



OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES DE ENERGÍA EÓLICA: información para la detección de riesgos ergonómicos y de estrés térmico



FINANCIADO POR:

CON LA COLABORACIÓN DE:



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO, MIGRACIONES
Y SEGURIDAD SOCIAL



FUNDACIÓN
ESTATAL PARA
LA PREVENCIÓN
DE RIESGOS
LABORALES, F.S.P.

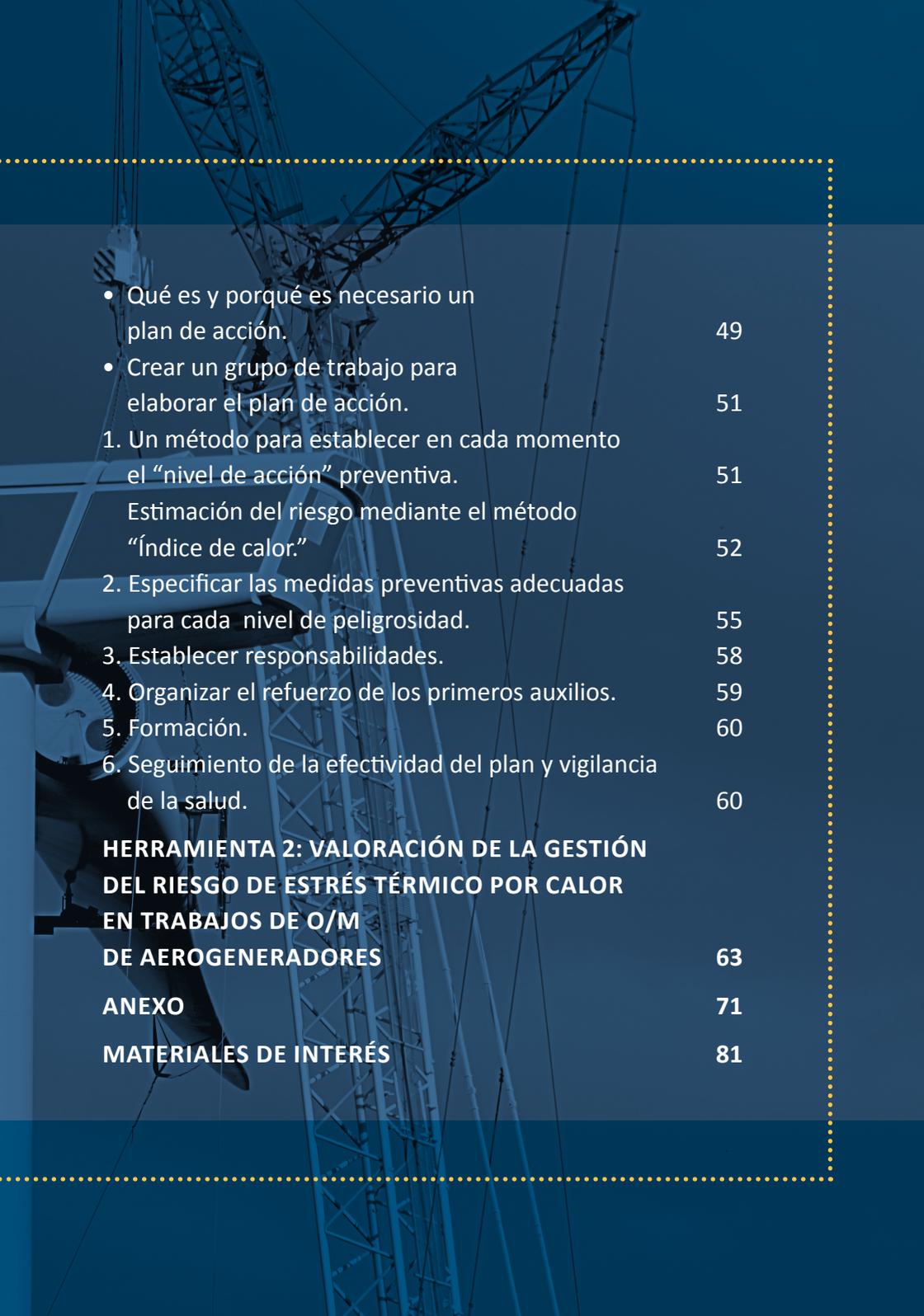


istas



COD. ACCIÓN: AS2017-0064

INTRODUCCIÓN	5
• Características del sector eólico que afectan a la salud laboral.	10
- Objetivos y contenidos de esta publicación.	13
EL ESTRÉS TÉRMICO	17
• El calor metabólico.	19
• El calor ambiental.	20
• Ropa y equipos de protección individual.	21
LA RESPUESTA CORPORAL ANTE EL ESTRÉS TÉRMICO	25
• Las enfermedades por calor.	25
- El golpe de calor.	26
- La deshidratación.	29
• Alteraciones de la salud a largo plazo por exposición a altas temperaturas.	31
• Riesgo químico y altas temperaturas	32
• Aclimatación y condiciones individuales.	33
EL ESTRÉS TÉRMICO EN LAS TAREAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (O/M) DE AEROGENERADORES	37
HERRAMIENTA 1: PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN PLAN DE ACCIÓN PARA EPISODIOS DE ALTAS TEMPERATURAS AMBIENTALES	49

- 
- Qué es y porqué es necesario un plan de acción. 49
 - Crear un grupo de trabajo para elaborar el plan de acción. 51
 - 1. Un método para establecer en cada momento el “nivel de acción” preventiva. 51
 - Estimación del riesgo mediante el método “Índice de calor.” 52
 - 2. Especificar las medidas preventivas adecuadas para cada nivel de peligrosidad. 55
 - 3. Establecer responsabilidades. 58
 - 4. Organizar el refuerzo de los primeros auxilios. 59
 - 5. Formación. 60
 - 6. Seguimiento de la efectividad del plan y vigilancia de la salud. 60

HERRAMIENTA 2: VALORACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR EN TRABAJOS DE O/M DE AEROGENERADORES 63

ANEXO 71

MATERIALES DE INTERÉS 81

Edita: ISTAS – CCOO

Diseño y maquetación: EDIPAG

Depósito legal: V2644-2018

Esta guía se ha realizado al amparo de la convocatoria de la FEPRL, FSP en el marco de la acción Operación y mantenimiento de instalaciones de ENERGIA EÓLICA: Información para la detección de riesgos ergonómicos y de estrés térmico (AS2017-0064).

Agradecemos la participación de José Ignacio Serrano Vellosillo y a Peru Lozano García en la elaboración de esta guía.



1

INTRODUCCIÓN

La aplicación de la Ley de Prevención de Riesgos en las actividades de operación y mantenimiento de los aerogeneradores (O/M) representa un reto pues muchas de las actividades que se realizan entrañan peligros muy graves, característica que comparte con otros sectores energéticos.

El [RD 1644/2008 por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas](#), contiene un Anexo con los Requisitos esenciales de seguridad y de salud relativos al diseño y la fabricación de las máquinas. Allí se especifica que los equipos deben construirse de modo que se minimicen los riesgos para los operadores y trabajadores de mantenimiento de las máquinas. Dichos requisitos mencionan expresamente los aspectos ergonómicos orientados a reducir al mínimo posible la molestia, la fatiga y el estrés físico y psíquico del operador.

A día de hoy, sin embargo, muchos aerogeneradores no reúnen esos requisitos, dando lugar a los graves y diversos riesgos para la salud y la seguridad en los trabajos de operación y mantenimiento. Algunos aerogeneradores son “antiguos”: la expansión temprana de la energía eólica en España hace que estén activos muchos aerogeneradores cuyas características como lugares de trabajo en los que se ha de realizar tareas de mantenimiento resultan especialmente deficientes. Los equipos más modernos, por otra parte, suponen importantes mejoras en algunos aspectos: al ser todos sus componentes de mayor tamaño los espacios para el trabajo de los técnicos son más amplios, por lo que ya no se requieren posturas tan forzadas como en los antiguos para realizar el trabajo.¹

¹Se ha anunciado en varias ocasiones que se trabaja en la modificación de la norma UNE sobre diseño de aerogeneradores, que data del año 2004 (UNE UNE-EN 50308:2005. Aerogeneradores. Medidas de protección. Requisitos para diseño, operación y mantenimiento) que contendría requisitos de diseño para facilitar el trabajo de mantenimiento. En ese caso, sería importante que contenga requisitos orientados a reducir decididamente el esfuerzo físico y la exposición al calor ambiental.

Sin embargo, en los nuevos modelos no han desaparecido los problemas ergonómicos: el trabajo en los aerogeneradores “nuevos” sigue siendo muy exigente físicamente. Respecto a la exposición a estrés térmico, el nivel de riesgo puede ser mayor que en los equipos antiguos si se tiene en cuenta que muchas nacelles antiguas se podían abrir para dejar entrar el aire fresco mientras que las más modernas ya no lo permiten.

El ascenso a las góndolas, situadas generalmente entre los 60 y los 100 metros, se hace muchas veces sin elevadores, por el hecho de que no en todos los equipos se instalan para reducir costes o porque están fuera de servicio, por avería. A día de hoy, no existe exigencia normativa relativa a que los aerogeneradores estén provistos de elevadores; éstos se consideran sistemas de “confort” y no un sistema vital para la reducción de riesgos laborales. En algunos equipos, en lugar de elevadores se instalan “ayudadores”, que solo reducen el esfuerzo de la subida aproximadamente a la mitad. A efectos de estrés térmico, también es importante señalar que los equipos modernos no necesariamente mejoran el aislamiento que ofrecen sus paredes frente al calentamiento derivado de la radiación solar, que se convierte en un factor fundamental de estrés térmico en el interior.

Por otra parte, la normativa que regula la utilización de los equipos de trabajo ([Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo](#)) hace recaer sobre el empresario usuario de estos la obligación de evaluar los riesgos derivados de la operación y el mantenimiento, contemplando todos los riesgos presentes, incluidos los aspectos ergonómicos. El mencionado RD impone a los empresarios la obligación de reducir los riesgos derivados de las posturas forzadas, los movimientos repetitivos, la manipulación manual, etc. Sin embargo, en la realidad, estos requisitos se consideran muchas veces “de confort”, en lugar de “de salud” y a veces erróneamente se consideran contrapuestos a los requisitos “de seguridad”.

Hay que tener en cuenta que muchas veces las tareas de O/M son realizadas por trabajadores de contratistas externas. Tras la instalación, el mantenimiento suele estar a cargo del fabricante o de una empresa del grupo fabricante de los equipos. Transcurrido el periodo de garantía, la O/M puede ser contratada a empresas externas especializadas en el mantenimiento de plantas eólicas,

actuando como contratistas. En ese sentido, se debe aplicar además de las anteriores, la obligación de Coordinación de Actividades Empresariales ([Real Decreto 171/2004](#)), y el supuesto de lo que se conoce por propia actividad, por la que la empresa propietaria tiene que ejercer, respecto a las empresas contratistas, los deberes de vigilancia, de información, control y cooperación. En concreto, la normativa obliga a que las contratistas reciban información acerca de los riesgos y a coordinar la gestión preventiva en los lugares de trabajo, con participación de los representantes de los trabajadores de las distintas empresas.

Los técnicos de O/M empleados por las contratistas desempeñan sus tareas en aerogeneradores con características muy diversas atendiendo al fabricante, modelo y antigüedad del equipo. La variedad conduce a que las condiciones de salud y seguridad sean muy cambiantes, lo que incrementa el riesgo, tomando en cuenta que la mayor parte de los riesgos laborales del trabajo de O/M de aerogeneradores derivan de su diseño.

La empresa empleadora de los técnicos de O/M, en cualquiera de los casos, tiene obligación de proteger su salud y seguridad. Esto se deriva de la obligación de los empleadores de proteger la salud, en toda situación y lugar de trabajo (ver artículo 14.1 de la [Ley de Prevención de Riesgos Laborales](#)).

Para ello la empresa empleadora ha de identificar y evaluar los riesgos del puesto, incluyendo el de estrés térmico, aún cuando solo pueda aparecer cuando las situaciones ambientales externas sean extremas, y adoptar las medidas que sean necesarias para eliminarlos o reducirlos.²

El [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 que cuando las condiciones ambientales puedan suponer exposiciones a estrés térmico, debe evaluarse el riesgo, para proceder a implantar medidas preventivas y protectoras.³

² Sobre métodos de evaluación de riesgos, es importante tener en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de los Servicios de Prevención, especialmente en el [Artículo 5. Procedimiento](#).

³ El apartado 3 del Anexo III del Real Decreto 486/1997 sobre Lugares de trabajo establece que la temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficina o similares estará comprendida entre 17 y 27°C. Y que la temperatura de los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25°C. Respecto a la humedad relativa, establece que debe estar comprendida entre 30 y 70%, excepto en los locales donde exista riego de electricidad estática que el límite inferior será el 50%. La Guía Técnica indica que cuando la temperatura y/o humedad de los locales cerrados o de los espacios al aire libre excedan esos valores de referencia, o en los puestos de trabajo en los que se realizan trabajos intensos, se debe evaluar el riesgo de estrés térmico siempre, sean cuales sean las condiciones ambientales, y se use o no ropa de protección.

En los trabajos de operación y mantenimiento de aerogeneradores se han registrado accidentes graves y mortales, a nivel nacional e internacional, relacionados con diversos factores: la circulación con vehículos por caminos en mal estado dentro del parque, trabajos en altura, contactos eléctricos, incendios, desplomes, atrapamientos, espacios confinados, etc. Además el sector registra enfermedades relacionadas con el trabajo, principalmente musculoesqueléticas.

Estos datos están documentados a nivel internacional, tal como se expresa en un Informe encargado por la autoridad europea. Allí se señala muy diversas características de las condiciones de trabajo que crean situaciones peligrosas en esta actividad. En dicho estudio se señala la importancia del esfuerzo físico de muchas tareas de operación y mantenimiento así como la demanda física para los trabajadores de mayor edad, observando que si no se adaptan las demandas físicas del trabajo estos tenderán a autoexcluirse del sector, privándolo de los trabajadores más experimentados. Sin embargo, apenas hace una mención respecto al riesgo de estrés térmico por calor, y que resulta un aspecto fundamental de las condiciones de trabajo en nuestras latitudes.⁴

Tampoco ninguna de las tres Notas Técnicas de Prevención publicadas por nuestro Instituto Nacional sobre el trabajo de Operación y Mantenimiento (en adelante O/M) de aerogeneradores ha abordado el problema del estrés térmico, más allá de una mención superficial.⁵

En general, las estadísticas de siniestralidad no reflejan adecuadamente el impacto del calor ambiental en la salud de los trabajadores y de las trabajadoras, por varias razones. La respuesta del cuerpo humano a los ambientes calurosos es compleja; incluye cambios fisiopatológicos sutiles, lo que hace poco probable que se las tome en cuenta en los análisis de los accidentes de trabajo.⁶ Del

⁴ European Agency for Safety and Health at Work (2013) Occupational safety and health in the wind energy sector. Report. Bilbao Disponible en: <https://osha.europa.eu/es/tools-and-publications/occupational-safety-and-health-in-the-wind-energy-sector>

⁵ NTP 1022 Aerogeneradores (I): funcionamiento y marco normativo de prevención de riesgos laborales <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/1008a1019/ntp-1022w.pdf>

NTP 1023 Aerogeneradores (II): Riesgos laborales en las operaciones de mantenimiento <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/1008a1019/ntp-1023w.pdf>

NTP 1024 Aerogeneradores (III): Medidas de prevención y protección durante el mantenimiento. <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/1008a1019/ntp-1024w.pdf>

⁶ Para un estudio que correlaciones los accidentes de trabajo y las temperaturas ambientales, ver Martínez-Solanas, È., López-Ruiz, M., Wellenius, G. A., Gasparrini, A., Sunyer, J., Benavides, F. G., & Basagaña, X. (2018). Evaluation of the Impact of Ambient Temperatures on Occupational Injuries in Spain. Environmental Health Perspectives, 126(6), 067002. <http://doi.org/10.1289/EHP2590>

mismo modo, no es raro que los diagnósticos médicos no tomen en cuenta las exposiciones laborales por lo que las enfermedades por calor tienden a ser clasificadas bajo otros epígrafes. Así, no se notifican adecuadamente ni como accidentes de trabajo ni como enfermedades profesionales, pues los eventos se registran bajo otros epígrafes.⁷

Este hecho, además, da lugar a una falta de conciencia pública sobre las muchas maneras en que la exposición a estrés térmico puede contribuir a la muerte, enfermedad o lesión, que favorece también la desatención de este riesgo en el medio laboral.

El puesto, debido a factores de diseño, tiene unos requerimientos físicos muy exigentes sobre el sistema musculoesquelético. Una buena parte de los técnicos de O/M que integran las plantillas se incorporaron muy jóvenes y están llegando ahora a los 40 años con una historia de esfuerzos repetidos, especialmente sobre las rodillas, que parece estar teniendo un impacto en el “envejecimiento prematuro” de sus articulaciones. El impacto de las condiciones ergonómicas sí se ha puesto de manifiesto en distintos contextos. Por ejemplo, la citada publicación europea señala que el esfuerzo requerido hace que los trabajadores, en mercados de trabajo con menos paro, se retiren del sector tras un periodo de pocos años. Respecto a España, en las jornadas celebrada en febrero de 2017 por la Asociación de Mantenimiento de Energías Renovables (AEMER), se expuso la importancia de los accidentes de trabajo que resultan en lesiones sobre el sistema musculo-esquelético, especialmente por sobreesfuerzos físicos. Allí también se apuntó que la duración media de la baja y de los días perdidos asociados a estos factores se ha multiplicado en los tres últimos años, llegando a triplicarse los días perdidos. Como causa, se señaló “el progresivo envejecimiento de los empleados” apuntando a los “mayores de 40 años”, que tienen el mayor nivel de incidencia.⁸

Por otra parte, la dureza de los requisitos físicos puede haber llevado a la preferencia empresarial por la contratación de varones, pues actualmente esta es una ocupación casi totalmente masculinizada.

⁷ Narocki C (2016). INFORME: SINIESTRALIDAD RELACIONADA CON LA EXPOSICIÓN A ALTAS TEMPERATURAS DURANTE EL AÑO 2015. ISTAS, Con la financiación de la FPRL, DI- 0006/2015 Disponible en <http://www.istas.ccoo.es/descargas/Informe%20siniestralidad%20laboral%20altas%20temperaturas.pdf>

⁸ Recuperado de <https://www.energias-renovables.com/eolica/a-los-trabajadores-de-mantenimiento-eolico-cumplir-20170227> y en <https://aemer.org/jornadas-y-eventos-aemer/mesa-debate-jornada-evaluacion-riesgos-laborales-aemer-2017/>

Según la guía para reconocimientos médicos publicada por la asociación *RenewableUK*, además, de una buena capacidad auditiva y visual, para el puesto de técnico de O/M se requieren reunir condiciones de máxima agilidad, flexibilidad física para trabajar en posturas forzadas, y máxima capacidad cardiorespiratoria y musculoesquelética que les permita realizar grandes esfuerzos físicos, como subir repetidamente escaleras muy altas -a veces, por encima de 100 metros-, o poder, eventualmente, cargar a un colega en caso de necesidad de auxilio; además señalan que tienen que poder soportar condiciones de calor intenso.⁹

Características del sector eólico que afectan a la salud laboral

El sector eólico es una industria relativamente joven y en crecimiento. Durante los últimos 30 años la producción de energía eólica ha consolidado su espacio como parte importante de la industria energética y como fuente de empleo. Es un sector en rápido crecimiento a nivel mundial. Por una parte, representa una de las respuestas a la necesidad de alternativas a las energías fósiles, y así reducir la emisión de gases de efecto invernadero y de contaminantes en general. Otra razón es que la energía eólica contribuye a reducir la dependencia respecto de las importaciones energéticas. Por otra parte, la energía eólica ya es un negocio muy asentado. La producción de energía eólica ha ido expandiendo su espacio como parte fundamental de la industria energética en España. En nuestro país están instaladas, o incluso tienen su origen, las principales firmas fabricantes de estos equipos a nivel mundial. En 2016 la eólica llegó a ser la segunda tecnología en el sistema eléctrico español, con una cobertura de la demanda eléctrica del 19,3%. En 2017 representó el 22,2% del total de la capacidad instalada en el conjunto nacional y el 18,2% de la generación eléctrica de ese ejercicio. Ese mismo año, la eólica representó la primera fuente de energía renovable, y más de la mitad de la potencia instalada peninsular (56,7%). Es además, la segunda fuente generadora después de la nuclear.

La potencia eólica instalada en España se concentra principalmente en cuatro Comunidades Autónomas: Castilla y León (con más de un 24% de toda la potencia nacional), seguida de Castilla-La Mancha, Galicia y Andalucía. En conjunto, en estas cuatro comunidades se ubica el 70% de la potencia instalada.

⁹ RenewableUK (2013). Medical Fitness to Work – Wind Turbines. Guidelines for near offshore and land based projects Health and Safety. Disponible en www.RenewableUK.com

El sector opera en un mercado globalizado en el que las grandes empresas fabricantes compiten ofreciendo la mejor relación coste-efectividad, que en este sector se traduce en mejores precios por megavatio instalado y producido. En este sentido, en la instalación se ofrece mejores precios y plazos más breves entre la instalación y la puesta en marcha. Las empresas fabricantes de aerogeneradores ofrecen un periodo de mantenimiento que suele ser de dos años, a veces con un plus en el contrato que garantiza la disponibilidad de las maquinas de un 95%. Una vez terminado ese periodo, se negocia la ampliación del contrato de mantenimiento; o bien se finaliza, y la empresa dueña del parque contrata con otra empresa; muy raramente algunas empresas desarrollan las tareas de operación y mantenimiento por su cuenta.

La ventaja competitiva que han de ofrecer las empresas de mantenimiento es la garantía de menos paradas por avería, y así el máximo de horas de funcionamiento, y a plena capacidad. Los técnicos de operación y mantenimiento cumplen un papel crucial en este aspecto y sobre ellos se crea una fuerte presión sobre su productividad.

El mercado mundial de aerogeneradores y servicios de mantenimiento hace que muchas veces los técnicos de O/M sean enviados por sus empresas a realizar trabajos en terceros países, en los que la normativa respecto a la prevención de riesgos laborales puede ser muy diferente. Además, en estas situaciones los trabajadores se ven presionados para intensificar el ritmo de trabajo, para reducir el periodo de permanencia fuera de su lugar de residencia, y así los costes.

La energía eólica se produce gracias al viento que mueve una hélice que, mediante un sistema mecánico, hace girar el rotor de un generador para producir energía eléctrica. Estos “molinos de viento” se construyen, agrupados para ahorrar costes en la conducción de la energía, en parques eólicos, emplazamientos elegidos por sus características respecto a los vientos. Los emplazamientos así elegidos, sin embargo, pueden resultar ambientes extremadamente adversos para trabajar en épocas estivales: suelen ser lugares en los que las temperaturas pueden elevarse hasta extremos, afectadas por diversos factores como, por ejemplo, la dirección del viento, la inclinación de los rayos solares, el sustrato del paraje, la latitud, la altura sobre el nivel del mar, la proximidad de masas de agua, la humedad relativa, etc.

Los servicios de operación y mantenimiento (O/M) dan empleo a trabajadores

cualificados, que realizan sus tareas con un alto nivel de autonomía. Las tareas de operación y mantenimiento incluyen monitorización, mantenimiento predictivo, preventivo, correctivo, periódico, etc. Se realizan a lo largo de la vida útil de los equipos con el objeto de lograr mayores tiempos de funcionamiento a plena capacidad, reduciendo los tiempos de parada por avería.

Para el mantenimiento se deben aplicar protocolos de actuación específicos para cada uno de los distintos modelos de aerogenerador en los que deben intervenir, y que desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, detallan principalmente aspectos de la prevención de accidentes de seguridad en las operaciones.

El control de la exposición a estrés térmico por calor es fundamental para la salud, el bienestar y la seguridad de los trabajadores en la operación y mantenimiento de aerogeneradores. El trabajo con esfuerzo físico en ambientes con alta temperatura, y/o con el uso de ropa de protección que dificulte la normal transpiración, amenaza el balance térmico corporal: el cuerpo no es capaz de eliminar el calor que se produce en su interior al realizar el trabajo, pudiendo llegar a un golpe de calor, que representa daños irreparables para el cuerpo humano.

El estrés térmico está asociado también a mayor accidentalidad al provocar malestar, pérdida de concentración, debilidad, falta de visibilidad por empañamiento de las gafas de protección; más probabilidad de accidentes con herramientas por la sudoración en las manos, etc. El estrés térmico también incrementa el riesgo tóxico.¹⁰

Son necesarias mejoras en el diseño de los aerogeneradores orientadas a reducir el estrés térmico por calor, y más si se toma en cuenta que el cambio climático está provocando que los episodios de temperaturas extremadamente altas ya no sean raros. Por el contrario, estos episodios son cada año más frecuentes, duran más días y alcanzan picos más altos; en muchas zonas de España se alcanzan condiciones ambientales altamente peligrosas para la salud y seguridad en el trabajo, además de afectar al bienestar y la productividad.

El problema se agrava porque en las evaluaciones de riesgos laborales no se suele contemplar las condiciones ambientales especialmente desfavorables que aparecen durante los episodios de calor extremo. Por el contrario,

¹⁰ Ver apartado, más adelante.

se realizan en situaciones ambientales supuestamente “representativas” subestimando así el altísimo nivel de riesgo que se puede alcanzar, en esas condiciones, durante la realización de tareas que exigen que un esfuerzo físico muy importante.

Objetivos y contenidos de esta publicación

En tanto no se desarrollen las medidas necesarias para eliminar o reducir el riesgo de estrés térmico en la etapa de diseño de los aerogeneradores, la protección de la salud de los trabajadores de O/M durante los eventos de calor extremo pasa por la gestión preventiva, especialmente necesaria durante los eventos de calor ambiental extremo.

La mayor parte de las empresas suelen tener hecha una evaluación de riesgo de estrés térmico. Sin embargo, las evaluaciones suelen concluir que este riesgo no es grave; además, suelen valorar que el esfuerzo físico en el trabajo de operación y mantenimiento es moderado. Esto resulta así del hecho de que las evaluaciones suele realizarse en situaciones ambientales que se consideran “representativas”, ignorando deliberadamente las exposiciones a situaciones mucho más peligrosas o extremas. De igual modo en la valoración del esfuerzo físico se suelen hacer mediciones sobre personas elegidas por su forma física óptima, ignorando la variabilidad individual.

En esa situación, las empresas tienden a omitir la gestión de los episodios de calor extremo, dejando que la adaptación de trabajo en estas situaciones se haga según el criterio de los propios técnicos, pero sin modificar la carga de trabajo.¹¹ En tal situación, además de incrementarse potencialmente la exposición a estrés térmico, se incrementa los riesgos derivados de la organización del trabajo.

Es por ello que se considera necesario que los delegados propongan a las empresas que elaboren, con anticipación y con la participación de los

¹¹ Se ha convertido en un hecho bastante frecuente que las empresas que tienen la obligación de contar con recursos preventivos por la peligrosidad de sus actividades, decidan dar la correspondiente formación a todos los trabajadores. Al respecto, hay que tomar en cuenta el comentario de la NTP 994: no “hay un impedimento legal o reglamentario explícito que impida dar a todos los trabajadores de la empresa la formación y cualificación necesaria para poder desarrollar tal función. No obstante lo anterior, y sin perjuicio que toda acción formativa en materia de PRL es siempre oportuna, la designación indiscriminada y generalizada carece de sentido y desvirtuaría esta figura preventiva, al convertirse todos los trabajadores en vigilantes de sí mismos, sin que ninguno tuviera la responsabilidad concreta que debe corresponder al trabajador al que el empresario asigna las funciones presenciales.”

trabajadores, un plan de acción, que pueda ser activado en situaciones ambientales peligrosas por calor. Dicho plan permitirá tener previstas actuaciones sobre los diversos factores que inciden sobre el estrés térmico, según el nivel de riesgo de cada situación.

En esta publicación se presenta, en primer lugar, un apartado que expone los factores que contribuyen al estrés térmico.

Seguidamente se presentan los efectos a la salud, así como los factores individuales y de organización del trabajo que pueden afectar al nivel de riesgo.

Más adelante, se presentan las condiciones de trabajo en el sector de la O/M de aerogeneradores que contribuyen al estrés térmico.

Luego se presenta, como primera herramienta, un esquema para la elaboración, con la participación de los trabajadores, de un plan de acción contra el estrés térmico, que permita adaptar fácilmente el trabajo a las situaciones ambientales de calor alto o extremo, sin poner en peligro la salud y seguridad. En un Anexo, se presentan dos alternativas metodológicas para establecer el nivel de acción correspondiente a distintas situaciones de exposición a estrés térmico.

Seguidamente, se aporta la segunda herramienta, orientada a la valoración de la gestión del riesgo de estrés térmico en el puesto de trabajo de O/M que puede servir para la mejora continua y para la formación e información de trabajadores y delegados.

Por último, se aporta un listado de materiales adicionales disponibles para consulta, en internet.



2

EL ESTRÉS TÉRMICO

Nuestro cuerpo produce calor de manera continua. En condiciones normales, logramos transferir el calor sobrante al entorno y así mantener la temperatura interna (más alta que la temperatura de la piel) en torno a los 37° C, sin ganancia ni pérdida. Esto es, se logra el balance térmico con el entorno y las personas se sienten confortables.

El estrés térmico se refiere a una situación en la que el cuerpo tiene dificultad para evacuar el calor sobrante. Una situación laboral expone a las personas a estrés térmico por calor cuando en ella se presentan factores que amenazan la termorregulación normal y, si no se pone remedio, el calor corporal tenderá a subir.

Las condiciones de trabajo que crean estrés térmico son el trabajo físico intenso que aumenta el calor metabólico, las condiciones ambientales de alta temperatura y/o alta humedad, y la vestimenta que impida evacuar el calor al entorno.

Cada uno de estos factores, por sí mismo, puede generar exposición a estrés térmico por calor, y cuando se presentan juntos, la exposición se hace más peligrosa.

TABLA: FACTORES DE ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR EN ENTORNOS LABORALES

FACTOR	DESCRIPCIÓN	NOTA
1 Calor metabólico	<p>Producido por la actividad física.</p> <p>La tasa metabólica expresa el calor que el cuerpo necesita transferir al ambiente. La tasa de cada tarea puede ser estimada a grosso modo mediante tablas, que permiten clasificarlas de manera aproximada según su intensidad en leve, moderada, intensa o extrema. Si es intensa, hay que considerar que contribuye al riesgo de estrés térmico, y es necesario evaluarla.</p>	<p>El calor metabólico se modula con descansos, reduciendo el ritmo de trabajo, la duración de las tareas, etc.</p> <p>Se puede hacer un seguimiento de algún parámetro fisiológico, calcular el metabolismo energético, realizar observaciones o bien mediciones.</p>
2 Condiciones ambientales	<p>La temperatura del aire y la temperatura radiante son las principales fuentes de calor externo que pueden afectar a las personas en su trabajo.</p> <p>Temperatura del aire: Se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados. Se expresa en grados °C.</p> <p>Temperatura radiante: describe el intercambio de calor por radiación entre el cuerpo y las superficies que lo rodean. Emitida por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equipos de trabajo que producen calor, como motores. • Superficies que resultan calentadas por la radiación solar • Radiación solar directa 	<p>La radiación solar es un factor especialmente importante durante el verano y, diariamente, durante las horas centrales del día.</p> <p>La parte de la radiación solar que produce el efecto térmico es la radiación infrarroja (IR).</p> <p>La carga solar varía también con la orientación y la postura de la persona.</p>
	<p>La humedad ambiental relativa: determina la capacidad del aire para admitir o no la evaporación del sudor. La humedad relativa (HR) se expresa en %.</p>	<p>En la medida que en un ambiente hay mayor humedad, el sudor se convierte en un medio menos efectivo para disipar el calor del cuerpo.</p>
	<p>El movimiento del aire ayuda a disipar el calor sobrante producido. Reduce la temperatura en la superficie corporal al facilitar la evaporación del sudor y así incrementar la convección del calor</p>	<p>Este efecto deja de producirse si la temperatura ambiental se eleva hasta 35º</p>

3	<p>Resistencia térmica de la vestimenta o de los EPI's:</p> <p>Las características de la ropa y/o de los equipos de protección que se utilizan para proteger a los trabajadores frente a riesgos diversos (polvo, gases, vapores, etc. o para evitar lesiones como cortes, contacto eléctrico o arco eléctrico, etc.), ya sea sobre el cuerpo entero o en zonas del cuerpo (cabeza, cara y ojos, manos y brazos) contribuyen al estrés térmico si reúnen características de aislamiento térmico y resistencia a la evaporación (impermeabilidad).</p>	<p>Contribuyen al estrés térmico en la medida que afectan al adecuado funcionamiento de la principal vía de intercambio enfriamiento del organismo: la transpiración.</p>
---	---	---

El calor metabólico

Una actividad física intensa o muy intensa, además de provocar fatiga muscular, incrementa la carga de calor (carga metabólica), y el cuerpo necesita liberar más calor que el habitual.

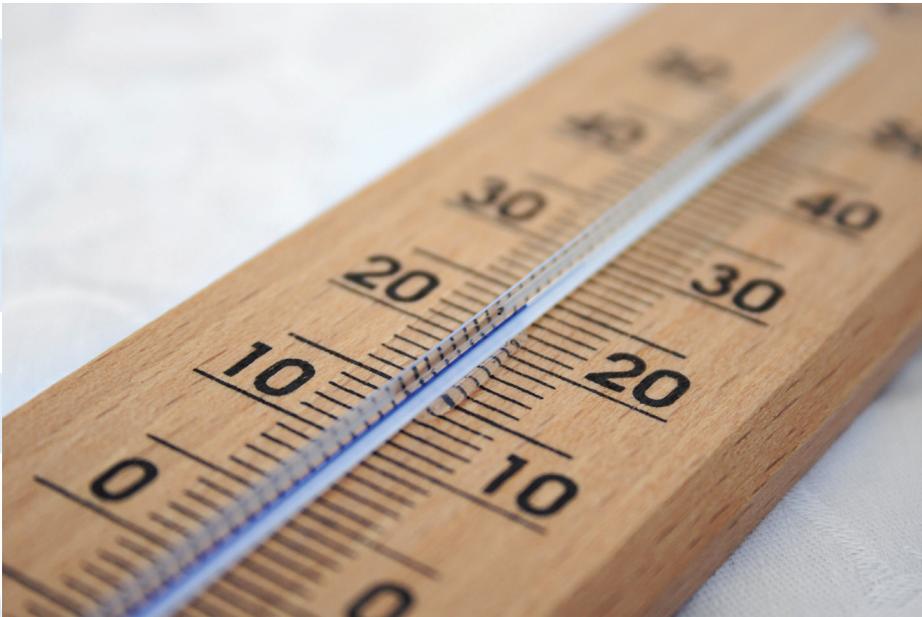
En un ambiente fresco, cuando la persona empieza a trabajar y comienza a generar calor, sube la temperatura corporal interna, pero el hipotálamo, que actúa de termostato, manda una señal para que aumente la frecuencia cardíaca y la dilatación de los vasos sanguíneos periféricos. De este modo llega un mayor volumen de sangre a la superficie de la piel, y la persona muchas veces enrojece. Ese aumento de la cantidad de sangre que llega a la piel transfiere calor al ambiente, si este está más frío, por convección; de este modo, la temperatura de la sangre que vuelve al núcleo está más baja, y la temperatura de este se reduce; es decir, el entorno enfría al cuerpo.

Por el contrario, cuando el trabajo se realiza en un ambiente caluroso, el proceso de transferencia de calor al ambiente externo no resulta suficientemente efectivo. En este caso, el cuerpo comienza a sudar. A medida que el sudor se evapora, la piel se enfría, lo que a su vez enfría la sangre y, por lo tanto, reduce la temperatura central. Pero si el sudor es muy abundante y gotea, la pérdida de líquidos no tiene efecto refrescante; igualmente, si el sudor empapa la ropa, este solo tiene un efecto refrescante muy reducido. En este caso, el cuerpo no logra disipar adecuadamente el calor sobrante, y va acumulando calor metabólico. Si esta acumulación no se interrumpe, aparecen las enfermedades por calor.

El calor ambiental

En los lugares de trabajo no climatizados los parámetros ambientales de temperatura ambiental, calor radiante, humedad, velocidad del aire varían con la situación climatológica, hora del día y la intensidad de la radiación solar, efectos microclimáticos, etc.

La temperatura del aire es uno de los principales determinantes del estrés térmico. Se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados. La temperatura se puede medir con un termómetro de mercurio o bien con uno electrónico, cuidando que esté bien calibrado. En Europa la temperatura se expresa en grados Celsius, C°.



Temperatura radiante describe el intercambio de calor por radiación entre el cuerpo y las superficies que lo rodean. En algunas situaciones es necesario diferenciar los planos radiantes (anterior y posterior, superior e inferior y planos derecho e izquierdo). La temperatura radiante se estima a partir de la temperatura medida con un termómetro de esfera negra,

que es una sonda térmica cuyo elemento sensible está situado en el centro de una esfera completamente cerrada.

La humedad ambiental relativa es importante porque determina la capacidad del aire para admitir o no la evaporación del sudor. En la medida que en un ambiente hay mayor humedad, el sudor se convierte en un medio menos efectivo para disipar el calor del cuerpo. Se puede medir con un higrómetro o con aparatos electrónicos que combinan la medición de temperatura y humedad. Es también habitual medir la humedad como temperatura de bulbo húmedo, con un psicrómetro. La humedad relativa (HR) se expresa en porcentaje, %.

El movimiento del aire ayuda a disipar el calor producido por el cuerpo, reduciendo el estrés térmico. El movimiento del aire incrementa la convección del calor, por evaporación del sudor, así se elimina mejor por la piel el calor sobrante del cuerpo. Sin embargo, cuando las temperaturas son altas, especialmente a partir de 32º C, la sensación térmica aumenta conforme aumenta la velocidad del aire. Puede medirse sin tener en cuenta la dirección del flujo del aire, pero en ocasiones se necesita tener en cuenta los tres ejes perpendiculares. La unidad de medición suele ser generalmente metros por segundo (m/s), utilizando un anemómetro o un termonanemómetro.

Ropa y equipos de protección individual

El uso de ropa de protección o de equipos de protección individual (EPIS) suele crear diversos problemas de salud y seguridad, desde dificultades o incomodidad para la ejecución de tareas hasta una falsa sensación de seguridad frente al riesgo para el que se pretende proteger.

Respecto al estrés térmico, la ropa puede interferir en el intercambio de calor con el entorno, según sus características, en la medida en que afecte a los mecanismos físicos de evacuación del calor del cuerpo (conducción, convección y radiación), y a posibilidad de transferencia del sudor evaporado.

La ropa y/o los EPIS se convierten en un factor de estrés térmico cuando sus características técnicas (por ejemplo, grosor, aislamiento, etc.), son diferentes al típico mono de algodón.

La exposición a estrés térmico derivada de la ropa y/o los EPis podría conducir al golpe de calor. El nivel de estrés térmico causado por este factor puede ser muy alto, y puede crear situaciones peligrosas, aún sin la presencia del resto de factores, en la medida en que el cuerpo se encuentra aislado de la circulación de aire, la transpiración no se evapora, anulando estos mecanismos de enfriamiento. Por eso, hay que tomar en cuenta que este factor pueden llegar a ser tan peligroso como los del riesgo que se pretende evitar, especialmente si las temperaturas ambientales alcanzan o superan los 24º.¹²

Por tanto, dependiendo del grado de aislamiento de la ropa y de los EPIs que se requieran respecto a otros riesgos presentes, se necesitará implementar métodos para evitar la hipertermia y/o enfriar a la persona. El método habitual se aplica un régimen de pausas, que consiste en planificar descansos para interrumpir la exposición con la frecuencia necesaria, para que la persona pueda quitarse esas prendas y permitir la evaporación y refrescar el cuerpo. Si las pausas no fueran un método viable se deben contemplar otras medidas para evitar la hipertermia.

Si se utilizan este tipo de prendas, usar por debajo de estas prendas de algodón (o guantes de algodón, en su caso) sirve para evitar que el sudor se deslice hacia afuera mientras se usa el EPI, lo cual hará que se evapore cuando se retire, haciendo una función de enfriamiento. Además, esta ropa aísla el cuerpo respecto al EPI, mientras este se esté recalentado.

¹² Rhode Island Department of Environmental Management, PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT (PPE). Disponible en www.dem.ri.gov/topics/erp/7b_1.pdf



3

LA RESPUESTA CORPORAL ANTE EL ESTRÉS TÉRMICO

Ante condiciones de estrés térmico, el organismo reacciona poniendo en marcha mecanismos fisiológicos “adicionales” para facilitar la expulsión al exterior del exceso de calor. Además de activar las glándulas sudoríparas, aumenta la vasodilatación periférica: aumenta el flujo de la sangre hacia la superficie de la piel para llevar el calor desde interior del cuerpo a su superficie, lo cual supone un esfuerzo pues se reduce el caudal de sangre que se envía a otros órganos.

Si los mecanismos de termorregulación no están resultando suficientes para hacer frente a las condiciones de trabajo, el cuerpo no consigue evacuar el calor de forma eficaz. Si la exposición no se interrumpe, se produce un exceso de calor en el cuerpo: aumenta la temperatura corporal (hipertermia). Si el cuerpo no logra mantener la temperatura estable, estas se elevan. Y si este proceso no se interrumpe, aparecen las enfermedades relacionadas con el calor.

Las enfermedades por calor

Los primeros síntomas pueden ser variados: malestar, fatiga o debilidad, mareos, dolor de cabeza. También pueden aparecer alteraciones del comportamiento y de la atención, lo que aumenta la probabilidad de que se produzcan accidentes de trabajo. Otros síntomas son erupciones cutáneas y calambres o espasmos musculares.

Si la temperatura sigue aumentando se puede llegar al **golpe de calor**, que es el trastorno por calor más grave, pues si no se trata de forma rápida y eficaz, conduce al coma y a la muerte.

El golpe de calor

El golpe de calor se desencadena cuando la temperatura del cuerpo supera los 40 °C. Consiste en una respuesta inflamatoria que conduce a un síndrome de disfunción multiorgánica que afecta rápidamente a órganos vitales como el cerebro, el corazón, los riñones y los músculos.

A menudo, el golpe de calor está asociado a deshidratación.¹³ Aunque la deshidratación no es causa directa del golpe de calor, cuando ésta se presenta se reduce la transferencia de calor y se facilita el colapso cardiovascular. Durante el golpe de calor se produce una redistribución de fluidos corporales desde el espacio intravascular hasta el fluido intersticial.

Durante el golpe de calor se reduce la presión venosa central y la capacidad de transferir calor hacia la superficie corporal queda reducida, por lo que los mecanismos de termorregulación se ven limitados en sus funciones.

El golpe de calor es un proceso fisiopatológico que requiere tratamiento médico urgente.

La detección en fase temprana puede limitar el potencial de reacciones adversas.

El retraso del tratamiento incrementa el riesgo de sufrir complicaciones graves o la muerte.

Algunos síntomas observables del golpe de calor

- Elevación de la temperatura corporal / signo principal del golpe de calor, por encima de 39° C. Si la temperatura medida con un termómetro rectal alcanza los 40 °C, el riesgo es extremadamente alto.
- Alteración del estado mental o del comportamiento. El golpe de calor puede provocar confusión, agitación, problemas de dicción, irritabilidad, delirio, convulsiones y coma.

Alteración en la sudoración:

- Si el golpe de calor ha sido provocado principalmente por temperaturas ambientales altas, la piel estará caliente y seca.

¹³ La deshidratación se trata a continuación en otro apartado.

- En cambio, si el golpe de calor ha sido producido principalmente por el ejercicio físico intenso, la piel puede estar seca o ligeramente húmeda.
- Náuseas y vómitos. Puedes sentir el estómago revuelto o vomitar.
- Piel enrojecida. La piel puede enrojecerse a medida que aumenta la temperatura corporal.
- Respiración acelerada. La respiración puede volverse rápida y poco profunda.
- Frecuencia cardíaca acelerada. El pulso puede aumentar considerablemente debido a que el estrés por calor impone una enorme carga en el corazón para ayudar a enfriar el cuerpo.
- Dolor de cabeza. La cabeza puede latir.

VEINTISIETE FORMAS EN QUE UNA OLA DE CALOR PUEDE MATARTE: EL CALOR MORTAL EN LA ERA DEL CAMBIO CLIMÁTICO.

Un estudio publicado en 2017 (Mora y otros) realizó una revisión de la evidencia científica sobre los efectos del calor sobre el cuerpo humano. Los autores identificaron en primer lugar 5 mecanismos físicos que se desatan por la exposición de un cuerpo al calor: isquemia, citotoxicidad por calor, inflamación, coagulación intervascular diseminada y rabiomiolisis. Por otra parte, identificaron 7 órganos que pueden sufrir un impacto crítico: cerebro, corazón, intestinos, riñones, hígado, pulmones y páncreas.

De las 35 posibles combinaciones posibles (5 respuestas físicas al calor y 7 órganos vitales) encontraron que la literatura científica describe 27 diferentes maneras en las que estas respuestas físicas se desatan con el calor y pueden llevar a los órganos a fallar y por último, a la muerte.

Cuando el cuerpo humano está expuesto a estrés térmico mueve la sangre más cerca de la superficie de la piel para permitir que se pierda calor. Esto puede crear una pérdida de flujo sanguíneo en otros órganos, conocida como isquemia, que puede causar la acumulación de sustancias químicas dañinas y envenenar órganos.

Otra mecanismo de muerte por calor aparece cuando la temperatura corporal sobrepasa la tolerancia de las células, y causa muerte celular, o sea, necrosis. En el corazón, por ejemplo, el afectado es el miocardio.

Más simplemente, las altas temperaturas prolongadas pueden dañar las células directamente, causando que se descompongan, lo que se conoce como citotoxicidad por calor. Esto puede desencadenar una respuesta inflamatoria en cualquier órgano provocando hinchazón y una respuesta inmune del cuerpo que puede atacar sus propios tejidos.

El daño celular causado por la citotoxicidad por calor y la isquemia pueden causar pérdida de la función cerebral, liberación de toxinas malignas en el hígado, inflamación de páncreas, o simplemente falta de oxígeno en los pulmones y en la sangre.

El último mecanismo, rhabdomiólisis, ocurre cuando la isquemia y la toxicidad en el corazón, combinadas con actividad física causa un desgaste de los músculos y por extensión, la filtración de mioglobina, una toxina fulminante para los riñones, el hígado y los pulmones.

Este estudio demuestra que el fallo en el funcionamiento del cuerpo por exceso de calor es sistémico y tiene un efecto dominó. El estudio encontró que la muerte por calor puede suceder cuando se da una de estas respuestas, o por la suma de varias.

Todos estas maneras de morir por calor están bien descritas en la literatura, aunque de manera “dispersa”. La contribución del estudio es haber ordenado dicha información.

En entrevistas a la prensa los firmantes del estudio explicaron que “morir durante una ola de calor es como una película de terror con 27 finales fatales posibles” y que por tanto, el dicho “me muero de calor” es una posibilidad muy real debido al cambio climático.

Mora y otros autores (2017).

Twenty-Seven Ways a Heat Wave Can Kill You: Deadly Heat in the Era of Climate Change. Cardiovascular Perspective.

DOI:10.1161/CIRCOUTCOMES.117.004233

La deshidratación

La deshidratación ocurre cuando el cuerpo no contiene tanto líquido como debiera. Puede producirse porque el cuerpo pierde demasiado líquido, por no beber suficiente, o por ambas razones. Aparte de provocar sed y sequedad de las mucosas, la deshidratación se puede manifestar en náuseas, falta de fuerza, fatiga mental y física y mayor concentración de la orina.

Beber agua suficiente para reponer las cantidades perdidas es fundamental. Sin embargo, hay un límite de la cantidad de agua que las personas podemos asimilar por hora, por encima del cual resulta insano: trabajar en condiciones que obliguen a beber 8 o más litros de agua al día no resulta tolerable.

La deshidratación puede ser leve, moderada o grave, según la proporción de líquido corporal que se haya perdido y/o que no se haya repuesto. En ciertas condiciones de esfuerzo y calor, la pérdida por sudoración puede alcanzar los 1.000 ml/hora.

Una reducción del agua corporal de un 1% o inferior reduce la capacidad de trabajo y la tolerancia al calor; una pérdida de un 2% aumenta el riesgo de lesión y disminuye la habilidad de las personas; una reducción del 5% entorpece la realización del trabajo y crea una situación muy peligrosa pues aumenta la frecuencia cardiaca y se reduce la eficacia del sudor como mecanismo de termorregulación. Con una reducción mayor al 15%-20% sobreviene a la muerte. Los síntomas generales de la deshidratación son:

- Elevación de la frecuencia del pulso.
- Elevación de la temperatura corporal.
- Disminución del volumen de orina.
- Inquietud, laxitud, irritabilidad, somnolencia.
- Shock circulatorio en casos de pérdidas de líquido superiores al 15% del peso corporal.

Evitar la deshidratación es una medida prioritaria. La deshidratación grave es una emergencia médica potencialmente mortal.

Porcentaje de pérdida de peso corporal	Efectos orgánicos del proceso de deshidratación
1%	Umbral de insuficiencia para termorregular.
2%	Sed intensa, malestar difuso, pérdida de apetito, opresión.
3%	Boca seca, aumento de la hemoconcentración, disminución significativa de la excreción urinaria.
4%	Pérdida de un 20-30% de la capacidad de realizar actividad física.
5%	Dolor de cabeza, dificultad para la concentración, impaciencia, apatía.
6%	Degradación grave de la regulación de la temperatura durante el ejercicio.
7%	Riesgo de coma si hace calor o humedad y se continúa el ejercicio.

Como medida para evitar la deshidratación, además de las medidas orientadas a que los trabajadores tengan acceso a bebidas frescas, organizar los descansos, formación, etc., es exponer de sitio visible unas tablas de color de la orina; por ejemplo, en las instalaciones sanitarias. Estas tablas muestran los colores que tiene la orina de una persona hidratada en comparación con el de una persona deshidratada. Cuanto más oscura sea la orina, más probable es que su cuerpo esté deshidratado.

Alteraciones de la salud a largo plazo por exposición a altas temperaturas

Aunque no hay muchos estudios que cuantifiquen el impacto fisiológico y/o psicológico a largo plazo de las exposiciones de los trabajadores expuestos a estrés térmico elevado, hay bastantes evidencias científicas de que la exposición prolongada al calor afecta a la salud a largo plazo, causando enfermedades crónicas de corazón, riñones o hígado. También se señala que la exposición al calor conduce al agravamiento de dolencias previas: del sistema cardiovascular, respiratorio, renal, cutáneo, diabetes. Se ha comprobado que la exposición al calor produce rabdomiolisis, especialmente cuando la exposición incluye trabajo físico intenso.

La exposición prolongada al calor también puede estar detrás de síntomas de agotamiento crónico por calor, alteraciones del sueño, y de susceptibilidad a accidentes y enfermedades.

También se señala que puede afectar a la fertilidad de hombres y mujeres, aunque los efectos parecen más claros para los primeros. También hay evidencias de que la exposición al calor de mujeres embarazadas, especialmente durante el primer trimestre, puede afectar a su progresión y causar daños en el desarrollo fetal (malformaciones cerebrales o del sistema nervioso central).



Estos efectos no se ven bien reflejados en datos estadísticos por el escaso seguimiento de las exposiciones laborales y el nulo registro de las enfermedades asociadas. La necesidad de realizar estudios en este sentido se está poniendo de manifiesto, cada vez con más claridad, en la medida que aumentan este tipo de exposiciones debido al cambio climático.

Riesgo químico y altas temperaturas

El calor incrementa la peligrosidad de muchos productos tóxicos. Hay sustancias que con las altas temperaturas incrementan su volatilidad, con lo que su presencia en el ambiente se incrementa.

Con el estrés térmico aumenta el ritmo respiratorio, lo que permite que los tóxicos inhalatorios logren introducirse más fácilmente en el cuerpo, a través de la respiración.

A estos factores se suma el estrés térmico, que reduce la efectividad de la protección que brindan los protectores respiratorios. La sudoración en la cara reduce la eficacia de los equipos de protección respiratoria frente a riesgos tóxicos, al afectar el contacto con la piel, reduciendo la hermeticidad y permitiendo la entrada de aire exterior, sin filtrar en la zona de respiración, a través de los huecos que se abren entre la cara y el respirador¹⁴.

Dependiendo de la sustancia activa, los efectos de los tóxicos pueden ser de tipo respiratorio, neurológico, u otros, y producirse a largo, a medio o a corto plazo. Hay que tener en cuenta que los síntomas de intoxicación aguda se pueden confundir con los generados por el calor, como la sudoración excesiva, la deshidratación, etc. Este tipo de situación representa un grave peligro para los trabajadores que, en su trabajo, por ejemplo, manipulan o entran en contacto, por vía inhalatoria, con pinturas y disolventes.

¹⁴ La efectividad de la protección de los EPIs frente al riesgo tóxico por inhalación se ve condicionada por varios factores. Por una parte, deben haber sido bien seleccionados (tipo, tamaño): deben ser usados adecuadamente (debe estar a mano en los momentos requeridos, bien mantenido, etc.); deben ser colocados y retirados correctamente; y debe ser conservados y almacenados conforme a las instrucciones del fabricante. Para esto, las personas deben haber sido entrenadas. Además, la formación debe evitar que los protectores respiratorios generen en los trabajadores una falsa sensación de seguridad, al no estar formados acerca de las limitaciones de estos equipos.

Aclimatación y condiciones individuales

La aclimatación al trabajo físico en un nuevo entorno térmico es un proceso de adaptación fisiológica que mejora la capacidad de termorregulación, al atenuar el esfuerzo fisiológico requerido para disipar el calor. Conforme mejora la aclimatación a las condiciones de calor se observa una mejor adaptación al calor. La aclimatación suele requerir al menos unos 7 días, y muchas personas necesitan más tiempo. La adaptación al calor se traduce en varios aspectos:

- La mejora en la sudoración: La sudoración comienza antes en sujetos aclimatados; también mejora la producción de sudor, al disminuir la concentración de sales en el sudor, lo que se traduce en una mejora en el equilibrio de líquidos; esto permite un mejor enfriamiento por evaporación. En resumen, se puede perder más agua pero se pierden menos sales.
- Ajuste en el flujo sanguíneo de la piel, mejora el transporte de calor desde el núcleo a la piel con lo que la temperatura de la piel es más baja, facilitando la pérdida de calor.
- Reducción de la tensión cardiovascular: reducción de la FC a una determinada intensidad de ejercicio, con mayor disponibilidad para la musculatura. etc.

Este conjunto de ajustes mitiga el aumento de la temperatura corporal con el esfuerzo, mejora el rendimiento aeróbico en entornos de altas temperaturas, y por tanto reduce el riesgo de enfermedades relacionadas con el calor.

La pérdida de la aclimatación también ocurre gradualmente cuando una persona permanece alejada de un ambiente caluroso. Incluso se produce una disminución en la tolerancia al calor después de un fin de semana largo. Dado que se produce una reducción de la tolerancia al calor, no es aconsejable que alguien trabaje con exposición a estrés térmico el primer día de la semana.

Los trabajadores que se acaban de incorporar deben aclimatarse antes de asumir una carga de trabajo normal. Conviene asignarles el primer día de trabajo aproximadamente la mitad de la carga de trabajo normal y aumentarla gradualmente durante los días posteriores.

Ciertos medicamentos interfieren con la aclimatación. Por ejemplo, la medicación para bajar la presión arterial, diuréticos, antiespasmódicos,

sedantes, tranquilizantes, antidepresivos y anfetaminas disminuyen la capacidad del cuerpo para hacer frente al calor. Los trabajadores deben consultar con el servicio médico sobre la compatibilidad de un medicamento con su trabajo.

A pesar de que los trabajadores en buena forma física y bien entrenados toleran el calor mejor que las personas en malas condiciones físicas, la buena forma física y el buen estado de entrenamiento no sustituyen a la aclimatación.

Otras condiciones individuales

Ciertas situaciones de salud individuales -puntuales o duraderas- deben ser identificadas, para asegurar la protección de la salud. Determinadas afecciones inciden sobre el funcionamiento de los mecanismos de termorregulación, que es lo que determina la capacidad de adaptación al calor. Por ejemplo, un proceso que afecte al sistema respiratorio puede afectar a la capacidad de reacción al calor alterando la producción de sudor y la capacidad para regular el balance de electrolitos. Las enfermedades cardíacas, tensión alta, respiratorias, diabetes no tratada, problemas de piel), el uso de ciertas medicinas, las infecciones agudas, etc. tienen efectos sobre la respuesta al calor.

El sobrepeso es un factor que reduce la capacidad de mantener un buen balance térmico. También una pobre forma física. Otro factor que puede disminuir la capacidad de adaptación al calor es la edad, a partir de 45 años.

También puede aumentar la susceptibilidad personal al estrés térmico tras comidas copiosas, y el consumo de alcohol, y posiblemente con el café.

Otro factor importante que aumenta la susceptibilidad individual es haber sufrido con anterioridad algún trastorno relacionado con el calor.



4

EL ESTRÉS TÉRMICO EN LAS TAREAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (O/M) DE AEROGENERADORES

El personal que trabaja como técnico de operación y mantenimiento está generalmente contratado por empresas que dan servicio a otras empresas, propietarias de las turbinas. Algunos parques eólicos gestionan internamente las tareas de O/M, con personal propio. Sin embargo, muchos contratan a empresas externas que suministran servicios de O/M.

El contrato puede incluir servicios "integrales" que incluyen monitorización, mantenimiento preventivo, correctivo, periódico, etc., o bien una parte de los servicios necesarios. Esto hace que en un parque eólico pueda concurrir la responsabilidad preventiva de muchas empresas a la vez, lo que requiere coordinación empresarial en prevención de riesgos laborales.

Los modelos que puede atender cada técnico pueden ser muy variados: la expansión de la energía eólica en España ha sido temprana por lo que hay instalados muchos aerogeneradores "antiguos"¹⁵.

Debido a que gran parte de los riesgos de estrés térmico en el trabajo de O/M de aerogeneradores derivan del diseño de cada equipo, y que el personal de O/M de contratas puede tener que desempeñar sus tareas en aerogeneradores de distintos fabricantes, las condiciones ergonómicas y el riesgo de estrés térmico a las que se pueden enfrentar son muy variadas.

¹⁵ La vida útil de un aerogenerador se estima en unos 20 años aunque muchos siguen en funcionamiento con 30 años o más. Algunos de estos equipos se están sustituyendo por otros de mayor capacidad y rendimiento para incrementar el aprovechamiento de los parques ("repotenciación de equipos").

Respecto a las condiciones de los lugares de trabajo, los técnicos de O/M se desempeñan en tres escenarios diferentes: el parque eólico, generalmente ubicado en zonas agrarias, muchas veces de monte bajo e incluso boscosas, a través del cual se acceden al segundo lugar de trabajo: la subestación o almacén. Y por último, la plataforma de montaje, la torre y la turbina. El aerogenerador, además de ser un lugar de trabajo, es un equipo de trabajo que, a su vez, contiene dentro otros equipos, y para cuyo mantenimiento se utilizan equipos de trabajo adicionales, además de herramientas manuales y eléctricas, etc.



El puesto se caracteriza por la exposición a múltiples factores de riesgo que pueden provocar accidentes, la mayoría con posibles resultados muy severos y fatales. Por ejemplo, el personal de mantenimiento de los aerogeneradores está expuesto a riesgo de caídas a distinto nivel, atrapamientos, golpes, cortes y laceraciones; riesgos eléctricos; exposición a campos electromagnéticos, exposición a polvos y a sustancias tóxicas; sustancias inflamables y trabajo en espacios confinados. Diversos factores crean riesgos de incendio de la turbina. También, al transitar por los parques eólicos, por caminos rurales mal mantenidos, están expuestos a accidentes viales; el frío, el hielo, la nieve; el viento y tormentas eléctricas generan accidentes diversos. Los técnicos de O/M también están expuestos a ruidos y vibraciones.

El puesto de trabajo también se caracteriza por unas exigencias físicas muy altas. Las tareas con requerimientos físicos más intensos son la subida por escaleras, el traslado de equipos de trabajo y el reapriete mecánico con llaves manuales. Los técnicos también realizan tareas en espacios de tamaño muy reducido que exigen posturas mantenidas y forzadas, muchas veces con giros y trabajos con los brazos levantados y/o en cuclillas.

Muchas tareas requieren movimientos repetidos de manos y brazos como las que requieren la manipulación de herramientas manuales.

Algunas operaciones se realizan en condiciones de iluminación deficiente, y los trabajadores deben llevar puesta una linterna frontal.

Respecto a los riesgos psicosociales, las exigencias psicológicas son muy altas. El trabajo habitual de O/M se organiza en equipos de dos o tres personas, que deben coordinarse perfectamente para asignarse entre ellos el trabajo. A los técnicos se les atribuye una alta responsabilidad respecto al resultado de su trabajo, en particular respecto a la disponibilidad del equipo.

El desempeño de las tareas de los técnicos de O/M supone un alto grado de formación, experiencia y adiestramiento respecto a protocolos y normas de seguridad muy precisas de modo que permita afrontar situaciones de trabajo que reúnen muy diversas características extremadamente peligrosas para la propia persona y su equipo. El desempeño de las tareas requiere un alto grado de atención, precisión y rapidez.

Aunque el ritmo o cadencia de trabajo no viene impuesta al trabajador, las características del negocio de operación y mantenimiento hace recaer sobre

los técnicos una alta presión hacia la productividad, por lo que tienden a abstenerse de realizar pausas. Suelen prolongar su jornada de trabajo, según las exigencias productivas, con posible repercusión en su salud, además sobre su vida extralaboral y familiar. Cuando están desplazados fuera de su localidad de residencia, en otras localidades dentro de España o bien en el extranjero, la jornada se suele prolongar por dos tipos de razones: plazos no realistas en los contratos o bien para cumplir lo más rápidamente posible con el trabajo asignado y regresar a la localidad de residencia.

Aunque formalmente, los técnicos pueden modular sus tiempos de trabajo y descanso según su criterio, en la realidad, la falta de pautas claras al respecto, junto a la presión productiva, hace que se abstengan de realizar pausas¹⁶. Durante los días de más calor, además, los técnicos prefieren evitar realizar pausas y acelerar el trabajo, como modo de evitar permanecer en los equipos durante las horas centrales del día.

Muchos aerogeneradores carecen de elevador de servicio y la subida se hace por escaleras. En esos casos, el tiempo de subida, para un aerogenerador de 100 metros, supone entre 15 y 30 minutos, según los descansos que decida realizar la persona. Solo debería usar la escalera una persona por vez, porque la línea de vida solo sirve para una persona por vez; y en un caso de rescate, la otra persona debe utilizar ganchos anticaídas

El esfuerzo físico que supone la subida sin elevador es muy importante. En este contexto se entiende que, en aras de limitar el esfuerzo físico, se insta a los trabajadores a realizar un único ascenso/descenso a la nacelle durante una reparación. Por otra parte, la falta de elevador también supone una gran dificultad para salir al exterior para realizar pausas, y también, si fuera necesario, para evacuar a un trabajador que haya perdido el conocimiento, etc¹⁷.

¹⁶ Por el contrario, suele haber instrucciones muy precisas respecto a la necesidad de interrumpir el trabajo ante eventos atmosféricos que conlleven tormentas eléctricas y nieve/hielo.

¹⁷ Los primeros auxilios a trabajadores que se encuentran en las partes superiores del aerogenerador pueden ser especialmente complicados si no existen elevadores o estos no se pueden utilizar, por las dificultades de evacuación. En algunas empresas se realizan cursos de formación y simulacros, en ocasiones con la intervención de bomberos. Ver, por ejemplo: “¿Y si hubiera un accidente en un parque eólico? Naturgy y General Electric organizan un simulacro de rescate en el parque eólico de Peñaroldana.” Noticias C y L Zamora, 6 julio, 2018. Ver en https://www.noticiascyl.com/zamora/provincia-zamora/2018/07/06/y-si-hubiera-un-accidente-en-un-parque-eolico/books?id=xXjSBQAAQBAJ&pg=PA467&lpg=PA467&dq=Ken+Parsons+9886&source=bl&ots=b0wGGYqJgh&sig=Vg2F4MFxvTdkG2w9TcQmztcKck&hl=es&sa=X&ved=2ahUKewjJ5LH1h_zcAhWrzIUkHVI_CQ0Q6AEwAAnoECAUQAQ#v=onepage&q=Ken%20Parsons%209886&f=false

Se puede ver también Malchaire, J Ergonomics of the thermal environment. Determination of metabolic rate y la NTP 916. El descanso en el trabajo (I): pausas

No todos los aerogeneradores modernos cuentan con medios para ayudar a la subida. Algunos están provistos de elevadores mientras que otros están equipados con unos equipos denominados “ayudadores” que aunque no suprimen el esfuerzo físico sí agilizan el desplazamiento, reduciendo el tiempo de ascenso/descenso a unos 6 minutos. de modo que podrían facilitar la realización de pausas fuera del equipo. La presencia de elevador, por otra parte, permite que se trasladen dos o más personas a la vez. No está permitido transportar en estos las herramientas.

Las altas exigencias ergonómicas respecto a las posturas y al esfuerzo obligan a los técnicos a permanecer en el puesto en situaciones de incomodidad y malestar. En las instrucciones de trabajo se señala la necesidad de dar prioridad absoluta al seguimiento estricto de las pautas de seguridad y se subraya la obligación de cumplirlas aún cuando supongan condiciones ergonómicas y/o de confort desfavorables.

En los aerogeneradores no hay sistemas de acondicionamiento del aire del interior, que permitan enfriar el espacio al entrar. Tampoco hay sitios frescos para realizar descansos o pausas que permitan bajar la temperatura corporal. Los vehículos con los que se desplazan hasta el aerogenerador no sirven como espacio para refrescarse pues en el momento que aparece la necesidad se encuentran generalmente recalentados. La subestación, sería el primer sitio en el que se puede refrescar a la persona pero puede estar alejada unos kilómetros, y no es raro que no dispongan de duchas habilitadas.

Las tareas de los técnicos de O/M Se pueden clasificar, en líneas generales, en dos grandes grupos: las tareas de mantenimiento preventivo y las de mantenimiento correctivo. En el mantenimiento preventivo se realizan los siguientes tipos de tareas:

- Tareas de lubricación.
- Limpiezas técnicas.
- Limpieza de palas.
- Limpieza de góndola.
- Mantenimiento periódicos: mensual/trimestral/semestral/anual.
- Gran revisión / inspecciones predictivas.

En el mantenimiento correctivo, se diferencian dos grandes tipos, que implican diferencias:

- Pequeño correctivo: corrección de pequeñas averías
- Gran correctivo: corrección de averías que requieren actuaciones programadas de retirada y nueva instalación de partes del equipo.

Las principales tareas relacionadas con el mantenimiento preventivo son las siguientes:

- Preparación de materiales en el almacén o subestación, según el tipo de mantenimiento a realizar (mantenimiento preventivo o correctivo): los técnicos cargan el material y las herramientas en el vehículo y luego se desplazan hasta el aerogenerador sobre el que se va a realizar el mantenimiento.
- Antes de realizar cualquier trabajo en el aerogenerador, se procede a parar la turbina. La turbina seguirá irradiando calor durante unas horas, dependiendo de la temperatura exterior.
- Los trabajos en el aerogenerador se realizan por equipos compuestos por dos personas, y a veces por tres, de forma conjunta. Se supone que sólo trabajan de manera separada durante el ascenso del primer técnico; la(s) otra(s) persona(s) permanece(n) abajo preparando los materiales que se necesitan arriba.
- Subida de uno de los técnicos a la góndola o nacelle, a través de la torre. Dependiendo del modelo de aerogenerador, el ascenso se realiza por el interior de la torre:
 - Por escalera, sin ningún tipo de ayuda.
 - Por escalera, con un sistema de ayuda para el ascenso (ayudador).
 - Por un elevador para personal. En estos equipos se dispone también de una escalera para casos de avería, falta de electricidad u otra razón que impida el uso del elevador.

Cuando se sube por escalera, la persona dispone de plataformas, a distintas alturas de la torre, que le permiten realizar pausas durante el ascenso y reducir así el calor metabólico. No obstante, el estrés térmico puede ser muy alto si se toma en cuenta que el interior de la torre se ve afectado por la radiación

solar sobre sus paredes, que alcanzarán mayores temperaturas según aumente la radiación solar, las temperaturas externas y según las características del material con el que estén fabricadas las paredes, y también su grosor.

- El técnico que permanece abajo va preparando el material de necesario, colocándolo en bolsas de izado.
- Al llegar a la nacelle, el técnico encuentra un ambiente térmico caluroso, aún a horas tempranas de la mañana, pues la multiplicadora y el generador, que han estado girando a máxima producción hasta 10 minutos antes del ascenso, desprenden calor.
- Los modelos de aerogenerador más antiguos tienen capotas que se pueden abrir; cuando sube el primer técnico procede a abrirlas y a situar una de las palas de modo que se cree sombra sobre la nacelle. En los modelos más modernos, que carecen de capotas, esto no se puede hacer; en su lugar, la primera persona que sube procede a abrir dos ventanas para ventilar, aunque en días de altas temperaturas en el exterior esto apenas logra disipar el calor acumulado en el interior.
- Al llegar, el primer técnico realiza un diagnóstico general del estado de la turbina. Se comunica con el técnico que permanece fuera por medio de radiotransmisor o teléfono móvil, dependiendo de si existe cobertura, y a continuación hace descender el polipasto, por el interior o por el exterior de la turbina, según el modelo de aerogenerador.
- Subida del material con ayuda del polipasto.
- Subida del técnico que estaba preparando el material en la base de la turbina.
- Una vez todos los técnicos se encuentran en el aerogenerador, se reparten las tareas de mantenimiento en el interior del mismo.

Se realizan operaciones de mantenimiento preventivo (service), siguiendo las instrucciones de trabajo de cada modelo de aerogenerador. Ejemplos de tareas que se realizan:

- Revisión de componentes de seguridad (prueba del sensor de vibraciones, de las paradas de emergencia, del freno, de la calefacción de los sensores de viento, del disparo de interruptores principales y revisión visual del equipo de rescate de la máquina (cuando lo hay, pues es frecuente que no lo haya

en cada molino; en ese caso, cada equipo o miembro del equipo, lleva un kit amarrado al arnés. A continuación, el técnico deberá hacer bajar el polipasto, para hacer llegar arriba un equipo de rescate adecuado al número de trabajadores que subirán) y del extintor.

- Revisión y lubricación de rodamientos principales, mantenimiento de multiplicadora (extracción de muestra de aceite, revisión de fugas de aceite, sustitución de filtros, revisión de niveles pruebas del termostato y presostato), mantenimiento de nose cone y soportes (revisión del estado y sellado, revisión del los LCTU), lubricación del rodamiento de las palas (situado en el interior del buje), revisión del estado de las palas, revisión de los retenes y del juego del rodamiento de las palas, limpieza del buje y fibra cubre buje, mantenimiento de motorreductores de la corona de orientación (revisión y ajuste del par de freno, revisión de los rodamientos, revisión de fugas), sistema de rodamiento de orientación - yaw bearing system (comprobación y lubricación), mantenimiento del eje de alta velocidad (revisión de estado y de pastillas de frenos), revisión y lubricación de los cilindros hidráulicos del bloqueo del rotor, unidades hidráulicas (revisión de fugas, bombas, revisión de válvulas de liberación de presión, precarga de acumuladores, cambio de filtros, revisión del nivel de aceite, toma de muestra de aceite), mantenimiento del VCS-Sistema de refrigeración por agua, generador (comprobación y lubricación de rodamientos, revisión/sustitución de escobillas, revisión de filtros, contactos eléctricos), revisión de balizas de aviación, sensores de viento y línea de vida exterior del techo, rotor (prueba de sobrevelocidad), limpieza de la turbina.
- Revisión del estado de los componentes de la turbina, como pueden ser revisión, mantenimiento de los componentes del elevador o la escalera, certificación de elevadores, revisión de multiplicadoras mediante endoscopias, revisión de los generadores, u otros.

Los mantenimientos correctivos, de reparación o sustitución de componentes de la turbina, pueden ser:

- Grandes correctivos: cambios de componentes principales como pueden ser palas, multiplicadoras, transformadores, generadores, eje lento.
- Pequeños correctivos: reparaciones o cambio de componentes de menor tamaño o reparaciones up-tower de componentes principales, como pueden ser reparaciones de multiplicadoras realizadas en la misma turbina (sensores

de vibraciones, electroválvulas, sensores que no funcionan correctamente como temperatura, presostatos, etc).

- Hay trabajos que se realizan sobre el techo de la nacelle, en los trabajadores pueden estar expuestos a estrés térmico no solo por la temperatura ambiental, que se suma a la vestimenta y al esfuerzo físico requerido, sino también a la radiación solar directa, que pueden representar unos 9º C adicionales respecto a la temperatura ambiente, y al calor radiante emitido por la carcasa recalentada.
- Algunos trabajos requieren utilizar equipos que generan calor (como radiales, amoladoras,, inducción, planchas de calor, etc.) que en su caso, se suman a que al que se desprende de los equipos o los materiales que envuelven al aerogenerador. Cualquiera de estos trabajos en caliente requiere una autorización previa por parte del supervisor, que toma en cuenta si existen alternativas mejores.
- Algunos trabajos requieren entrar a buje o a las palas, que son espacios confinados. En las palas se realizan trabajos de lijado, pintura, reparación, repasado, soldadura, a menudo con utilización de productos químicos inflamables o explosivos. En estos espacios también puede acumularse humedad, por condensación, dificultando la transpiración y así al estrés térmico.
- Otros trabajos se realizan en la subestación o almacén: se documenta el trabajo diario, redactando un informe, usando un ordenador portátil. Estos espacios suelen estar climatizados. En la subestación o almacén se realizan otras tareas, como reparación de equipos (reductoras de giro, bombas de palas, motores,...), de gestión del almacén, revisión de instrucciones de trabajo, etc.
- El trabajo de los técnicos de O/M requiere el uso de ropa y equipos de protección individual y ropa de protección aislante que contribuyen al estrés térmico. Un técnico suelen llevar: arnés, sistema anticaídas para cuerda y cable, línea de vida de cuerda, eslinga de doble anclaje, eslinga regulable de 2 metros con absorbedor de energía, casco de escalador, ropa ignífuga con propiedades contra el riesgo de arco eléctrico (a menudo de manga larga) y reflectante, gafas, guantes, botas de seguridad, rodilleras, linterna frontal para zonas de baja iluminación, y gafas para la protección ocular. Además, según las tareas, necesitan también equipos de protección respiratoria.

Las características de EPIs y ropa varían entre diferentes empresas y los requisitos varían también en diferentes países en los que puedan estar desplazados por sus empresas, según contratos.

Imagen tomada de la NTP 1024, en la que se puede observar que, además de los EPIs que se



Figura 1. Operario equipado con arnés, absorbedor de energía con doble elemento de amarre, dispositivo anticaída deslizable para línea de anclaje rígida, casco de seguridad, botas de seguridad, linterna frontal para zonas de baja iluminación.



enumeran, la persona viste también guantes y gafas de protección

Las evaluaciones de riesgos laborales, y la formación preventiva, se centra en los aspectos “de seguridad” con escasa atención relativa a los aspectos ergonómicos y a la prevención del estrés térmico por calor. Estos aspectos se consideran a veces “de confort” desatendiendo la intervención de estos factores en sucesos que afectan a la seguridad, a la salud y al bienestar de los trabajadores.

Los técnicos suelen disponer, en el botiquín, de bolsas de enfriamiento para uso instantáneo, químicas, pero no reciben instrucciones para su utilización y ellos las reservan para primeros auxilios.

Como medida frente al estrés térmico, en algunas empresas los técnicos reciben la instrucción de portar siempre consigo una nevera con hielo y agua. En otras suben aguan congelada. Además se les aporta sobres para hacer una solución isotónica.

En algunas empresas se realiza una charla de seguridad cada mañana, antes de empezar los trabajos, en las que se advierte de la previsión de altas temperaturas y se dan instrucciones para el control del riesgo.



5

HERRAMIENTA 1: PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN PLAN DE ACCIÓN PARA EPISODIOS DE ALTAS TEMPERATURAS AMBIENTALES

Un plan de acción para la prevención de enfermedades relacionadas con el calor permite:

- Establecer un modo, consensado entre la empresa y los trabajadores, de determinar, en cada momento, si las condiciones ambientales elevan la exposición a estrés térmico, creando un nivel de riesgo que obligue a adoptar medidas adicionales a las habituales, tomando en cuenta EPI/vestimenta y el esfuerzo físico, para proteger la salud y seguridad.
- Determinar las medidas necesarias para diferentes niveles de riesgo de estrés térmico.
- Determinar procedimientos para gestionar el riesgo.
- Planificar y dotar de medios para brindar primeros auxilios y responder ante emergencias relacionadas con enfermedades relacionadas con el calor.
- Valorar la efectividad del plan y mejorarlo, en su caso.

Qué es y por qué es necesario un plan de acción

Toda empresa en que puede haber exposición a condiciones ambientales de calor extremo, ha de elaborar un plan de acción específico para activarlo en los días en que las condiciones meteorológicas lo hagan necesario.

El plan de acción frente al estrés térmico por calor se orienta a evitar que aparezcan enfermedades por calor en

situaciones ambientales de altas temperaturas. Busca, por tanto, cumplir con la obligación general del empresario de proteger la salud y la seguridad.

Es necesario elaborar un plan de acción contra el estrés térmico por calor incluso si cuando se hizo la evaluación de riesgos se hubiera concluido que este no representa un problema grave. Hay que tomar en cuenta, como se señalaba en la introducción, que las evaluaciones de riesgos suelen realizarse en situaciones ambientales que se consideran “representativas”, ignorando deliberadamente posibles exposiciones a situaciones mucho más peligrosas. Del igual modo, en la valoración del esfuerzo físico se suelen hacer mediciones sobre personas elegidas por su forma física óptima, que no representan al conjunto de los trabajadores¹⁸.

Una razón para tener preparado un plan de acción es que cuando se presentan episodios de calor extremo, la temperatura del aire puede llegar a elevarse por encima de los valores normales de manera muy rápida; en ese caso, dado que la aclimatación se produce tras la exposición a nuevas condiciones ambientales durante un período que suele durar al menos 7 días, los trabajadores no se encuentran aclimatados a las nuevos niveles. Este problema se agrava en zonas áridas, donde se ubican muchos de los parques eólicos, pues en estas zonas las temperaturas suelen subir con gran rapidez.

Tener preparado el plan permite decidir, con rapidez, cuando se ha de activar, de modo que se pongan en marcha las medidas previstas para adaptar el trabajo a las altas temperaturas y proteger a las personas ante las enfermedades por calor.

El primer hito del plan consiste en adoptar un método consensuado que permita situar la peligrosidad del ambiente térmico. El método debe permitir hacer una valoración, cada día, en parque eólico, de la situación ambiental, para situar la situación respecto a niveles predeterminados de riesgo (“nivel de acción”). Se puede partir de los datos de las predicciones meteorológicas o de mediciones de las condiciones meteorológicas, in situ, aunque también se podrían hacer mediciones complejas, tal como se explica en el punto 1 del Plan y en el Anexo.

¹⁸ El plan de acción ha de utilizar la información contenida en la evaluación de riesgos acerca del riesgo de estrés térmico así como las valoraciones de esfuerzo físico contenidas en la evaluación ergonómica. En esos documentos se identifican tareas y situaciones de trabajo peligrosas, aunque se refieren a condiciones ambientales moderadas. Suelen contener también propuestas de medidas para eliminar o controlar el riesgo.

Otro hito fundamental en la preparación del Plan es determinar la serie de medidas a adoptar en función del grado de peligrosidad que se alcance en cada momento, de modo que en cualquier circunstancia se asegure la protección de la salud.

Crear un grupo de trabajo para elaborar el plan de acción

Un primer paso en la elaboración del plan consiste en crear un grupo de trabajo, con la participación de los trabajadores y de la parte empresarial, y con el asesoramiento de mandos y técnicos de prevención de riesgos laborales. El grupo debería lograr tener elaborado el plan antes de la llegada de la época estival.

Una vez puesto en práctica, el grupo de trabajo debería darle seguimiento y revisar la efectividad del mismo, al menos cada año, tomando en cuenta tanto si se produjeron incidencias como la satisfacción de los trabajadores.

1. Un método para establecer en cada momento el “nivel de acción” preventiva

En la elaboración del plan de acción ante situaciones ambientales de calor extremo se ha de establecer un método consensuado que permita valorar la intensidad del estrés térmico en cada momento.

Hay que tomar en cuenta que las condiciones atmosféricas varían también según el emplazamiento del lugar de trabajo en el que se va a trabajar cada día. En las regiones áridas las temperaturas pueden aumentar de manera drástica según avanza el día. Además, en los ambientes rurales, el relieve crea lugares más o menos calurosos. En nuestras latitudes, las temperaturas se elevan más en las solanas, que son terrenos con orientación sur situados en las laderas de las montañas, expuestas a una mayor insolación. Al mediodía, en las solanas los rayos solares pueden tener una inclinación cercana a los 55°, por lo que una solana con una pendiente de 35° recibe una radiación casi vertical, por lo que el calor derivado de la insolación es mayor¹⁹.

¹⁹ La información disponible en la evaluación de riesgo de estrés térmico no suelen reflejar las situaciones ambientales extremas pues las mediciones suelen hacerse evitando las situaciones extremas (en primavera, buscando “situaciones representativas”). Por ello, para reconocer las situaciones peligrosas se necesita un método preferiblemente, sencillo, que permita estimar el riesgo derivado de las temperaturas ambientales elevadas, en cada lugar, cada día, y actuar según vayan variando las condiciones ambientales externas a lo largo de la jornada.

En todo caso, el método de valoración que se adopte debe permitir establecer el “nivel de acción” que se debe activar en cada momento. El objetivo es poder activar las medidas de protección adaptadas a cada momento, de acuerdo a la peligrosidad²⁰. No hay que olvidar que la evaluación de riesgos tienen como principal objetivo llegar a una conclusión sobre la necesidad de evitar o de controlar y reducir el riesgo. Y si hay consenso con los trabajadores, se puede adaptar un método sencillo, siempre que permita tomar decisiones que conduzcan a reducir el riesgo.

“A partir de la información obtenida sobre la organización, características y complejidad del trabajo, sobre las materias primas y los equipos de trabajo existentes en la empresa y sobre el estado de salud de los trabajadores, se procederá a la determinación de los elementos peligrosos y a la identificación de los trabajadores expuestos a los mismos, valorando a continuación el riesgo existente en función de criterios objetivos de valoración, según los conocimientos técnicos existentes, o consensuados con los trabajadores, de manera que se pueda llegar a una conclusión sobre la necesidad de evitar o de controlar y reducir el riesgo.....” (Reglamento de los Servicios de Prevención, art 5).

Estimación del riesgo mediante el método “Índice de calor”

El “Índice de calor” (*heat index*, en inglés), se denomina a veces “temperatura de bochorno”, y en Canadá se le conoce como *Humidex*. Es un método cuya principal ventaja es que mediante mediciones sencillas permite apreciar fácilmente cuatro niveles de peligrosidad ambiental, a los que corresponden cuatro niveles de peligrosidad y, así, de acción preventiva.

Solo se necesita medir la temperatura y la humedad, variables que, combinadas, expresan la facilidad o dificultad para la correcta disipación del calor sobrante del cuerpo. Asimismo, en la leyenda de la tabla, se expresa el riesgo asociado a la realización de actividad física.

²⁰ Si las evaluaciones de riesgo de estrés térmico y esfuerzo físico realizadas en la empresa no se han realizado tomando en cuenta situaciones ambientales extremas, dichos documentos tienen un valor limitado pero aún así se pueden ser útiles para identificar actividades con mayor riesgo, por la presencia de los otros factores de estrés térmico (no para establecer habrá o no riesgo durante las situaciones ambientales extremas).

En la tabla que se presenta a continuación se pueden observar que cada combinación de temperatura y humedad tiene señalado una intensidad de calor, que representan cuatro niveles de peligrosidad en relación²¹.

Precaución	27 a 32	Posible fatiga por exposición prolongada o actividad física.
Precaución extrema	33 a 40	Insolación, golpe de calor, calambres. Posibles por exposición prolongada o actividad física.
Peligro	41 a 53	Insolación, golpe de calor, calambres. Muy posibles por exposición prolongada o actividad física.
Peligro extremo	54 o más	Golpe de calor, insolación inminente.

Tabla tomada de AEMET. Disponible en

http://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/montana/sensacion_termica/SensacionTermicaPorFrio-Calor-AEMET.pdf



TABLA DE VALORES DE SENSACIÓN TÉRMICA POR CALOR (HEAT INDEX)

		TEMPERATURA DEL AIRE EN GRADOS CELSIUS (C)																		
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
HUMEDAD RELATIVA (%)	45	27	28	29	30	32	33	35	37	39	41	43	46	49	51	54	57	61	64	
	50	27	28	30	31	33	34	36	38	41	43	46	49	52	55	58	62			
	55	28	29	30	32	34	36	38	40	43	46	48	52	55	59	62				
	60	28	29	31	33	35	37	40	42	45	48	51	55	59	63					
	65	28	30	32	34	36	39	41	44	48	51	55	59	63						
	70	29	31	33	35	38	40	43	47	50	54	58	63							
	75	29	31	34	36	39	42	46	49	53	58	62								
	80	30	32	35	38	41	44	48	52	57	61									
	85	30	33	36	39	43	47	51	55	60	65									
	90	31	34	37	41	45	49	54	58	64										
95	31	35	38	42	47	51	57	62												
100	32	36	40	44	49	54	60													

En principio, los valores están pensados para la estimación del riesgo al aire libre, en condiciones de sombra y viento suave. La tabla indica, por ejemplo, que la realización de actividad física ligera o moderada, con 28°C, en caso que la humedad no supere el 85%, es una situación de “precaución”. Si se supera ese valor de humedad, se pasa al siguiente escalón, “precaución extrema”. Si el trabajo físico es intenso, vemos en la leyenda que el nivel de peligro se incrementa hasta el nivel de “peligro”. Si las tareas son extenuantes o para realizarlas se necesita ropa de protección que impida la transpiración o EPI, la situación debería, entonces, considerarse como de “peligro extremo.”

²¹ Este enfoque para la protección de los trabajadores al aire libre está explicado en la web de la Administración de Seguridad y Salud del Departamento de Trabajo de EEUU, en https://www.osha.gov/SLTC/heatillness/heat_index/index.html. En el Anexo se presenta el enfoque habitual de la higiene y la ergonomía, así como las medidas para el control de la sobrecarga térmica. Son bastante más complejos.

Cuando la actividad se realiza con exposición a la radiación solar directa, se incrementa el valor del índice de calor, hasta en 9º C; así, si la temperatura ambiental es de 28ºC a la sombra, cuando el trabajo se realiza bajo la radiación solar el índice se situará la situación en la zona de peligro extremo²². El valor también se debe aumentar si hay exposición a calor radiante, pero el método no aporta un modo para calcular en cuánto.

Respecto a la velocidad del aire, el método indica que es necesario tomar en cuenta que cuando la temperatura es menor que 32º C (temperatura de la piel), el viento disminuye la sensación térmica, pero si es mayor de 32º C la sensación térmica aumenta. En estas circunstancias son necesarias medidas adicionales, es decir, se deben implementar las medidas correspondientes al siguiente nivel de riesgo.

Este sistema, en resumen, utiliza solo dos mediciones, temperatura y humedad, como indicadores del nivel de peligrosidad respecto a la situación ambiental.

En todo caso, no hay que olvidar:

- El resto de factores de riesgo: en muchas tareas ya hay exposición a estrés térmico derivado del esfuerzo físico y de los EPIs/ropa. Además de la situación atmosférica externa, en muchas tareas están presentes otras fuentes de calor que afectan al ambiente interior de los aerogeneradores, como el calor emitido por los propios equipos, y el calor proveniente de la radiación solar, y/o la humedad, que afecta a las paredes del aerogenerador (según las características del material y el grosor del mismo, pueden resultar aislantes respecto a la radiación solar, o absorber el calor e irradiarlo hacia el interior).
- La aclimatación previa de cada persona (ver arriba).
- Otros factores individuales: la tolerancia individual es cambiante, condicionada por factores como la situación de salud puntual, el descanso, medicación, etc.
- Las condiciones ambientales son diferentes en función de la localización, los horarios, etc., y en algunos aerogeneradores se pueden crear condiciones extremas.

²² Ver más sobre el método en la web de la Autoridad Laboral de los Estados Unidos sobre salud y seguridad en el trabajo, especialmente el apartado Using the Heat Index to Protect Workers in OSHA https://www.osha.gov/SLTC/heatillness/heat_index/using_heat_protect_workers.html. La página permite la traducción al castellano.

- En cualquier caso: ninguna estimación del riesgo puede sustituir a las señales de malestar de las personas.

2. Especificar las medidas preventivas adecuadas para cada nivel de peligrosidad

El siguiente hito del plan de acción es planificar medidas preventivas apropiadas para poder trabajar en condiciones de salud y seguridad en cada uno de los niveles de acción.

En tanto no se implanten medidas para reducir el riesgo de estrés térmico en su origen (como refrescar los lugares donde se trabaja, etc.), Las medidas más asequibles consisten en la adaptación del trabajo, para reducir el esfuerzo físico, por ejemplo, aplazando tareas que demanden especial esfuerzo físico y/o el uso de EPIs; cambios en el horario de trabajo, etc.

Otro tipo de medidas se orienta a garantizar medios para evitar la hipertermia. Eso es, medios para que las personas se refresquen: habilitar lugares para el descanso climatizados (pueden ser casetas/furgonetas con aire acondicionado) y asegurar que se realizan las pausas o descansos mediante medidas organizativas. Además, se favorecerán las medidas para favorecer la hidratación y otras medidas que permitan controlar la hipertermia.

A continuación se presenta un modelo de ficha que se ha de preparar para cada tarea de las que se realizan en los trabajos de operación y mantenimiento. La información respecto a la tasa metabólica de las tareas (ligera, moderada o intensa) y a los EPIs, los espacios confinados, la temperatura radiante, etc., se ha de recoger de las evaluaciones de riesgos.

Plan de acción frente al estrés térmico

Ficha de tarea

Tarea (nombre y descripción): _____

Factores de riesgo de estrés térmico implicados en esta tarea:

Esfuerzo físico requerido en la tarea _____

Equipos de protección individual y/o ropa especial requerido en la tarea _____

Exposición a calor derivado de fuentes no ambientales _____

Medidas a tomar, para cada nivel de acción

Niveles de acción	Descripción de las medidas a adoptar
Nivel “Precaución”	Medidas básicas:
Nivel “Extremar la precaución”	Medidas de precaución e incremento del nivel de alerta:
Nivel “Peligro”	Medidas adicionales para proteger a los trabajadores:
Nivel “Peligro extremo”	Medidas de protección aún más enérgicas que en el nivel anterior:

Es importante que las medidas que se adopten para reducir el estrés térmico durante los episodios de calor ambiental se adopten considerando conjuntamente las medidas que se adoptan para prevenir otros riesgos, como EPIs, etc. También, se han de controlar otros peligros asociados a la época estival, como pueden ser las quemaduras de piel, las lesiones oculares asociados a la exposición a radiaciones infrarrojas y la prevención del cáncer de piel asociado a la radiación UV.

Conviene estipular que las tareas con riesgo alto solo se podrán llevar a cabo si en el plan de acción se establecen medidas y medios que aporten protección máxima a la salud y seguridad de las personas. También, que esos trabajos requerirán un permiso escrito, en el que se mencione el nivel de riesgo esperado, el modo en que se va a realizar el trabajo, las medidas para proteger la salud de las personas expuestas, la vigencia temporal del permiso, las personas autorizadas para realizar la tarea y la persona que autoriza la tarea.

3. Establecer responsabilidades

Es fundamental que en cada lugar de trabajo esté designada una persona para que asuma la responsabilidad de fijar la peligrosidad de las condiciones ambientales del día, siguiendo el método que se haya acordado. Estas decisiones, se registrarán y serán supervisadas por una persona con mando, que será la que, en caso necesario, otorgue los permisos escritos.

Esa persona será la encargada de comunicar el “nivel de acción” previsto para el día y la adaptación de los planes de trabajo adaptado, antes de comenzar la jornada.

Recordará al equipo las medidas que se adoptan, las responsabilidades asignadas, y el plan de primeros auxilios.

Es importante tomar en cuenta, en la organización de las tareas la aclimatación, pues puede estar ausente si las temperaturas han subido de manera súbita, o se comienza a trabajar en un área más calurosa que la habitual. También puede que no estén aclimatados individuos concretos.

También requerirá del equipo información sobre posibles factores puntuales que pueda aumentar el nivel de susceptibilidad individual, como malestar previo, uso de medicación, etc.

4. Organizar el refuerzo de los primeros auxilios

El plan contendrá un protocolo de primeros auxilios enfocado específicamente para situaciones de calor alto o extremo. Incluirá un sistema para que las personas se mantengan vigilantes para proteger a sus compañeros, y puedan identificar cualquier síntoma de forma temprana, de modo que puedan proporcionar primeros auxilios de manera competente y soliciten en su caso, asistencia médica urgente.

El plan de acción deberá especificar cómo se activa, en su caso, la evacuación y el traslado a servicios de urgencias.

Es fundamental tener previsto cómo actuar en caso de este tipo para cada localización en particular, e informar y formar a los trabajadores. Se trata de estar preparados para revertir con la mayor celeridad los signos de hipertermia cuyo progreso puede poner en peligro la vida.

IMPORTANTE: RECONOCER SÍNTOMAS - SABER CUÁNDO ACTIVAR EL PROTOCOLO DE PRIMEROS AUXILIOS Y/O LLAMAR AL 112.		
Actuar, inmediatamente, cuando se observe	Actuar inmediatamente y alertar, si se observaran	Actuar con urgencia ¡Peligro vital!
Mucho sudor Cansancio Piel irritada Sed	Náuseas Mareos Dolor de cabeza Irritabilidad Agotamiento Extenuación	Confusión Vómitos Convulsiones Pérdida de coordinación Desmayo Piel pálida, fría y húmeda, Piel seca, roja y caliente
actuar el protocolo para atención temprana ante síntomas de sobrecarga térmica adoptado para el lugar de trabajo/empresa	Activar el protocolo de primeros auxilios / llamar a los equipos designados	Activar el protocolo de primeros auxilios y llamar al 112

5. Formación

El plan debe prever acciones formativas en las que se exponga y debata los aspectos teóricos y prácticos de la gestión del riesgo por estrés térmico en la empresa. Entre los contenidos estará la política empresarial de protección de la salud respecto al estrés térmico y las medidas contenidas en el Plan de acción.

Es especialmente importante, también, formar a las personas en el reconocimiento temprano de cualquier síntoma que indique una posible enfermedad por calor, la activación del sistema de monitorización mutua, y los distintos roles en la activación de las medidas de primeros auxilios y las evacuaciones de emergencia.

6. Seguimiento de la efectividad del plan y vigilancia de la salud

Se ha de analizar la efectividad del plan y de las medidas adoptadas, con la participación de los delegados de prevención y de los trabajadores y trabajadoras directamente afectados.

Por otra parte, se especificarán las pruebas para la vigilancia de la salud, y las pruebas médicas específicas, para los trabajadores expuestos a estrés térmico.

¿Qué hacer si la empresa no se muestra dispuesta a preparar un plan de acción ante el estrés térmico derivado de episodios de altas temperaturas ambientales? Si la representación de los trabajadores lo ha solicitado con anticipación y por escrito, y no ha recibido respuesta adecuada, conviene que contacten con la estructura de salud laboral de la Federación o con la organización territorial de CCOO de Industria (<http://www.industria.ccoo.es/>).

Es fundamental actuar ante cualquier situación de riesgo grave o inminente. El asesoramiento sindical en este caso es especialmente importante pues puede ser necesario paralizar el trabajo y/o denunciar ante Inspección de Trabajo y Seguridad Social.



6

HERRAMIENTA 2: VALORACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR EN TRABAJOS DE O/M DE AEROGENERADORES

Esta lista de comprobación se orienta a comprobar la calidad de la gestión del riesgo de exposición a estrés térmico por calor derivado del ambiente térmico exterior.

Su objetivo es una gestión eficaz de este riesgo, de modo que se consiga la protección de la salud, la seguridad y el bienestar durante el trabajo.

La lista de cuestiones a apreciar no debe considerarse cerrada; en cada empresa puede ser relevante indagar sobre cuestiones adicionales.

GESTIÓN PREVENTIVA DEL ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR DEL PUESTO DE TÉCNICO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE AEROGENERADORES		
Si la respuesta a una de las siguientes preguntas es «NO», ello indica que es necesario introducir mejoras		
	Sí	No
Evaluación de riesgos de estrés térmico por calor. Aspectos generales		
Se ha realizado una evaluación del riesgo de estrés térmico por calor de los trabajos de O/M		
Los representantes de los trabajadores fue consultada y participó en la elección de la metodología aplicada en dicha evaluación		
En dicha evaluación se han tomado en cuenta todas las tareas y lugares de trabajo relevantes		
En dicha evaluación se ha tomado en cuenta las condiciones de trabajo en espacios recalentados por equipo o con posibilidad de contacto con superficies calientes		
La evaluación de riesgos de estrés térmico tomó en cuenta las características relevantes de cada modelo de aerogenerador		
En dicha evaluación se ha tomado en cuenta el uso de EPIs (calzado de seguridad, casco de seguridad, gafas de seguridad para la protección frente a impacto de partículas sólidas y UV, máscaras de protección respiratoria, guantes de protección mecánica, rodilleras, etc.) y de la ropa de trabajo con propiedades técnicas que puedan tener propiedades aislantes		
La evaluación contempla el nivel de riesgo en condiciones de temperatura y/o la humedad especialmente altas (Negativo = toma como referencia un "día representativo")		
La evaluación del riesgo de estrés térmico por calor indica actuaciones preventivas para reducirlo en el origen (como medidas de ingeniería orientadas a evitar el calentamiento de los espacios, aislamiento de las personas respecto a las fuentes de calor, medidas para la refrigeración, etc.).		
Se han aplicado medidas en el origen o se están aplicando progresivamente		
La evaluación del riesgo de estrés térmico por calor aporta medidas para reducir la exposición durante los días de en que las condiciones ambientales de calor y/o humedad sean extremas (el contenido, se chequea más abajo)		
Dichas medidas se adaptan a diferentes condiciones ambientales de calor/humedad		

La empresa tiene y aplica un programa para la aclimatación progresiva de los trabajadores que han permanecido fuera del trabajo durante periodos de baja, de vacaciones, o realizando otro tipo de tareas, o de trabajadores recientemente incorporados		
Los trabajadores reciben instrucciones específicas acerca de como identificar situaciones de riesgo grave y/o inminente por estrés térmico, en las que se debe interrumpir la exposición		
Cuando ocurren cualquier incidente o accidente en días de altas temperaturas, se comprueba si el estrés térmico ha podido intervenir como factor causal		
Esfuerzo físico requerido. Aspectos generales		
La empresa cuenta con una evaluación del esfuerzo físico requerido para distintas tareas de los técnicos de O/M		
La metodología para valorar los requerimientos físicos de esas tareas fue objeto de consulta con los representantes de los trabajadores, y estos han participado en su realización		
En la evaluación del riesgo de estrés térmico se han utilizado datos sobre esfuerzo físico en distintos modelos de aerogenerador, y se han señalado medidas apropiadas para reducirlo, para cada uno de estos		
La evaluación del esfuerzo físico incluyó las tareas más arduas, y en particular la subida a la nacelle		
En la evaluación del riesgo de estrés térmico se han utilizado datos sobre esfuerzo físico reales (Negativo: el esfuerzo físico se ha estimado por tablas)		
Las personas sobre las que se ha hecho la valoración del esfuerzo físico fueron elegidas para representar distintos estados de forma física (Negativo = se ha realizado sobre los individuos elegidos por su forma física óptima).		
La evaluación del esfuerzo físico se ha hecho respecto a personas de todos los segmentos de edad		
Se ha evaluado el riesgo asociado a los movimientos repetitivos y a las posturas forzadas y se han tomado medidas efectivas para su reducción		
Todas las operaciones se pueden realizar sin tener que levantar los brazos por encima del nivel de los hombros		
Se han adoptado medidas para que los trabajadores no tengan que permanecer en posturas estáticas durante largos periodos de tiempo		
Las herramientas se han elegido por su diseño ergonómico y son cómodas de utilizar		

Valoración del Plan de Acción para episodios de altas temperaturas / humedad		
La empresa tiene preparado un plan de acción para los días de mayor riesgo de estrés térmico, asociado a las altas temperaturas/humedad		
Dicho plan se ha consensuado con los representantes de los trabajadores		
Dicho plan incluye un método para establecer en qué condiciones meteorológicas se ha de activar, y sirve también para fijar el grado de peligrosidad que corresponde a cada momento		
El plan especifica que tipo de tareas se deben aplazar, según el nivel de estrés térmico que se alcance		
El plan contiene un método para la toma de datos de las condiciones locales de temperatura y humedad, y para establecer el nivel de riesgo		
Se tiene previstas y acordadas qué medidas se han de tomar tras establecer el nivel de riesgo diario, incluidas adaptaciones del plan de trabajo		
Dicho plan permite tomar medidas adaptadas a las condiciones en los diferentes modelos de aerogeneradores		
El plan de acción establece que para realizar ciertos trabajos durante los periodos en los que está activado se necesita recibir permiso escrito		
Cada equipo de trabajadores conoce para qué trabajos se debe obtener permiso escrito, y de quién deben obtenerlo		
La responsabilidad jerárquica de las personas que otorgan los permisos es superior a la de la/s personas que lo reciben (NO = es similar)		
El plan incluye medidas para adaptar la jornada y horarios de trabajo, según el grado de peligrosidad		
El plan toma en cuenta la variación en las condiciones de estrés térmico a través de franjas horarias		
El plan de acción dispone el modo de asegurar la provisión de agua fresca y/o bebidas isotónicas		
El plan de acción especifica, y pone a disposición, medios para reducir la sobrecarga térmica, adicionales a los orientados a la hidratación con agua fresca y sales en sobres, de modo que se asegure la protección de la salud de las personas que se encuentran desarrollando sus tareas en las zonas superiores de la torre, en los que no se cuenta con acceso a un sitio fresco y próximo para realizar descansos		
El plan de acción establece medidas específicas para suplir la realización de descansos en sitios frescos para el caso en que se esté trabajando en un aerogenerador que no cuente con ascensor		

Se ha analizado si existen factores que actúan como “incentivo” para no realizar descansos y se han tomado medidas para eliminarlos		
El plan de acción se adapta adecuadamente a las tareas de mantenimiento preventivo		
El plan de acción se adapta adecuadamente a las tareas de mantenimiento correctivo		
El plan de acción establece en qué nivel de riesgo de estrés térmico se deben aplazar cualquier trabajo en espacios confinados		
El plan de acción prohíbe todo trabajo en solitario para las situaciones de peligro y peligro extremo		
Información y formación		
Toda persona que trabaja en O/M ha recibido formación e información sobre la aplicación de medidas dispuestas para el control del riesgo de estrés térmico por calor, tomando especialmente en cuenta las medidas dispuestas para las situaciones más peligrosas.		
Los técnicos han sido formados e informados acerca de las conclusiones de la evaluación de riesgos y de las medidas recomendadas en la misma		
Los técnicos han recibido formación respecto al plan de acción para situaciones de calor ambiental extremo y para reconocer situaciones que suponen un riesgo inminente y grave		
Los riesgos no controlados con medidas sobre el origen son conocidos y están señalizados		
En la empresa se promueve una cultura de atención a las condiciones ergonómicas y al confort, y se considera que contribuyen a la “seguridad”		
Espacios confinados		
En la evaluación del riesgo de estrés térmico por calor se ha tomado en cuenta las tareas en espacios confinados		
Los trabajadores reciben formación específica sobre las restricciones de los trabajos en espacios confinados según las condiciones ambientales		
Subida a la nacelle		
La subida se realiza por ascensor (negativo = se realiza por escala y no se dispone de ayudador)		

La subida se realiza por escala y se dispone de ayudador, y la torre no tiene más de 60 metros		
Para la subida por escala, esta cuenta con medios para descansar en las plataformas intermedias		
Se facilitan y utilizan cinturones de herramientas para subirlas y bajarlas con seguridad cuando se utiliza la escala del aerogenerador		
Izado de materiales y manipulación manual de cargas		
En todos los aerogeneradores existen medios óptimos para facilitar el izado de materiales / cuentan con un dispositivo mecánico para la elevación de cargas		
Se organiza el trabajo de manera que las operaciones manuales de elevación de cargas pesadas se limiten al mínimo		
Está establecido que no se pueden transportar o manipular cargas por y desde la escalera cuando por su peso o dimensiones puedan poner en riesgo la estabilidad del trabajador, y se han fijado valores de referencia		
Los trabajadores han recibido la formación suficiente en materia de técnicas de manipulación segura de cargas		
El esfuerzo físico asociado a la manipulación manual de cargas ha sido evaluado y se han aplicado todas las medidas propuestas en dicha evaluación y por los trabajadores		
Control de la sobrecarga térmica y primeros auxilios		
Se monitoriza la sobrecarga térmica mediante la medición o estimación de la temperatura corporal central o mediante el monitoreo del pulso cardíaco		
Se monitoriza la deshidratación (se facilitan tablas de color de la orina cerca de las instalaciones sanitarias, que muestran los colores de la orina de una persona hidratada en comparación con una persona deshidratada; se controla el peso; etc.).		
El plan incluye medidas para identificar personas que pueden estar mostrando signos de hipertermia y los trabajadores están formados para supervisar a otros compañeros respecto a los primeros síntomas de alteraciones por calor		
El plan incluye medidas y medios suficientes para suministrar primeros auxilios in situ para personas que muestren algún signo de hipertermia		
El plan de emergencia contempla la eventual necesidad de evacuar personas en la nacelle y dispone de medios apropiados		



Se presenta el esquema de actuación explicado en dos Notas Técnicas de Prevención: la NTP 922: Estrés térmico y sobrecarga térmica: Evaluación de los riesgos (I) y la NTP 923: Estrés térmico y sobrecarga térmica: Evaluación de los riesgos (II) del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Allí se propone seguir el esquema de actuación ante el estrés térmico por calor que propone la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)²³.

Este enfoque, en primer lugar, procede a valorar si existe un nivel de exposición que suponga riesgo de estrés térmico (es decir, que no se trata de una situación de “disconfort térmico”).

Si se confirma el estrés térmico, y no se dispone de medidas que permitan controlar el riesgo en origen (o evitar la exposición), el método indica cómo actuar para proteger la salud de las personas mediante el control de la exposición, mediante pausas. El objetivo es organizar el trabajo evitando o controlando que no se sobrepase un límite de sobrecarga térmica, evitando daños a la salud.

²³ La NTP 922 está disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/891a925/922w.pdf>

La NTP 923 está disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/891a925/923w.pdf>

El método WGTB se puede encontrar explicado en castellano, en https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_4.html

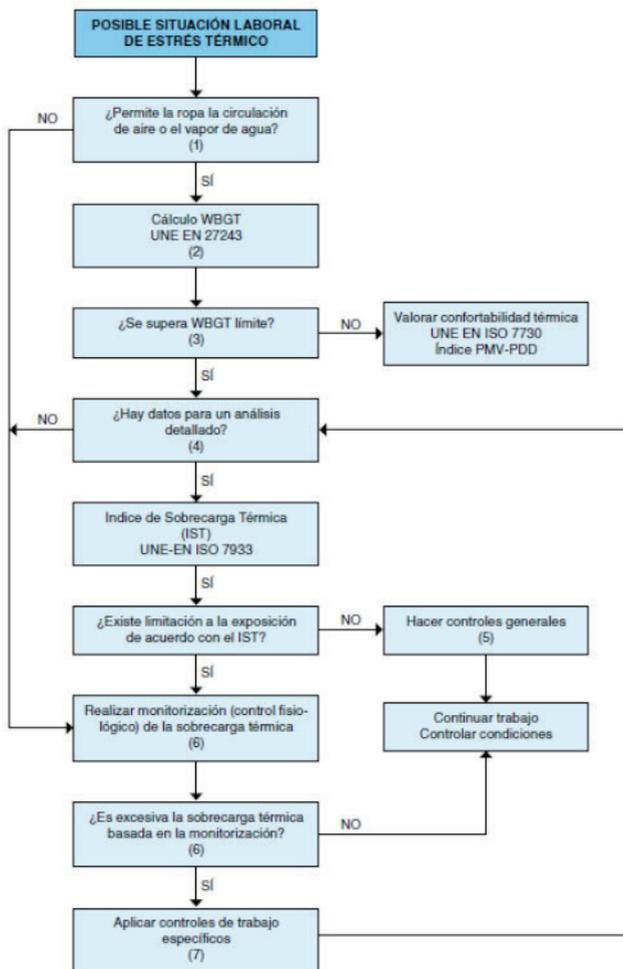


Gráfico: Figura 1 de la NTP 922, en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/891a925/922w.pdf>

Valoración de la situación con el índice WBGT

El índice WBGT permite hacer una estimación de la respuesta del cuerpo al ambiente térmico, para comprobar si puede alcanzar niveles peligrosos. Según el INSST, “el índice WBGT se utiliza, por su sencillez, para discriminar si es o no admisible una situación de riesgo de estrés térmico. Se trata de una primera aproximación, no de un método preciso. Su cálculo permite tomar decisiones en cuanto a las posibles medidas preventivas a aplicar²⁴.”

Este método, desarrollado en la Norma UNE EN 27243, parte de la premisa de que las personas estarán protegidas si las condiciones de trabajo no provocan que la temperatura corporal se eleve a un nivel peligroso (38º C), en cuyo caso se considera que la persona puede continuar trabajando. En cambio, si el resultado obtenido supera ese valor de referencia, se concluye que las condiciones de trabajo son peligrosas, por lo que solo se puede continuar trabajando si deben adoptar medidas de control, orientadas a la protección de la salud (pausas, monitorización, etc.).

Los valores de índice expresan los efectos combinados del ambiente a partir de la temperatura del aire, la carga térmica radiante, el movimiento del aire y la humedad relativa del aire. El resultado se expone en unidades “C” WBGT (que no se deben confundir con grados Celsius). La fórmula mide tres variables:

- Ta: temperatura del aire, medida con un termómetro protegido.
- Tg: temperatura de globo, que es la temperatura medida en un globo negro muy sensible al calor radiante.
- Tnw: temperatura de bulbo húmedo, que mide la situación de exposición real al viento y al sol, medida con un termómetro cubierto con un bulbo húmedo para representar el impacto de la evaporación.

La fórmula se puede adaptar para hacer valoraciones tanto de espacios interiores y como exteriores con radiación solar.

²⁴ Calculador Estrés térmico. Introducción. Ver <http://calculadores.inssbt.es/Estr%C3%A9s%C3%A9rmico/Introducci%C3%B3n.aspx>

Una limitación del método es que se supone que se utiliza ropa transpirable. Este aspecto se puede corregir mediante tablas. Pero es más adecuado calcular la resistencia térmica que ofrece la vestimenta, lo que se puede hacer con ayuda de un calculador, basado en la norma EN ISO 9920:2009²⁵.

Otra limitación del método WGTB es que no establece un valor por encima del cual se verá afectado el rendimiento psicomotor de las personas.

El método tampoco está adaptado para contemplar la variedad en las respuestas individuales al estrés térmico.

Existen en el mercado equipos transductores WBGT que facilita las valoraciones in situ. El Instituto Nacional aporta un calculador, disponible en <http://calculadores.insbt.es/Estr%C3%A9st%C3%A9rmico/Introducci%C3%B3n.aspx>. Con estos equipos el cálculo del índice WGTB es sencillo pero es importante poner mucha atención para evitar errores en la toma de datos: se requiere un tiempo para la “aclimatación” del equipo, se debe elegir adecuadamente los puntos sobre los que se va a medir, etc.

Estimación y monitorización fisiológica de la sobrecarga térmica

Si mediante el índice WGTB se ha determinado que las condiciones de trabajo exponen a estrés térmico, lo ideal es tomar medidas para reducir el riesgo en el origen, actuando sobre el entorno físico de trabajo, reduciendo el esfuerzo físico y/o eliminando la necesidad de ropa de protección. Mientras no se pongan en marcha esas medidas, el método se orienta a tomar medidas orientadas a evitar la sobrecarga térmica, es decir, a proteger la salud.

Para controlar la sobrecarga, se utilizan por una parte, métodos estimativos, que permiten hacerse una idea de la medida de la sobrecarga que se deriva de ciertas condiciones de estrés térmico. Por otro, hay métodos orientados a monitorizar la respuesta corporal al estrés térmico, para detectar si hay sobrecarga térmica, e interrumpir o controlar la exposición.

²⁵ “Ergonomía del ambiente térmico. Estimación del aislamiento térmico y la resistencia a la evaporación de un conjunto de ropa”, disponible en <http://calculadores.insbt.es/Resistenci%C3%A9rmicadelvestido/Introducci%C3%B3n.aspx>

UNE EN ISO 7933:2005 Índice Sobrecarga Térmica

❖ Cálculo balance térmico cuerpo:

- Temperatura aire (t_a)
- Temperatura radiante media (t_r)
- Presión parcial de vapor (p_a)
- Velocidad del aire (v_a)
- Estimación tasa metabólica (M) (ISO 8996:2005)
- Características térmicas ropa (ISO 9920:2009)

❖ Criterios estrés:

Tasa sudoración máxima y Mojadura piel máxima

Tasa sudoración requerida (SW_{req}) < Tasa sudoración máxima (SW_{max})
Mojadura requerida piel (w_{req}) < Mojadura máxima piel (w_{max})

$$W_{max} = 0,85 \text{ (no aclimatados)}$$

$$W_{max} = 1 \text{ (aclimatados)}$$

$$SW_{max} = (M - 32) \times A_{Du} \text{ en } Wm^{-2}$$

$$A_{Du} = \text{Área superficie cuerpo Dubois}$$

❖ Permite calcular tiempo máximo exposición (D_{lim})

Pérdida agua máxima del individuo: 7,5% de su masa corporal
(suministro libre agua)
Pérdida agua máxima del individuo: 3% de su masa corporal
(sin suministro agua)

UNE EN 9886:2004 Evaluación sobrecarga térmica mediante mediciones fisiológicas

Describe **métodos** para la **medida** de :

- Temperatura central cuerpo
- Temperaturas cutáneas

Describe **métodos de evaluación sobrecarga térmica** :

- Frecuencia cardíaca

Describe **métodos de evaluación sobrecarga fisiológica** :

- Pérdida masa corporal debida sudoración

Establece **valores límite** parámetros fisiológicos

- Temperatura central cuerpo (incremento 1°C ó 38,5 °C)
- Temperatura piel: Tª cutánea local máxima: 43°C
- Frecuencia cardíaca: 33 pulsaciones/min por °C de ↑ Tª central
- Pérdida masa corporal:
Tasa sudoración máx. 1 l/h (no aclimatados)
1,25 l/h (aclimatados)

Sección del póster de García Sanz, Ma Peñahora (2014). La evaluación del ambiente térmico caluroso. Escenario normativo (CNNT, INSHT).

La estimación mediante el índice de sobrecarga térmica (IST)²⁶

El Índice de sobrecarga térmica estimada es un método orientado específicamente a establecer el “régimen de trabajo-descanso”, de modo que se asegure que se brinda al organismo la oportunidad de “reestablecer” su balance térmico. Así, el objetivo es que no se produzca una sobrecarga fisiológica que afecte a la salud.

El método calcula el tiempo máximo de exposición a condiciones de estrés térmico; es decir, indica un tiempo máximo de exposición, por encima del cual que se estima que se producirán daños a la salud.

Su fórmula halla un valor para la fracción de tiempo de descanso respecto al máximo de permanencia en una situación calurosa (o duración máxima de trabajo). El valor obtenido se usa para organizar el trabajo con pausas, en

²⁶ En inglés, Predicted Heat Strain o PHS Model. Se basa en la norma UNE-EN ISO 7933:05 y está explicado en la Nota Técnica de Prevención 923 Estrés térmico y sobrecarga térmica: evaluación de los riesgos (II). Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/891a925/923w.pdf>

etapas, de forma que puedan compensarse un periodo de actividad con otro de recuperación.

La norma UNE-EN ISO 7933:2004, sobre la que se basa, valora el riesgo de sobrecarga térmica que experimenta un individuo en un ambiente caluroso. Realiza una estimación de la tasa de sudoración y de la temperatura interna que el cuerpo humano alcanzará en respuesta a ciertas condiciones de trabajo.

La norma usa valores de referencia distintos para individuos aclimatados y no aclimatados, y también en función del grado de protección deseado (nivel para proteger a individuos considerados tipo medio vs. nivel de alarma, para proteger al 95% de la población trabajadora).

Este método no es aplicable cuando se ha de llevar EPI o ropa de protección especial.

El Instituto Nacional aporta un calculador online para este índice, disponible en <http://calculadores.insbt.es/Ambientet%C3%A9rmico/Introducci%C3%B3n.aspx>²⁷.

Monitorización fisiológica de la sobrecarga

Se parte de la idea de que cuando la exposición a estrés térmico amenaza severamente a la salud, especialmente cuando hay uso de ropa de protección, solo se puede trabajar si se controla la sobrecarga térmica.

El método propone “mediciones” orientadas a controlar que la hipertermia no supere el valor de referencia de 38°C. Los valores umbral varían para distintos tipos de colectivos, pero siempre hay que recordar por encima de cualquier valor límite “objetivo”, es fundamental atender a las señales de malestar de las personas, e interrumpir la exposición hasta que se recupere (ver más arriba, sobre las condiciones individuales y ACGIH).

Para la monitorización, el Instituto Nacional recomienda la aplicación de la “UNE EN 9886:2004 Evaluación de la sobrecarga térmica mediante mediciones fisiológicas” que indica cómo medir y cómo interpretar los resultados. La monitorización fisiológica se basa en el control del ritmo cardíaco, la temperatura interior y de la piel, y la medición de la pérdida de masa corporal, que es una estimación de la pérdida de líquidos por sudoración.

²⁷ Ken Parsons Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate, and Cold ...página 466 https://books.google.es/books?id=xjSBQAAQBAJ&pg=PA467&dq=Ken+Parsons+9886&source=bl&ots=b0wGGYqJgh&sig=Vg2F4MFxvTdkG2w9TcQmztckKck&hl=es&sa=X&ved=2ahUKewj5LH1h_zcAhWrziLUKHVI_CQOQ6AEwAnoECAUQAQ#v=onepage&q=Ken%20Parsons%209886&f=false

El Instituto Nacional no aporta un calculador para aplicar esta norma, aunque sí aporta unas indicaciones, en la NTP 922.

6. La monitorización fisiológica (NTP 922)

La monitorización de los signos y síntomas de los trabajadores que sufren estrés térmico es especialmente importante sobre todo cuando la ropa reduce significativamente la pérdida de calor. Los siguientes síntomas permiten identificar cuando existe sobrecarga térmica, en cuyo caso la exposición al calor debe ser interrumpida.

- Para personas con un sistema cardíaco normal, se debe interrumpir durante varios minutos la exposición cuando el pulso cardíaco supera 180 pulsaciones por minuto, restada la edad en años del individuo (180-edad).
- Si la temperatura corporal interna supera los 38°C en el caso de personal no aclimatado.
- Si tras un gran esfuerzo, cuando el pulso de recuperación (1 minuto después del esfuerzo máximo) es mayor de 110 pulsaciones por minuto.
- Si existen síntomas como fuerte fatiga repentina, náuseas, vértigo o mareos.
- Si un trabajador en exposición al calor aparece desorientado o confuso, o sufre una irritabilidad inexplicable, malestar general, síntomas gripales, se le debería retirar a una zona refrigerada con circulación rápida de aire y permanecer en observación por personal cualificado.
- Si la sudoración se interrumpe y la piel se vuelve caliente y seca, se le debe proporcionar atención médica inmediata, seguida de la hospitalización.

Bajo ningún concepto deben desatenderse los signos o síntomas en los trabajadores que puedan relacionarse con posibles consecuencias de la sobrecarga térmica excesiva.

Los controles generales son necesarios aunque la sobrecarga térmica entre los trabajadores se considere aceptable en el tiempo. Además, debe continuarse con el control fisiológico periódico para asegurar que la exposición al calor se mantiene en niveles aceptables.

Si durante el seguimiento fisiológico se observa que los individuos alcanzan situaciones de sobrecarga térmica, entonces debe plantearse la implantación de controles de trabajo específicos (de ingeniería, administrativos y de protección personal) y un mayor control del riesgo.

Determinación del metabolismo energético mediante tablas

Los altos niveles de producción del calor metabólico asociados a un trabajo muscular intenso son difíciles de disipar en ambientes térmicos de calor y humedad.

La Norma UNE 8996 “Ergonomía del ambiente térmico. Determinación de la tasa metabólica” es una herramienta para calcular la intensidad de la actividad física. La norma presenta varios métodos para determinarla.

Una primerísima aproximación es utilizar tablas, tal como se explica en la NTP 1011, pero es un método muy poco preciso. Otra forma de aproximarse, derivada de la misma Norma UNE, es la medición del consumo metabólico. Si la empresa ha realizado la evaluación de la carga física como parte de la evaluación de riesgos ergonómicos, se puede de ahí el gasto energético de cada actividad. Es importante, de todos modos, que dicha evaluación esté hecha sobre individuos con distintos grados de forma física, y no sobre individuos escogidos por su forma física óptima, para “representar” al colectivo.

En las páginas del INSST se aporta un calculador que presenta varias aproximaciones, disponible en <http://calculadores.insht.es/Metabolismoenerg%C3%A9tico/Introducci%C3%B3n.aspx>²⁸

Determinación del riesgo derivado de la ropa de protección o de los EPIs

El efecto de la ropa sobre el intercambio de calor seco está determinado por el aislamiento térmico del conjunto de la vestimenta y por el gradiente de temperatura entre las superficies de la piel y de la ropa. El aislamiento térmico «I», se define como: Resistencia a la pérdida de calor seco entre dos superficies, expresada en metros cuadrados Kelvin por vatio ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$). La unidad en que suele expresarse el aislamiento térmico es el «clo» (del inglés clothes), siendo: $1 \text{ clo} = 0,155 (m^2 \cdot K \cdot W^{-1})$.

El Instituto Nacional presenta un calculador Cálculador de la Resistencia térmica del vestido basado en la información contenida en la norma europea EN ISO 9920:2009 “Ergonomía del ambiente térmico. Estimación del aislamiento térmico y la resistencia a la evaporación de un conjunto de ropa. (ISO 9920:2007, versión corregida 01-11-2008) (Ratificada por AENOR en junio de 2010). Disponible en <http://calculadores.inssbt.es/Resistenciatérmicadelvestido/Introducción.aspx>

²⁸ Se puede ver también Malchaire, J Ergonomics of the thermal environment. Determination of metabolic rate y la NTP 916. El descanso en el trabajo (I): pausas



MATERIALES DE INTERÉS

Prevención de riesgos laborales en el sector de la energía eólica

- APREAN RENOVABLES *Guía de Buenas Prácticas Preventivas en el Sector de la Energía Eólica*. Proyecto financiado por la Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales (Exp. IT-157/2007). Disponible en <http://www.prl.aprean.com/index.php>
- EU-OSHA *E-fact 79: Occupational safety and health in the wind energy sector*. Disponible en: <https://osha.europa.eu/sites/default/files/publications/documents/en/publications/e-facts/e-fact-79-occupational-safety-and-health-in-the-wind-energy-sector/Efact79%20wind%20energy%20sector.pdf>
- EU-OSHA (2013). *Occupational safety and health in the wind energy sector*. Disponible en: <https://osha.europa.eu/es/tools-and-publications/occupational-safety-and-health-in-the-wind-energy-sector>
- EU-OSHA *E-Fact 80. Lista de comprobación para la identificación de peligros: riesgos para la seguridad y salud en el trabajo (SST) en el sector de la energía eólica*. Disponible en: <https://osha.europa.eu/es/tools-and-publications/publications/e-facts/e-fact-80-hazard-identification-checklist-occupational-safety-and-health-osh-risks-in-the-wind-energy-sector>
- Chaumel Jean-Louis, Giraud Laurent, Ilinca Adrian (2015). *Wind Energy Sector. Occupational Health and Safety Risks and Accident Prevention Strategies Mechanical and Physical Risk Prevention* Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Quebec Studies and Research Projects REPORT R-858. Disponible en <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-858.pdf>

- Freiberg A, Schefter C, Girbig M, Murta VC, Seidler A. (2018). *Health effects of wind turbines in working environments - a scoping review*. Scand J Work Environ Health. 2018 Jul 1;44(4):351-369. Disponible en doi: 10.5271/sjweh.3711

Ergonomía / estrés térmico

- Périard JD Racinais S y Sawka MN (2015). *Adaptations and mechanisms of human heat acclimation: Applications for competitive athletes and sports*. Scand J Med Sci Sports: 25 (Suppl. 1): 20–38 doi: 10.1111/sms.12408 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/sms.12408>
- Jacques Malchaire (2017). “Evaluation of the metabolic rate based on the recording of the heart rate”. Review article. *Industrial Health* 2017, 55, 219–232 https://www.jstage.jst.go.jp/article/indhealth/55/3/55_2016-0177/_pdf
- J. Malchaire *Ergonomics of the thermal environment Determination of metabolic rate became the international standard 8996. Basis for the edition of the standard ISO 8996*. http://www.deparisnet.be/chaleur/Normes/Malchaire_iso8996_metabolic_rate.pdf
- OHTA (2016) *W502 Thermal Environment* <http://www.ohlearning.com/training/training-materials/w502-thermal-environment.aspx>
- ISTAS (2015). *El calor en el trabajo al aire libre. Guía para la prevención del estrés térmico para delegados de prevención*. Proyecto financiado por la FPRL. Disponible en [http://www.istas.net/descargas/El calor en el trabajo al aire libre.pdf](http://www.istas.net/descargas/El%20calor%20en%20el%20trabajo%20al%20aire%20libre.pdf)
- ISTAS (2015). Folleto *Trabajando al aire libre, también exigimos prevención*. Proyecto financiado por la FPRL. Disponible en <http://www.istas.net/descargas/DipCalorTrabajo.pdf>
- OSALÁN (sin fecha) *Estrés térmico: recomendaciones para trabajar con calor*. http://www.osalan.euskadi.eus/contenidos/nota_prensa/recomendaciones_estres_termico/es_notas1/adjuntos/recomendaciones_estres_termico.pdf
- Departamento de Trabajo de EEUU. Administración de Seguridad y Salud. Manual Técnico OSHA Sección III: Capítulo 4. Estrés térmico (traducción al castellano). Disponible en https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_4.html

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). *Heat Stress and Strain: TLV® Physical Agents 7th Edition Documentation* (2017). TLVs and BEIs with 7th Edition Documentation, CD-ROM. Cincinnati, OH, 2017.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). *Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Heat and Hot Environments*. DHHS (NIOSH) Publication No. 2016-106, February 2016. Disponible en <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/pdfs/2016-106.pdf?id=10.26616/NIOSH PUB2016106>
- OSHA Technical Manual. Section III: Chapter 4 - Heat Stress https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_4.html
- OIT Enciclopedia de salud y seguridad en el Trabajo Capítulo 42. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/42.pdf>
- INSHT Normas técnicas sobre ambiente térmico. <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Ambiente%20termico/fichero%20Normativa%20tecnica/NormativaTecnicaAmbTermico.pdf>
- Safety Institute of Australia (2012). Physical Hazards: Thermal Environment <https://www.ohsbok.org.au/wp-content/uploads/2013/12/26-Hazard-Thermal-environment.pdf?x19450>

Recursos en portales web

- INSHT - Ergonomía: Portal Ambiente térmico, con tres subportales: Metodología de evaluación, Normativa legal y técnica y Documentos y material divulgativo y portal Higiene: estrés térmico.
- INSHT Portal sobre equipos de protección individual <http://www.insht.es/portal/site/Epi/>
- NIOSH. Estrés térmico en trabajos al aire libre <http://www.cdc.gov/niosh/topics/outdoor/>
- OSHA: Campaña de prevención del calor - <https://www.osha.gov/SLTC/heatstress/index.html>
- CCOHS - OSH Answers Fact Sheets - Hot Environments - Control Measures https://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/heat_control.html

