



FICHA TÉCNICA

AUTOR: MARTÍNEZ GARCÍA, Ángel.

TÍTULO: Cómo cuantificar el estrés térmico en trabajos al aire libre: tasas metabólicas.

FUENTE: *Gestión Práctica de Riesgos Laborales*, nº 46, pág. 46, febrero 2008.

RESUMEN: En climas cálidos, los altos niveles de producción del calor metabólico asociados al trabajo muscular y las altas temperaturas alcanzadas en los meses de primavera o verano agravan el riesgo para la salud debido al estrés térmico. El objetivo del estudio presentado en este artículo, realizado por técnicos del Instituto de Seguridad y Salud Laboral de la Región de Murcia, es adquirir un mayor conocimiento sobre los valores del gasto energético en actividades desarrolladas al aire libre durante el período estival, concretamente en construcción y agricultura. Los métodos utilizados en este trabajo están definidos en la norma UNE-EN ISO 8996, de junio de 2005.

DESCRIPTORES:

- Tasa metabólica.
- Estrés térmico.
- Norma UNE-EN ISO 8996.
- Higiene industrial.
- Agricultura.
- Construcción.
- Trabajos al aire libre.

Cómo cuantificar el estrés térmico en trabajos al aire libre: tasas metabólicas

Los trabajadores de construcción o agricultura se encuentran expuestos a ciertos riesgos por trabajar al aire libre, por ejemplo, por estrés térmico. Para cuantificar el gasto energético de las actividades que se realizan en estos sectores se puede emplear el concepto de tasa metabólica, que proporciona un índice numérico de actividad sobre el que adoptar medidas concretas de prevención.

Ángel Martínez García, *inspector técnico de Seguridad y Salud Laboral del Instituto de Seguridad y Salud Laboral de la región de Murcia.*



Existen diversas actividades laborales que por su propia naturaleza deben realizarse de forma preferente o exclusivamente al aire libre, y muy a menudo, además, bajo la exposición directa a la radiación solar. Pueden destacarse entre este tipo de trabajos las obras públicas, la construcción en algunas de sus fases y la agricultura. Esta circunstancia, junto con las altas temperaturas que llegan a alcanzarse durante algunos meses de primavera y verano en zonas cálidas de España, hace que los trabajadores puedan llegar a estar expuestos a una situación de riesgo debido al estrés térmico. Este riesgo está determinado, entre otros factores, por el gasto energético requerido por las características específicas de la actividad laboral desarrollada.

Para cuantificar o medir el gasto energético de una actividad física se emplea el concepto de tasa metabólica, que es una conversión de energía química en mecánica y térmica y, como tal, constituye una medida del coste energético asociado al esfuerzo muscular, que proporciona un índice numérico de actividad.

La tasa metabólica es un elemento determinante del confort o la sobrecarga resultantes de la exposición a un ambiente térmico. Especialmente en climas cálidos, los altos niveles de producción del calor metabólico asociados al trabajo muscular agravan el estrés térmico, ya que es necesario disipar gran cantidad de calor, principalmente mediante la evaporación del sudor.

El objetivo del estudio que se presenta en este artículo, realizado por técnicos del Instituto de Seguridad y Salud Laboral de la Región de Murcia, además de tratar de contribuir en la prevención del riesgo por estrés térmico, ha sido adquirir un mayor conocimiento sobre los valores del gasto energético en actividades como las descritas. Para ello, se seleccionó para su examen una serie de puestos en construcción y agricultura que también se desarrollan durante el período estival, por lo que pueden presentar un mayor riesgo desde el punto de vista del estrés térmico.

Durante las primeras reuniones del equipo de trabajo designado para la realización del estudio, se diseñó la estrategia a seguir y se adoptó como método normalizado la norma UNE-EN ISO 8996. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación de la tasa metabólica, de junio de 2005.

Para la realización de este estudio se analizaron diferentes puestos de trabajo tanto en la construcción como en la agricultura

Posteriormente, se entraría en contacto con las empresas que podían facilitar el acceso a los puestos de trabajo susceptibles de análisis, realizándose las oportunas visitas en las que se recabaría toda la información necesaria para la elaboración del estudio y, además, se registrarían en forma de grabaciones de vídeo las tareas que posteriormente serían estudiadas para establecer el gasto energético estimado para las mismas según el mencionado método normalizado.

Trabajo de campo: construcción

La empresa Etosa facilitó la visita a obras de construcción que se encontraban en distintas fases de ejecución para ser estudiadas, según el objetivo propuesto. Se contactó con un técnico de Prevención de Riesgos Laborales del servicio de prevención propio de la empresa y con él se realizó una primera visita a una obra de construcción del municipio de Librilla (Murcia). Se trataba de un dúplex en el que se realizaban actividades diversas según la fase en la que se encontraban abiertos.

Sobre el terreno, se evalúa el puesto de trabajo denominado ferralla, a través de la observación, la información que facilita el técnico que acompaña y la grabación y posterior estudio de las imágenes en vídeo. En el momento de la grabación, los ferrallas realizan tareas *in situ* de montaje de armadura metálica que en un trabajo posterior se utilizarán para conformar la estructura de hormigón armado.

La duración de la tarea, dependiendo de la longitud de la armadura de que se trate, puede variar entre 30 y 60 minutos e implica manipulación de cargas, posturas forzadas y, ocasionalmente, movimientos repetitivos. Los trabajadores transportan los materiales a unos bancos metálicos portátiles presentes en la obra y, sobre ellos, van *cosiendo la armadura* que, una vez terminada, (y con un peso aproximado de 50 kilos), es transportada entre dos operarios hasta una zona próxima donde se van apilando.

Un segundo puesto estudiado en tareas de construcción fue el denominado encofrado de pantallas de muro. En él, los operarios, con la ayuda de una grúa, colocan las pantallas metálicas, y las fijan a través de gatos de presión y similares, debiendo realizar tareas de martilleado y colocación por fijación y presión.

Cuando el hormigón que conforma el muro está seco, se van retirando las pantallas metálicas y colocando de nuevo para seguir avanzando en el muro, se quitan los calzos y los mecanismos de presión utilizando un martillo, se limpia la pantalla con herramientas de rascado y taladro para los agujeros, se aplica una capa de solución antiadherente para evitar que el hormigón se quede pegado, y se procede a colocar la pantalla, elevándola con la grúa en la siguiente fase del muro.

El último puesto analizado en el sector de la construcción fue el de encofrado de forjado, consistente en el montaje de la estructura metálica apuntalada, colocación de redes horizontales y del entablado. Esta operación, según se pudo observar y registrar el día de la visita, implicaba la participación de seis trabajadores que realizaban diversas tareas al unísono: caminar sin carga, trabajo con herramienta manual (martillo), caminar con carga, sujeción de la estructura metálica, colocación de puntales, colocación de redes y de entablado sobre los carros de la estructura metálica.

En agricultura

Se estudió la plantación agrícola en la localidad de La Hoya (Lorca), de la sociedad cooperativa Hoyamar. La plantación de brócoli (también conocido como brécol o brócoli) analizada, que en el mes de agosto se repite de igual forma, consiste en el trasplante de plantas con cepellón provenientes de semillero, en el terreno definitivo. Unas bandejas de poliestireno son trasladadas al terreno en unos carros. En cada uno de ellos se transportan 48 bandejas, que llevan, a su vez, 294 plantas cada una. El peso aproximado de esta bandeja con las plantas es de dos kilos.

El encargado distribuye varias bandejas al principio de las líneas de cultivo. Los trabajadores cogen la bandeja y se la colocan en una bandolera, enganchándola con unos ganchos, y colocándola en el lado izquierdo. Con la mano derecha llevan una herramienta de fabricación casera, a la que llaman *pincho largo* o *pato*. Consiste, básicamente, en una boca en la que se introduce la planta. El otro extremo tiene forma de pincho, y se abre y cierra accionando una maneta o gatillo con la mano.

Esta herramienta pesa aproximadamente un kilo y tiene una longitud de unos 70 centíme-

tros. Con la herramienta hacen el agujero e introducen la planta directamente en el terreno. Al día, un trabajador puede poner entre 15.000 y 20.000 plantas.

El segundo puesto analizado en el sector de la agricultura fue una plantación de lechuga en la localidad de San Pedro del Pinatar (Murcia), propiedad de la sociedad cooperativa Biocampo. Los trabajadores utilizan bandejas portaplantas similares a las de la plantación de brócoli ya descrita. Caminan por el terreno dejando caer las plantas a lo largo de la línea de plantación para luego volver sobre sus pasos y utilizar la herramienta manual *pincho* para hacer el agujero en el suelo donde colocan las plantas. Todo el trabajo de plantación lo realizan manteniendo una posición inclinada.

Estudio analítico de los puestos de trabajo

Las estimaciones, tablas y datos incluidos en el artículo se refieren a un individuo medio, entendiéndose como tal un hombre de 30 años de edad, 70 kilos de masa y 1,75 metros de altura o una mujer de 30 años de edad, 60 kg. de masa y 1,70 metros de altura.

El nivel de precisión de los cálculos realizados está dentro del método definido en la norma ISO 8996, nivel 2. La observación es del $\pm 20\%$. La obtención de los valores numéricos de las tasas metabólicas estimadas, expresadas en vatios por metro cuadrado (W/m^2), permitirá situar cada uno de los puestos analizados dentro de una clase de tasa metabólica que podrán definirse como: clase 0, descanso; clase 1, tasa metabólica baja; clase 2, moderada; clase 3, alta, o clase 4, muy alta, según la tabla de clasificación de la tasa metabólica por categorías en la norma UNE-EN ISO 8996:2005.

Construcción

Para la valoración de la tasa metabólica de los puestos analizados dentro del sector, se usa el método 2 B, tasa metabólica para actividades típicas, descrito en norma UNE-EN ISO 8996 (de junio de 2005), y la ecuación para el cálculo de la tasa metabólica media, ponderada en función del tiempo para un ciclo de trabajo.

Según la norma UNE-EN ISO 8996, la tasa metabólica media, ponderada en función del tiempo para un ciclo de trabajo, puede determinarse a partir de la tasa metabólica de la actividad respectiva y de su duración, empleando la ecuación:

$$M = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n M_i t_i$$

M = tasa metabólica para el ciclo de trabajo, en vatios por metro cuadrado.

M_i = tasa metabólica asociada a la actividad i, en vatios por metro cuadrado.

t_i = duración de la actividad i, en minutos.

T = duración en minutos del ciclo de trabajo considerado, igual a la suma de las duraciones parciales t_i.

Esta forma de proceder supone el análisis de las imágenes en vídeo para identificar el ciclo de trabajo que se repite en cada uno de los puestos analizados, determinando el tiempo total de duración del ciclo. Se procede entonces al desglose de las tareas que se realizan durante el ciclo de trabajo y de las actividades en cada una de las tareas, determinando la duración de cada una de ellas y la valoración de la tasa metabólica por cada actividad según las tablas del método escogido. Así quedan identificadas cada una de las variables presentes en la fórmula descrita y se puede proceder al cálculo de la tasa metabólica media para el ciclo de trabajo del puesto estudiado.

> **Puesto número 1. Ferrallas.** Tareas en un ciclo de trabajo:

- Transporte de materiales hasta los bancos de trabajo.
- Cosido de armadura.
- Transporte de las armaduras hasta el lugar donde se apilan.

La duración total del ciclo es de 44 minutos, y las actividades que se desempeñan son:

- Caminar sin carga: 2 minutos.
- Con una carga de 10 Kg., 4 Km/h: 1 minuto.
- Con una de 30 Kg., 4 Km/h: 1 minutos.
- Trabajo con herramienta manual tipo medio: 40 minutos.

Los valores de la tasa metabólica para cada una de estas actividades se obtienen de la tabla

B 3, llamada tasa metabólica para actividades específicas, en la norma UNE-EN 8996 y así, la valoración de la tasa metabólica media ponderada en función del tiempo del ciclo queda definida matemáticamente así:

$$M = (110 \times 2 + 185 \times 1 + 250 \times 1 + 160 \times 40) / 44 = 160,34 \text{ W/m}^2$$

> **Puesto número 2. Encofrado de pantallas de muro.** Las tareas en un ciclo de trabajo, con una duración total de 12 minutos y medio, son:

- Quitar pantalla de muro.
- Limpieza de pantalla.
- Preparación de la nueva zona donde se colocará la pantalla.
- Colocación de pantalla.

La primera, quitar la pantalla de muro, consiste en subir por una escalera de mano para colocar el gancho de la grúa que *muerde* la parte superior de la pantalla metálica (manualmente y cuatro golpes fuertes con un martillo), quitar gatos de presión y calzos de la pantalla (manualmente y con martillo) y quitar el contrafuerte que sujeta la pantalla al muro (martilleando). La duración es 2 minutos y medio.

La valoración de la tasa metabólica, según tablas, se estima equivalente al trabajo con una herramienta manual de tipo medio (160 W/m²).

La segunda tarea, limpieza de pantalla, es realizar un raspado con herramienta manual de la cara de la pantalla que está en contacto con el hormigón, utilización de taladro de mano para limpiar los agujeros de la pantalla e impregnación de la pantalla con producto químico por medio de difusor manual. Su duración es de 3 minutos.

La valoración de la tasa metabólica se realiza a tiempos iguales, considerando las tareas de raspado, utilización de taladro e impregnación con producto antiadherente. Se consideran los valores en las tablas correspondientes a trabajo con una herramienta manual tipo ligero y trabajo con otra manual tipo medio, obteniéndose una tasa metabólica para esta tarea de:

- 100 W/m² x 1 min.
- 160 W/m² x 1 min.
- 100 W/m² x 1 min.

La tercera tarea, preparación de la nueva zona donde se colocará la pantalla, consiste en efectuar mediciones con nivel y acondicionamiento de la malla metálica que quedará en el interior de la pared. Se utiliza escalera de mano, taladro y martillo, y dura 4 minutos.

La valoración de la tasa metabólica se calcula estimando los valores dados para la tarea de subir por una escalera de mano sin carga y trabajo con herramienta manual ligera a igual tiempo durante los cuatro minutos. Se obtiene:

- 290 W/m² x 2 min.
- 100 W/m² x 2 min.

La cuarta tarea, la colocación de la pantalla, consiste en situar sobre el futuro muro la pantalla que se desplaza enganchada por la grúa, se afirma en las guías de la pared y se ancla la pantalla a través de gatos de presión y puntal usando el martillo. Utilizando también escaleras de mano se continúan fijando gatos de presión y se suelta

el gancho de sujeción a la grúa. Su duración es de 3 minutos.

La mayor parte del tiempo utilizan el martillo para asestar fuertes golpes sobre elementos de presión, por lo que para esta tarea se equipara la tasa metabólica a la de trabajo con herramienta manual de tipo medio (160 W/m²).

En este ciclo de trabajo se obtendrá lo siguiente mediante la aplicación de la fórmula ya descrita para el cálculo de la tasa metabólica media:

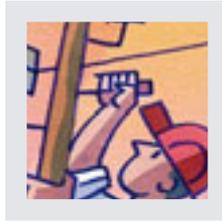
$$M = (160 \times 2,5 + 100 \times 1 + 160 \times 1 + 100 \times 1 + 290 \times 2 + 100 \times 2 + 160 \times 3) / 12,5 = 161,6 \text{ W/m}^2$$

> **Puesto número 3. Encofrado de forjado.**

Dada la cantidad de trabajadores que se encuentran realizando tareas distintas en este puesto y tras el visionado de las imágenes en vídeo, se decide centrar el cálculo de la tasa metabólica, con una duración de 15 minutos,



Para analizar cada puesto de trabajo, se desglosaron las diferentes tareas que se llevaban a cabo con las ferrallas, así como con los encofrados de pantallas de muro y de forjado.



en el trabajador identificado como encargado del trabajo, ya que se estima que es la persona más activa en el puesto, realizando casi todas las tareas que ya se han señalado en la descripción del puesto. Sus funciones son:

- Supervisión, mediciones y transporte de materiales.
- Trabajo con herramienta manual (martillo).
- Colocación de puntales, carros y viguetas.

Las actividades que el encargado debe realizar durante el ciclo son las siguientes:

- Caminar sin carga a 3 Km/h: 8 minutos.
- Trabajo con herramienta manual tipo medio: 5 minutos.
- Caminar con carga 10 Kg, 4 Km/h: 2 minutos.

$$M = (140 \times 8 + 160 \times 5 + 185 \times 2) / 15 = 152,66 \text{ W/m}^2$$

Agricultura

> **Plantación de lechuga.** Para el análisis de esta actividad se emplea el método descrito en la norma UNE-EN ISO 8996 como 2 A: estimación de la tasa metabólica mediante requisitos de tarea, pues una de las características más importantes en el puesto analizado radica en la postura del cuerpo que los trabajadores adoptan a la hora de plantar la lechuga, que resulta ser de pie e inclinado hacia delante, aspecto que se contempla en el grupo de tablas usadas en este método.

Para la realización de los cálculos basados en él, y en las tablas correspondientes que definen los valores a emplear, se decide usar el *software* del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), denominado Evalfrío (versión 1.0). En él se incluye una herramienta para la determinación del consumo metabólico, que es la que se utilizará para establecer el consumo metabólico del puesto de trabajo analizado según el método ya descrito, pues esta aplicación informática está basada en la misma norma UNE-EN ISO 8996 empleada en el estudio. Así, de la utilización de la citada herramienta informática se obtiene para esta actividad que $M = 185 \text{ W/m}^2$.

> **Plantación de brócoli.** Se emplea el mismo método que para el análisis de las tareas de

Con la Vigilancia de la Salud se podrían identificar, previamente, a los trabajadores susceptibles al daño sistemático por el calor

construcción, el método 2 B: tasa metabólica para actividades específicas, pues, como se puede comprobar según la descripción de la tarea ya realizada, el gasto metabólico en esta tarea, teniendo en cuenta que el suelo no es llano ni firme, se puede equiparar con el expresado en la tabla correspondiente para la actividad de caminar sin carga a 4 Km/h, esto es 165 W/m^2 .

Si en duda, la utilización para esta tarea de la herramienta manual definida como pincho largo o pato disminuye de forma significativa la tasa metabólica que cabría esperar en la actividad de la plantación. La explicación se encuentra en el hecho de no tener que adoptar la postura inclinada, y a que la tarea implica caminar erguido con un peso inferior en todo caso a 5 kilos, sumando el peso de la bandeja porta-plantas y la propia herramienta manual.

Cuestión aparte sería el análisis ergonómico del puesto, que no es el objeto de este estudio, debido al más que evidente riesgo por el hecho de tener que presionar la maneta de la herramienta entre 15.000 y 20.000 veces durante la jornada laboral.

Resultados y conclusiones

Los resultados de la tasa metabólica en los puestos de trabajo estudiados a través de los métodos descritos fueron:

> En construcción:

- Ferrallas: $160,34 \text{ W/m}^2$
- Encofrado de pantallas de muro: $161,6 \text{ W/m}^2$
- Encofrado de forjado: $152,66 \text{ W/m}^2$

> Agricultura:

- Plantación de lechuga: 185 W/m^2
- Plantación de brócoli: 165 W/m^2

En la totalidad de los puestos de trabajo analizados, se obtuvieron unos resultados de tasa metabólica comprendidos entre 130 y 200 W/m^2 , por ello, y según la tabla A 2, la clasificación de la tasa metabólica por categorías —en la norma UNE-EN ISO 8996— se pueden situar dentro de la clase 2: tasa metabólica moderada.

Para definir las implicaciones prácticas de estos datos dentro de la valoración del estrés térmico y la tensión térmica, se asumirá el proceso de toma de decisiones definido por la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), traducido al castellano por la Generalitat Valenciana como *Valores límite correspondientes al año 2005 para sustancias químicas y agentes físicos en el ambiente de trabajo, TLVs, e Índices biológicos de exposición, BEIs*.

En esta publicación, dentro del capítulo dedicado a valores límite para agentes físicos y estrés térmico, y siempre teniendo en cuenta todas las indicaciones referidas al proceso que define la correcta evaluación del estrés térmico por medio de la toma de decisiones ordenada propuesta en el texto, se podrían situar los datos obtenidos dentro de la parte del proceso en la que se definen los criterios de selección para la exposición al estrés térmico (valores WBGT en °C).

Así, para la obtención de un valor umbral en índice WBGT en los puestos de trabajo examinados, se podría acudir al valor definido en la entrada de la tabla 2 de la mencionada publicación sobre criterios de selección para la exposición al estrés térmico, para un gasto energético moderado, debiendo, además, cruzarse este dato con la condición de aclimatado o no aclimatado del trabajador de que se trate y con las exigencias de trabajo en el puesto concreto en cuanto al tanto por ciento de régimen trabajo-descanso que suponga.

Tras la obtención de este valor umbral por el estudio pormenorizado del puesto de trabajo y de la condición y características particulares de cada persona, sería necesario establecer un control a través de la medición del índice WBGT, que permitiera establecer si se superan los valores que suponen un mayor riesgo de estrés térmico.

En la Tabla 1, extraída del texto de la ACGIH, se muestran sombreados los valores que habrían de tenerse en cuenta según la categoría de tasa metabólica obtenida como resultado del estudio en los puestos analizados.

Cabe señalar, como conclusión final, que este control del estrés térmico a través de los criterios de selección del WBGT dados en la Tabla 1, sería sólo un factor más a tener en cuenta dentro de una serie de pautas y medidas prácticas para

TABLA 1

Criterios de selección para la exposición al estrés térmico (Valores WBGT en °C)

Exigencias de trabajo	Aclimatado				Sin aclimatar			
	Ligero	Modera- do	Pesado	Muy Pesado	Ligero	Modera- do	Pesado	Muy Pesado
100% trabajo	29,5	27,5	26		27,5	25	22,5	
75% trabajo 25% descanso	30,5	28,5	27,5		29	26,5	24,5	
50% trabajo 50% descanso	31,5	29,5	28,5	27,5	30	28	26,5	25
25% trabajo 75% descanso	32,5	31	30	30	31	29	28	26,5

la gestión del estrés térmico, entre las que se deberían contemplar:

- > Considerar previamente la Vigilancia de la Salud para identificar a los trabajadores que sean susceptibles al daño sistémico por el calor.
- > Fomentar estilos de vida sana y peso corporal ideal.
- > Dar instrucciones verbales y escritas exactas, con programas de adiestramiento frecuentes y demás información acerca del estrés y la tensión térmicos.
- > Tener en cuenta que el trabajador debe estar aclimatado al calor y, en todo caso, que la aclimatación máxima no se alcanza hasta pasadas tres semanas de actividad.
- > Fomentar beber pequeños volúmenes de agua fría (aproximadamente un vaso), paladeándola cada 20 minutos (todos los trabajadores han de tener libre y fácil acceso al agua potable fresca).
- > Permitir la autolimitación de las exposiciones y fomentar la observación, con la participación del trabajador, de la detección de los signos y síntomas de la tensión térmica en los demás.
- > Considerar, entre otros, los controles de ingeniería que reducen el gasto energético, proporcionan la circulación general del aire, reducen los procesos de calor y de liberación

de vapor de agua y apantallan las fuentes de calor radiante.

- > En el trabajo, evitar beber alcohol, bebidas con cafeína y bebidas gaseosas.
- > Modificar las expectativas de los que vuelven al trabajo después de no haber estado expuestos al calor, por el riesgo de haber perdido la aclimatación que esto supone.
- > Considerar la protección personal que sea eficaz para las prácticas del trabajo específico y las condiciones de ubicación.
- > Establecer un control de los síntomas de estrés por calor: como pueden ser sentir fatiga fuerte, náuseas, irritabilidad, interrupción del sudor, bajadas de tensión, pulso cardíaco acelerado, mareo.
- > Procurar un control administrativo en el trabajo de manera que se den tiempos aceptables de exposición al calor, se permita una recuperación suficiente (descansando en lugares frescos y a la sombra) y se limite la tensión fisiológica.
- > Establecer un seguimiento y control del estrés térmico a través de mediciones realizadas por técnicos en Prevención de Riesgos Laborales.
- > Y, sobre todo, no desatender nunca los signos o síntomas de las alteraciones relacionadas con el calor. ||