se propone implementar una serie de medidas preventivas estructuradas en cuatro áreas: medidas técnicas, organizativas, individuales y de protección especial para trabajadoras embarazadas.

Las mediciones realizadas en las distintas zonas de trabajo han identificado un riesgo inaceptable en cuatro áreas específicas donde se desarrollan las tareas habituales. En estas zonas, el índice WBGT efectivo excede los valores límite WBGT establecidos para cada tipo de actividad.

En base a los resultados obtenidos en los puestos de trabajo evaluados, se concluye que existe una situación de no conformidad que requiere la adopción de medidas correctoras. Posteriormente, será necesario repetir el procedimiento de medición para verificar la efectividad de las medidas adoptadas.

Medidas técnicas

Instalación de sistemas de ventilación y climatización: Asegurar una adecuada ventilación en áreas interiores, como las zonas interiores de riego y embalaje, mediante sistemas de enfriamiento, extractores de aire o ventiladores industriales, para la reducción de la acumulación de calor.

Creación de zonas de sombra en exteriores: En las áreas de trabajo al aire libre, se recomienda habilitar estructuras de sombra para reducir la exposición directa a la radiación solar.

Uso de materiales reflectantes e aislantes: Cuando sea viable, incorporar materiales que reduzcan la absorción de calor en techos, invernaderos y otras estructuras, limitando así el aumento de temperatura en las instalaciones.

Instalación de puntos de hidratación: Disponer de áreas de fácil acceso con agua potable en varias ubicaciones estratégicas de la empresa.

Aclimatación: Implementar un programa que permita a los trabajadores adaptarse progresivamente a las condiciones de calor.

Medidas organizativas

Establecimiento de pausas programadas: Planificar tiempos de descanso regulares en áreas frescas y sombreadas. Se recomienda implementar descansos más frecuentes durante las horas de máxima exposición al calor, por ejemplo, tomar descansos cortos (2-5 minutos cada hora) para reducir riesgos sin afectar la productividad.

Rotación de tareas y turnos: Se aconseja alternar las tareas al aire libre con tareas en zonas menos calurosas o sombreadas. También puede ajustarse la carga de trabajo y la duración de las jornadas en función de las condiciones climáticas.

Cambio de horario laboral: Ajustar los horarios de trabajo para evitar las horas de mayor calor, trabajando en las horas más frescas del día, y cuando no sea posible adoptar este tipo de medidas en las que la empresa no pueda garantizar la seguridad y

salud de sus equipos en situaciones de alertas meteorológicas podrá incluso suspender la actividad laboral.

Formación específica: Capacitar a los trabajadores para que comprendan los riesgos del estrés térmico, los síntomas iniciales de un golpe de calor y las medidas de autoprotección. Asimismo, se recomienda formar sobre la importancia de la hidratación continua y la identificación temprana de síntomas de fatiga térmica.

Medidas individuales

Dispositivos de monitoreo térmico: Implementar el uso de pulseras inteligentes que detecten variaciones en la temperatura corporal y alerten a los trabajadores cuando el riesgo de golpe de calor sea elevado. Este sistema es particularmente útil para trabajadores con exposición prolongada al sol.

Ropa de protección adecuada: Recomendar el uso de vestimenta transpirable, ligera y de colores claros. En exteriores proteger la cabeza y usar ropa suelta transpirable, ligera y de manga larga.

Hidratación constante: Establecer pausas para fomentar la hidratación a intervalos frecuentes, incluso cuando no se tenga sensación de sed.

Medidas especiales para trabajadoras embarazadas

Evaluación y adaptación de las condiciones laborales: Ante la confirmación de embarazo, evaluar las tareas asignadas y las condiciones ambientales. En caso de identificar riesgos significativos de estrés térmico, el empresario deberá ajustar la actividad de la trabajadora o reubicarla en zonas de menor exposición al calor.

Procedimiento de baja por riesgo durante el embarazo: En cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales en España, si no es posible adecuar las condiciones laborales para garantizar la seguridad de la trabajadora embarazada y del feto, se deberá activar el procedimiento de baja por riesgo durante el embarazo

8. CONCLUSIONES

En conclusión, este trabajo ha puesto de manifiesto la importancia crítica de la prevención del estrés térmico en el entorno laboral. La exposición a condiciones de calor extremo representa un riesgo significativo para la salud y seguridad de los trabajadores, especialmente en entornos laborales como el sector agrícola, donde las condiciones climáticas pueden ser extremas, y es fundamental abordar este desafío mediante la implementación de medidas preventivas adecuadas.

A través del análisis de los resultados obtenidos, se ha comprobado que el índice WBGT efectivo en diversas áreas de trabajo supera los valores límite establecidos, lo que indica un riesgo inaceptable de estrés térmico. Esto subraya la necesidad de proponer medidas que incluyan la mejor de la ventilación, la creación de zonas de sombra y el

establecimiento de pausas programadas para la hidratación. La implementación de estas medidas es esencial para garantizar la salud de los trabajadores y minimizar los riesgos asociados al calor. Esta situación no solo pone en riesgo el bienestar físico de los trabajadores, sino que también puede afectar su rendimiento laboral y la productividad de la empresa.

Asimismo, este estudio ha resaltado la importancia de considerar a los colectivos vulnerables, como las trabajadoras embarazadas, personas mayores, etc., quienes pueden enfrentar riesgos adicionales debido al estrés térmico. La normativa vigente en materia de prevención de riesgos laborales establece la necesidad de activar procedimientos específicos de protección en casos donde las condiciones laborales puedan comprometer la salud de estos colectivos, lo que enfatiza aún más la urgencia de adoptar medidas correctivas

A pesar de la existencia de legislación en materia de salud laboral, como el Real Decreto 486/1997, que establece los requisitos mínimos en cuanto a las condiciones térmicas en los lugares de trabajo, su aplicación efectiva en entornos como los viveros se complica. Las condiciones climatológicas adversas y la variabilidad de las cargas de trabajo hacen que sea un desafío proponer soluciones universales que se ajusten plenamente a la normativa. Además, la implementación de sistemas de climatización puede no ser suficiente para mitigar los efectos del calor extremo, lo que refuerza la necesidad de adoptar un enfoque multifacético que combine medidas técnicas, organizativas e individuales.

En este contexto, se hace imperativo implementar un plan de acción que incluya la formación continua de los trabajadores sobre los riesgos del estrés térmico, la promoción de prácticas de hidratación y aclimatación, y la revisión periódica de las evaluaciones de riesgo. Al adoptar estas medidas, las empresas no solo cumplen con las obligaciones legales, sino que también fomentan una cultura de prevención que beneficia a todos los empleados.

En resumen, la gestión del estrés térmico es un tema delicado que requiere atención continua y un compromiso activo por parte de empresarios y trabajadores. La creación de un entorno laboral seguro y saludable no solo beneficia a los trabajadores, sino que también contribuye a un mejor rendimiento y eficiencia en el trabajo. La concienciación y formación continua, junto con la implementación de medidas preventivas adecuadas, son esenciales para abordar este riesgo laboral de manera efectiva y garantizar la salud y seguridad de todos los trabajadores.

9. BIBLIOGRAFIA

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL). (1995). *BOE-A-1995-24292*. Boletín Oficial del Estado. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1995-24292>.

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. (1997). *Reglamento de los Servicios de Prevención*. BOE-A-1997-856. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-856>.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. (1997). *Por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo*. Boletín Oficial del Estado, BOE-A-1997-8669. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-8669>.

INSST. (n.d.). *NTP 1.189: Evaluación del riesgo de estrés térmico: Índice WBGT*. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. <https://www.insst.es>.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2023). *NTP 922: Evaluación del riesgo de estrés térmico*. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Recuperado de <https://www.insst.es/documents/94886/328579/922w.pdf>.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (n.d.). *NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico: Índice WBGT*. Recuperado de https://herramientasprl.insst.es/higiene/estres-termico-indice-wbgt/contenido/253/tabs/tabs-nav/tab_0.

UNE-EN ISO 7243:2017. (2017). *Sistemas de evaluación del estrés térmico en el trabajo basado en el índice WBGT (Temperatura de bulbo húmedo global)*. Asociación Española de Normalización.

UNE-EN ISO 8996:2021. (2021). *Determinación de la tasa metabólica (ISO 8996:2021)*. Ratificada por la Asociación Española de Normalización en febrero de 2022.

Boletín Oficial del Estado (BOE). (2023). *Real Decreto-Ley 4/2023, de 11 de mayo, sobre condiciones ambientales en trabajos al aire libre*. Boletín Oficial del Estado, 2023. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2023/BOE-A-2023-11187-consolidado.pdf>.

AEMET. (2024). *Informe sobre el índice de calor de 2023*. Agencia Estatal de Meteorología. https://www.aemet.es/es/noticias/2024/05/iac_2023_AEMET.

Ministerio de Trabajo y Economía Social. (2023). *Accidentes laborales por golpe de calor en 2023*. https://www.mites.gob.es/es/estadisticas/condiciones_trabajo_relac_laborales/EAT/welc_ome.htm.

Ministerio de Trabajo, Economía Social y Seguridad Social. (n.d.). *Estadísticas sobre las condiciones de trabajo y riesgos laborales*. Recuperado de https://www.mites.gob.es/es/estadisticas/condiciones_trabajo_relac_laborales/EAT/welc_ome.htm#.

Ministerio de Sanidad. (2024). *Riesgos de altas temperaturas en el trabajo*. Recuperado de <https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/riesgosAmbientales/temperaturasExtremas/planAltasTemperaturas/2024/nivelesRiesgo.htm>.

Directiva 89/391/CEE del Consejo. (1989). *Relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo*. Diario Oficial de la Unión Europea. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A31989L0391>.

INE. (2023). *Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo*. Instituto Nacional de Estadística. <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=65353>.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (n.d.). *Datos sobre riesgos térmicos y su incidencia en la salud laboral*. Recuperado de <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=65353>.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (n.d.). *Riesgos físicos: Ambiente térmico*. Recuperado de <https://www.insst.es/materias/riesgos/riesgos-fisicos/ambiente-termico>.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (n.d.). *Golpe de calor y otras patologías relacionadas con el calor*. Recuperado de <https://www.insst.es/documentacion/espacio-monotematico/golpe-de-calor>.

Público. (2023, agosto 8). *No solo los golpes de calor matan: La exposición prolongada al calor también es letal*. Público. Recuperado de <https://www.publico.es/economia/no-golpes-calor-matan-exposicion-prolongada.html#:~:text=Los%20datos%20del%20Ministerio%20de,los%20datos%20del%20a%C3%B1o%20anterior>.

Instituto Nacional de la Seguridad Social. (2020). *Guía de riesgo en el embarazo* (3.^a ed.). Recuperado de https://www.seg-social.es/wps/wcm/connect/wss/e91e61c5-7559-4ce9-9440-a4bfe80e1df2/GU%C3%8DA+RIESGO+EMBARAZO_on+line_3%C2%AA+E.pdf?MOD=AJPERES

Lefebvre, S. (2023). *En España, el 25% de trabajadores están expuestos al riesgo de calor*. Lefebvre. <https://lefebvre.es/esg/social/en-espana-el-25-de-trabajadores-estan-expuestos-al-riesgo-de-calor>.

Mutua Balear. (n.d.). *Temperaturas extremas y su impacto en la salud laboral*. Recuperado de <https://www.mutuabalear.es/es/temperaturas-extremas>.

QUESTempo modelos 34/36. (n.d.). *Guía de inicio rápido*. Intecon. Recuperado de <https://intecon.es/collections/todos-nuestros-productos/products/questemp-32-34-36>.