ASSESSMENT OF RISK OF THERMAL STRESS DURING CONSTRUCTION OF A WAREHOUSE

Fuentes Bargues, José Luis [1]; Revuelta Arnao, Ana María [2]; González-Cruz, Mª Carmen [1]
[1] Departamento de Proyectos de Ingeniería - Universitat Politècnica de València, [2] Universitat Politècnica de València

The existence of extreme thermal conditions in the workplace is a source of problems affecting both the health of workers and efficiency of the development of labor activities. The thermal environments, where heat and humidity are too high, can become a risk to workers' health. Similarly, the thermal discomfort in the working environment is directly reflected in the productivity.
The procedure for assessing the exposition to a warm environment is through evaluation or calculation of the thermal stress, i.e. determining the net heat load to which workers are exposed and that is the combined contribution of environmental conditions where they work, the physical activity performed and the characteristics of the clothes they wear.
The purpose of this communication is an initial assessment of the risk of thermal stress of normal workplaces during the construction of an industrial building, in this case located in Ribarroja del Turia (Valencia).

Keywords: Thermal stress; Industrial building; Risk Assessment; Thermal discomfort

EVALUACIÓN DE RIESGO DE ESTRÉS TÉRMICO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL

La existencia de unas condiciones térmicas extremas en el ambiente laboral constituye una fuente de problemas que afecta tanto a la salud de los trabajadores como a la eficiencia del desarrollo de las actividades laborales. Los ambientes térmicos dónde el calor o la humedad son excesivos pueden llegar a ser un riesgo para la salud de los trabajadores. De igual manera, el disconfort térmico en el entorno de trabajo se refleja directamente en la productividad.
El modo de analizar la exposición a un ambiente caluroso es mediante la evaluación o el cálculo del estrés térmico, es decir determinando la carga neta de calor a la que los trabajadores están expuestos y que resulta de la contribución combinada de las condiciones ambientales del lugar donde trabajan, la actividad física que realizan y las características de la ropa que llevan.
El objeto de la presente comunicación es realizar una evaluación inicial de riesgo de estrés térmico de los puestos de trabajo habituales durante la construcción de una edificación industrial, en este caso localizada en Ribarroja del Turia (Valencia).

Palabras clave: Estrés Térmico; Edificación Industrial; Evaluación Riesgos; Disconfort Térmico

Correspondencia: José Luis Fuentes Bargues - jofuebar@dpi.upv.es

1. Introducción

La existencia de unas condiciones térmicas extremas en el ambiente laboral constituye una fuente de problemas que afecta tanto a la salud de los trabajadores como a la eficiencia del desarrollo de las actividades laborales. La necesidad de trabajar, e incluso, habitar en situación de confort térmico es una idea que el individuo lleva innata. Si las condiciones ambientales en las que se desarrolla la actividad laboral son frías o cálidas, se puede producir una situación de incomodidad en los trabajadores (Diego-Mas, 2015). En el momento en el que estas condiciones sobrepasen unos determinados extremos, dicha incomodidad puede convertirse en peligrosa para la seguridad y salud de las personas.

Este es el concepto básico del estrés térmico, es decir la carga neta de calor a la que los trabajadores están expuestos y que resulta de la contribución combinada de las condiciones ambientales del lugar donde trabajan, la actividad física que realizan y las características de la ropa que llevan (INSHT,1993).

Un nivel de estrés térmico medio o moderado puede dificultar la realización del trabajo, pero cuando se aproximan a los límites de tolerancia del cuerpo humano, aumenta el riesgo de trastornos derivados de la exposición al calor o del frío.Los principales factores que determinan el potencial estrés térmico son: la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del aire, la radiación, la actividad metabólica y el tipo de ropa. Además, cabe destacar que existen factores personales de riesgo que intervienen en la tolerancia individual a sufrir estrés térmico tales como la edad, la obesidad, la hidratación, el consumo de medicamentos o bebidas alcohólicas, el género o la aclimatación.

El cálculo del estrés térmico constituye la base de la evaluación del ambiente térmico, pero no puede prever de manera exacta si las condiciones bajo las que está trabajando una persona suponen un riesgo para su salud, pues esto dependerá de factores propios de cada persona. La respuesta fisiológica de cada individuo viene dada por el concepto de sobrecarga térmica. Los parámetros que permiten controlar y determinar la sobrecarga térmica son la temperatura corporal, la frecuencia cardiaca y la tasa de sudoración.

Se pueden encontrar multitud de estudios sobre diferentes formas de realizar el cálculo del estrés térmico dependiendo de la región, del tipo de actividades que analicen, del ambiente climático de la zona o de los parámetros que se tienen en cuenta para realizar dicho análisis (Tabla 1).

Tabla 1: Principales Métodos de Evaluación de Estrés Térmico. Fuente: Barrasa-Rioja, Lamosa-Quinteiro y Álvarez-Díaz (2013)

INDICE DE EVALUACIÓN	AUTOR	TIPO DE ESTRÉS	Necesidad de datos no aportados por la red de estaciones
Índice WBGT	Yaglou y Minard, 1957	Calor	SI
Método de sudoración requerida	Vogt et al., 1981	Calor	SI
Índice de IREQ	Holmer, 1984	Frío	SI
Índice ISC	Belding y Hatch, 1955	Calor y Frío	SI
Método Fanger	Fanger, 1970	Calor y Frío	SI
Índice Humidex	Masterton y Richardson, 1979	Calor	NO
Índice Wind-Chill	EnvironmentCanada, 2001	Frío	NO

Una cuantificación del estrés térmico en trabajos al aire libre, tanto previa como durante la ejecución de los trabajos permite establecer pautas de comportamiento y de trabajo ante las temperaturas extremas (tanto de frío como de calor) y evitar así consecuencias graves (y en ocasiones mortales) sobre la salud de los trabajadores. En este campo se han realizado estudios de cómo cuantificar el estrés térmico en trabajos realizados al aire libre (Martínez-García, 2008) y más específicos como los estudios sobre estrés térmico en los trabajos de construcción de invernaderos en Almería (Callejón et al., 2011) y en los trabajos al aire libre en la provincia de Pontevedra (Barrasa-Rioja, Lamosa-Quinteiro y Álvarez-Díaz, 2013).

El objeto de la presente comunicación es realizar una evaluación inicial de riesgo de estrés térmico de los puestos de trabajo habituales durante la construcción de una edificación industrial, en este caso localizada en Ribarroja del Turia (Valencia).

2. Metodología

El método utilizado para la evaluación del estrés térmico depende de la zona objeto de localización de la planta industrial. En este caso, al tratarse de una zona húmeda y calurosa, se ha seleccionadoel índice WBGT (Welt Bulb Globe Thermometer). Una vez calculado el índice WBGT se determina si es o no admisible la situación de riesgo de estrés térmico.

Según esta situación, se podría analizar el ambiente térmico de forma más detallada utilizando otros índices (Figura 1). El método Fanger (1970) calcula el Voto medio estimado (índice PMV) y el Porcentaje de personas insatisfechas (PPD). Estos índices son útiles si la situación térmica es de disconfort pero no de un riesgo elevado y aporta detalles sobre el porcentaje de insatisfechos debidos al calor. En caso de riesgo de estrés térmico se utiliza el Método de sudoración requerida (Vogt et al., 1981), que aporta información complementaria sobre el tiempo de permanencia bajo la situación causante de dicho riesgo.

Figura 1. Índices de valoración del ambiente térmico. Fuente: NTP-322 (INSHT)

2.1.- El índice WGBT

El método o índice WGBT desarrollado inicialmente por Yaglou y Minard en 1957 es un método mundialmente reconocido y recogido en las normas de prevención de riesgos laborales de muchos países. En España se recoge en la Nota Técnica de Prevención NTP-322 (INSHT,1993).

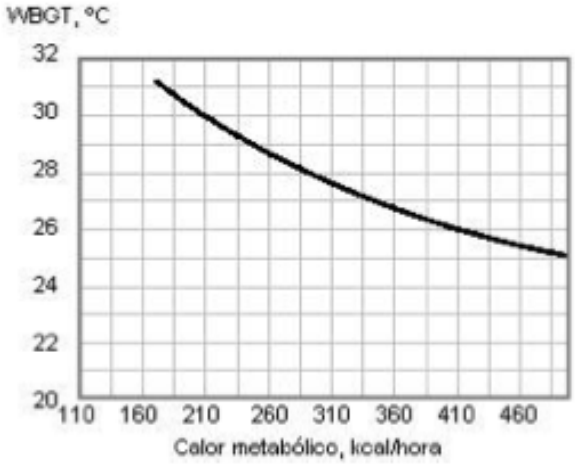
En este método intervienen la temperatura ambiente seca (T_a), la temperatura húmeda natural (T_{HN}) y la temperatura de globo (T_g), y el cálculo se realiza de acuerdo a las expresiones (1) y (2):

(1) $WBGT = 0{,}7 \cdot T_{HN} + 0{,}3 \cdot T_g$ (ºC) (sin exposición solar)

(2) $WBGT = 0{,}7 \cdot T_{HN} + 0{,}2 \cdot T_g + 0{,}1 \cdot T_a$ (ºC) (con exposición solar)

Este índice no debe sobrepasar un cierto valor límite que depende del calor metabólico que el individuo genera durante el trabajo (M). El máximo que puede alcanzar el índice WBGT según el valor que adopta el término M viene determinado en la Figura 2, descrita en la NTP 322 (INSHT, 1993).

Figura2. Valores límite del índice WBGT. Fuente: NTP-322 (INSHT)



El índice WBGT añade una expresión (3) con la que determinar el régimen adecuado de trabajo y descanso:

(3) $$f_t = \frac{(A-B)}{(C-D)\cdot(A-B)} \cdot 60$$

Para una persona aclimatada que permanece en el lugar de trabajo durante toda la pausa, la expresión se simplifica a (4):

(4) $$f_t = \frac{33-B}{33-D} \cdot 60$$

Dónde:

f_t: fracción de tiempo de trabajo respecto al total (min/hora)

A: WBGT límite en el descanso (M<100 Kcal/h)

B: WBGT en la zona de descanso

C: WBGT en la zona de trabajo

D: WBGT límite en el trabajo

Esta expresión permite establecer el tiempo que se debe trabajar por cada hora, para que el organismo pueda restablecer el balance térmico. De este modo se asegura que el ambiente en la zona de descanso (B) es menor que el límite de WBGT permitido en esta zona, ya que de otra manera el descanso no cumpliría con la función al no existir un ambiente térmico más agradable que permita restablecerse a los trabajadores antes de volver a sus tareas.

2.2.- El Método de sudoración requerida

El método de sudoración requerida es un índice más complejo pero de cuya utilización, normalmente como complemento del índice WBGT, se obtienen unos resultados muy precisos. La metodología se basa en la comparación de la humedad de la piel y la producción de sudor necesarias en unas determinadas condiciones de trabajo.Para ello se determina una serie de parámetros intermedios: la evaporación requerida (E_{req}) para que se mantenga el equilibro térmico del organismo, la evaporación máxima permitida por las condiciones ambientales y la humedad requerida de la piel (W_{req}) de acuerdo a la expresión (5).

$$(5) \quad SW_{req} = E_{req} / r_{req}$$

Dónde: SW_{req}es la sudoración requerida expresada en W/m^2, cuya equivalencia en agua perdida por sudoración es SW_{req} (W/m^2) / 0,68 = SW_{req} (gr/m^2 h). El término r_{req} se refiere a la fracción de sudor que gotea debido a la humedad local de la piel.

La evaporación requerida (E_{req}) es la necesaria para mantener el equilibrio térmico del cuerpo y, por tanto, para que el almacenamiento de calor sea igual a cero. Esta se obtiene por la expresión (6):

$$(6) \quad E_{req} = M-C-R-C_{res}-E_{res}$$

Dónde:

M es la producción de la energía metabólica

C es el calor intercambiado por convección

R es el calor intercambiado por radiación

C_{res} es el calor intercambiado por convección respiratoria

E_{res} es el calor latente intercambiado a través de la respiración

2.3.- El Método Fanger

El método Fanger es uno de los más extendidos para la estimación del confort térmico. Este método calcula dos índices: el Voto medio estimado (PMV-predicted mean vote) y el Porcentaje de personas insatisfechas (PPD-predicted percentage dissatisfied). Ambos índices aportaninformación sobre el ambiente térmico a partir de las características relativas a la vestimenta del individuo, la tasa metabólica, la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la velocidad del aire o la humedad relativa.

El Voto medio estimado refleja la sensación térmica media de un grupo numeroso de personas en una escala de siete niveles (frío, fresco, ligeramente fresco, neutro, ligeramente caluroso, caluroso y muy caluroso), mientras que el Porcentaje de personas insatisfechas tiene en cuenta a las personas cuya sensación térmica difiere del valor medio estimado.

El cálculo del Voto medio estimado (PMV) se realiza mediante la “ecuación del confort” desarrollada por Fanger y que se expresa en la Figura 3.

Figura 3: Ecuación de Fanger. Fuente: Diego-Mas (2015). www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php

$$PMV = [0.303 * exp(-0{,}036M) + 0{,}028] * \left\{ \begin{array}{l} (M - W) - 3{,}05 * 10^{-3} * [5733 - 6{,}99 * (M - W) - p_a] - 0{,}42 * [(M - W) - 58{,}15] \\ -1{,}7 * 10^{-5} * M * (5867 - p_a) - 0{,}0014 * M * (34 - t_a) \\ -3{,}96 * 10^{-8} * f_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (\overline{t_r} + 273)^4] - f_{cl} * h_c * (t_{cl} - t_a) \end{array} \right\}$$

Donde:

$$t_{cl} = 35{,}7 - 0{,}028 * (M - W) - I_{cl} * \{3{,}96 * 10^{-8} * f_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (\overline{t_r} + 273)^4] - f_{cl} * h_c * (t_{cl} - t_a)\}$$

$$h_{cl} = \left\{ \begin{array}{ll} 2{,}38 * |t_{cl} - t_a|^{0{,}25} & para \;\; 2{,}38 * |t_{cl} - t_a|^{0{,}25} > 12{,}1\sqrt{v_{ar}} \\ 12{,}1\sqrt{v_{ar}} & para \;\; 2{,}38 * |t_{cl} - t_a|^{0{,}25} < 12{,}1\sqrt{v_{ar}} \end{array} \right\}$$

$$f_{cl} = \left\{ \begin{array}{ll} 1{,}00 + 1{,}290 * I_{cl} & para \;\; I_{cl} \leq 0{,}078 m^2 k / w \\ 1{,}05 + 0{,}645 * I_{cl} & para \;\; I_{cl} > 0{,}078 m^2 k / w \end{array} \right\}$$

M *es la tasa metabólica en W/m².*
W *es la potencia mecánica efectiva en W/m² (puede estimarse en 0).*
I_{cl} *es el aislamiento de la ropa en m²K/W.*
f_{cl} *es el factor de superficie de la ropa .*
t_a *es la temperatura del aire en C°.*
$\overline{t_r}$ *es la temperatura radiante media en C°.*
v_{ar} *es la velocidad relativa del aire en m/s.*
p_a *es la presión parcial del vapor de agua en Pa.*
$p_a = RH/100*exp(16{,}6536-4030{,}183/(t_a + 235))$; *Donde: RH es la humedad relativa del aire medida en porcentaje*
h_c *es el coeficiente de transmisión del calor por convección en W/(m²K)*
t_{cl} *es la temperatura de la superficie de la ropa en C°.*

A partir del PMV se establece el valor de sensación térmica del ambiente estudiado de acuerdo a la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de la sensación térmica según los valores del PMV.

Rango de valores del PMV	Sensación Térmica
+3	Muy caloroso
+2	Caluroso
+1	Ligeramente caluroso
0	Neutro
-1	Ligeramente fresco
-2	Fresco
-3	Frío

Este valor se completa con el Porcentaje de personas insatisfechas (PPD) (expresión 7) calculado a partir del PMV, dónde se analizan aquellos votos dispersos alrededor del valor medio obtenido, y representa a las personas que considerarían la sensación térmica como desagradable, demasiado fría o calurosa.

$$(7) \qquad PPD = 100-95*exp(-0{,}03353*PMV^4-0{,}2179*PMV^2)$$

Si el valor del Voto medio estimado (PMV) pertenece al rango de valores comprendidos entre -0,5 y 0,5, reflejará una situación térmica satisfactoria, confortable para la mayoría de

los trabajadores. En otro caso la situación se considerará inadecuada y por tanto deberían llevarse a cabo medidas correctoras de mejora de la sensación térmica. Cabe destacar que si los resultados obtenidos para el PMV exceden el rango de valores entre -2 (ambiente fresco) y +2 (ambiente caluroso) se aconseja utilizar otros métodos de evaluación del estrés térmico para obtener unos resultados más precisos. Por otro lado, los valores del Porcentaje de personas insatisfechas (PPD) de hasta el 10% reflejarán una situación satisfactoria para la mayoría de las personas (90% satisfechos), mientras que valores superiores podrían indicar una situación de inconfort térmico y se debe analizar las posibles causas.

3. Caso de Estudio

Este trabajo tiene como objetivo realizar una evaluación inicial del riesgo de estrés térmico que pueden sufrir los trabajadores durante la construcción de una nave industrial (Figura 4), en este caso situada en Ribarroja del Turia (Valencia). A partir del proyecto de ejecución de la nave industrial realizado por *Fuentes-Bargues, Fuentes-Barguesy Sanchis-Llopis,* (2014) se han identificado los siguientes puestos de trabajo de cara a la evaluación de riesgo de estrés térmico: Movimiento de Tierras, Cimentación, Estructura, Forjado, Cerramientos, Cubierta, Red de Saneamiento, Pavimentos, Albañilería, Instalaciones Eléctricas, Instalación de Fontanería e Incendios y Carpintería Metálica y Cerrajería.

Figura 4: Imágenes de la planta industrial. Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del índice WGBT es necesario la temperatura de globo y la temperatura húmeda natural. Estas temperaturas se miden in situ pero dado que el objetivo es realizar una evaluación inicial de los trabajos, se establecen las siguientes aproximaciones. La temperatura seca del aire T_a se obtiene de los datos recogidos por la estación meteorológica más próxima (Valencia-Aeropuerto) de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, 2015). Se ha considerado que la temperatura de globo T_g se puede considerar mayor que la T_a en un rango entre 7 y 9 ºC. y la temperatura húmeda natural (T_{HN}) se puede considerar inferior a la T_a en un rango entre -3 y -5 ºC. Para el presente estudio se ha considerado un incremento de +9 ºC sobre la T_a para la $T_{Gmáx}$ de +8 ºC para la T_{Gmedia}, de +7 ºC para la T_{Gmin}, de -3 ºC para la $T_{HNmáx}$, de -4 ºC para la $T_{HNmedia}$ y de -5 ºC para la T_{HNmin}. Con estos datos se obtienen los valores WGBT para el lugar donde se desarrollaran los trabajos (Tabla 3).

Para el cálculo del índice PMV, PPD y del índice de sudoración requerida se considera que los trabajadores estarán aclimatados al clima de Valencia o que en caso de tratarse de personal no aclimatado tendrán un período previo de 5-6 días para una aclimatación progresiva al clima. Para el cálculo del consumo metabólico de cada puesto de trabajo se han estimado la duración de las diferentes tareas de los puestos de trabajo en ciclos de una hora, entendiéndose que la jornada de los trabajadores es de 8 horas. Otro dato inicial

necesario para el cálculo de los índices (PPD, PMV, Sudoración requerida) es el aislamiento de la vestimenta. Todos los trabajadores deberán llevar obligatoriamente un mono de trabajo y botas de seguridad. El resto de ropa variará según la estación del año. De acuerdo a los datos de aislamiento de la tabla C.2 del Anexo C de la norma UNE-EN ISO 7730 se ha estimado el aislamiento de los trabajadores para cada uno de los meses del año (Tabla 4).

Tabla 3: Índice WGBT para el caso de estudio. Fuente: Elaboración propia

	WGBT					
	En el interior de edificaciones o en el exterior, sin radiación solar			En exteriores con radiación solar		
	$WBGT_{max}$	$WBGT_{media}$	$WBGT_{min}$	$WBGT_{max}$	$WBGT_{media}$	$WBGT_{min}$
Enero	16,4	10,8	5,1	15,5	10	4,4
Febrero	17,4	11,7	5,9	16,5	10,9	5,2
Marzo	19,9	13,9	7,8	19	13,1	7,1
Abril	21,7	15,8	10	20,8	15	9,3
Mayo	24,7	19	13,4	23,8	18,2	12,7
Junio	28,4	23	17,5	27,5	22,2	16,8
Julio	31,2	31,2	25,8	20,5	30,3	25
Agosto	31,4	31,4	26,2	20,9	30,5	25,4
Septiembre	28,6	28,6	23,3	18	27,7	22,5
Octubre	24,7	24,7	19,3	13,9	23,8	18,5
Noviembre	19,9	19,9	14,5	9,2	19	13,7
Diciembre	16,8	16,8	11,5	6,1	15,9	10,7

Tabla 4: Aislamiento de los Trabajadores debido a la vestimenta utilizada. Fuente: Elaboración propia

MES	Ropa interior	Camisetas	Pantalones	Jersey y Chaquetas	Zapatos y calcetines	Mono de Trabajo	Botas de Seguridad	I_{cl}(clo)
Enero	0,03	0,04	0,25	0,35	0,1	0,55	0,1	1,42
Febrero	0,03	0,04	0,25	0,35	0,1	0,55	0,1	1,42
Marzo	0,03	0,04	0,06	0,2	0,1	0,55	0,1	1,08
Abril	0,03	0,04	0,06	0,2	0,1	0,55	0,1	1,08
Mayo	0,03	0,04	0	0	0,02	0,55	0,1	0,74
Junio	0,03	0,04	0	0	0,02	0,4	0,1	0,59
Julio	0,03	0,04	0	0	0,02	0,4	0,1	0,59
Agosto	0,03	0,04	0	0	0,02	0,4	0,1	0,59
Septiembre	0,03	0,04	0	0	0,02	0,55	0,1	0,74
Octubre	0,03	0,04	0,06	0	0,02	0,55	0,1	0,8
Noviembre	0,03	0,04	0,06	0,12	0,1	0,55	0,1	1
Diciembre	0,03	0,04	0,25	0,35	0,1	0,55	0,1	1,42

El consumo metabólico depende del metabolismo de cada individuo (aunque se ha supuesto un trabajador aclimatado por lo que este aspecto tiene menos importancia), del tipo de actividad y del tiempo que dure la misma. A partir de los valores de la Tabla 5 (INSHT, 1993) y sumándole siempre el metabolismo basal (1 Kcal/min) se estima el consumo metabólico.

Una vez disponibles todos los datos previos, se calcula el índice WGBT, el PPV, el PPD y el índice de sudoración requerida para cada uno de los puestos de trabajo identificados. En este caso se realiza como ejemplo la tarea de Estructura. En este puesto los trabajadores realizan la soldadura y ensamblado de las jácenas en el suelo y posteriormente realizan el montaje de pilares, jácenas y otros elementos con ayuda de una grúa (Figura 5). Conforme las piezas están montadas los soldadores realizan las soldaduras, utilizando para ambos trabajos plataformas articuladas de tijera o de cesta según el caso. A este puesto de trabajo se le añadirá al valor de aislamiento obtenido en la Tabla 4, el valor del aislamiento que se

obtiene por el mandil, guantes y por las gafas o careta de soldador, lo que supone un aislamiento adicional de 0,45 clo. En la Tabla 6 se muestra el cálculo del consumo metabólico para el puesto de Estructura.

Tabla 5: Valores para el cálculo del consumo metabólico. Fuente: NTP-322 (INSHT)

Posición y Movimiento del Cuerpo	Kcal/min	Tipo de Trabajo		Media (Kcal/min)	Rango (Kcal/min)
Sentado	0,3	Trabajo Manual	Ligero	0,4	0,2-1,2
			Pesado	0,9	
De pie	0,6	Trabajo con un brazo	Ligero	1	0,7-2,5
			Pesado	1,7	
Andando	2,0-3,0	Trabajo con dos brazos	Ligero	1,5	1,0-3,5
			Pesado	2,5	
Subida de una pendiente andando	Añadir 0,8 por m de subida	Trabajo con el cuerpo	Ligero	3,5	2,5-15,0
			Moderado	5	
			Pesado	7	
			Muy pesado	9	

Figura 5: Trabajos de Estructura. Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Consumo metabólico para el puesto Estructura. Fuente: Elaboración propia

Actividad		Tasa metabólica	Tiempo (min)	Tiempo (%)	M (Kcal/min)
Ensamblado y descarga de materiales	De pie	0,6	10	16,67	0,35
	Trabajo con dos brazos - Ligero	1,5			
Montaje	De pie	0,6	20	33,33	1,87
	Trabajo con el cuerpo - Moderado	5			
Soldado	De pie	0,6	30	50,00	1,05
	Trabajo con dos brazos - Ligero	1,5			
			Metabolismo basal		1,0
			Consumo metabólico total M		4,27

Con el valor de M se calcula el índice WGBT límite que en este caso corresponde a 28,78 ºC. Si se compara este valor con el WBGT calculado para valores exteriores con radiación solar (Tabla 3) se obtiene queexiste riesgo de estrés térmico en los meses de Julio y Agosto.

Con este valor límite y suponiendo que el descansolos trabajadores lo realizan en el puesto de trabajo o en las inmediaciones, con la expresión (4) se obtiene que en el mes de Julio se debería realizar un descanso cada 51 minutos y en el mes de Agosto cada 44 minutos. Posteriormente se determina el riesgo de estrés térmico en el montaje de la estructura para los meses más fríos, con el índice PMVy PPD (Tabla 7) y con el índice de sobrecarga estimada (Tabla 8).

Tabla 7: Índice PMV y PPD del puesto de trabajo Estructura. Fuente: Elaboración propia

Puesto	Mes	M(W/m^2)	tr (ºC)	to (ºC)	PMV	PPD
3.- Estructura	Enero	163,84	29,25	19,87	1,69	61,22
	Febrero	163,84	30,15	20,77	1,69	61,22
	Marzo	163,84	32,35	22,97	1,38	44,45
	Abril	163,84	34,25	24,87	1,38	44,45
	Noviembre	163,84	32,95	23,57	1,38	44,45
	Diciembre	163,84	29,95	20,57	1,69	61,22

Tabla 8: Índice de sobrecarga estimada del trabajo de Estructura. Fuente: Elaboración propia

Puesto	Mes	E_{req}	E_{max}	w_{req}	r_{eq}	SW_{req}
3.- Estructura	Enero	107,10	644,84	0,55	0,85	125,96
	Febrero	107,89	644,10	0,28	0,96	112,20
	Marzo	108,20	765,13	0,24	0,97	111,27
	Abril	110,08	763,09	0,24	0,97	113,24
	Noviembre	108,33	799,52	0,23	0,97	111,38
	Diciembre	107,71	644,26	0,28	0,96	112,11

Los valores de PMV para los meses de Enero, Febrero y Diciembre indican que los operarios trabajan en una situación térmica calurosa con un porcentaje de personas insatisfechas del 61,22%. Sin embargo, el índice de sobrecarga térmica estimada refleja que la sudoración requerida y la humedad requerida de la piel no alcanzan los valores de alarma o peligro, por lo que se puede concluir que a pesar de que hay un porcentaje importante de personas insatisfechas no existe riesgo de estrés térmico, sino que los trabajadores tienen una sensación de incomodidad térmica debido a su actividad.En las Tablas 9 y 10 se presenta el resumen de la evaluación inicial de riesgo de estrés térmico, para los meses fríos de acuerdo al índice PMV y al Índice de Sobrecarga Térmica Estimada y para los meses calurosos con el índice WGBT.

4. Conclusiones.

Una evaluación inicial del riesgo de estrés térmico para los trabajos al aire libre e interiores que se realizarán durante la construcción de una planta industrial permite identificar aquellos trabajos y las fechas del año que pueden tener riesgo de estrés térmico, tanto por calor como por frío. Esta información permite tomar medidas organizativas durante la ejecución de la obra (horarios, tiempos de descanso, etc.) así como disponer de los equipos de protección individual adecuados.Estos estudios iniciales deberían complementarse con una medición in situ durante la ejecución de la obra con objeto de verificar los datos climatológicos teóricos supuestos así como la influencia del trabajador que desempeña cada uno de los puestos evaluados en esta evaluación inicial.

Tabla 9: Resumen Riesgo Estrés Térmico para los meses fríos

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

1. Movimiento de Tierras; 2. Cimentación; 3. Estructura; 4. Forjado; 5. Cerramientos; 6. Cubierta; 7. Red de Saneamiento; 8. Pavimentos; 9. Albañilería; 10. Instalaciones eléctricas; 11. Instalaciones de Fontanería e Incendios; 12. Carpintería metálica y cerrajería.

	Existe un riesgo muy importante de que los trabajos sufran estrés térmico		La situación es muy próxima a los límites de que exista riesgo de estrés térmico
	No existe riesgo pero los trabajadores si tienen una sensación térmica calurosa		Los trabajadores se encuentran en una situación térmica aceptable
	No se han podido realizar cálculos. Debería analizarse con otros métodos.		

Tabla 10: Resumen Riesgo Estrés Térmico para los meses calurosos

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

1. Movimiento de Tierras; 2. Cimentación; 3. Estructura; 4. Forjado; 5. Cerramientos; 6. Cubierta; 7. Red de Saneamiento; 8. Pavimentos; 9. Albañilería; 10. Instalaciones eléctricas; 11. Instalaciones de Fontanería e Incendios; 12. Carpintería metálica y cerrajería.

	Existe un riesgo muy importante de que los trabajos sufran estrés térmico		La situación es muy próxima a los límites de que exista riesgo de estrés térmico
	No existe riesgo pero los trabajadores si tienen una sensación térmica calurosa		Los trabajadores se encuentran en una situación térmica aceptable
	No se han podido realizar cálculos. Debería analizarse con otros métodos.		

5. Bibliografía

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). (2015). Datos abiertos\Catálogo de Datos. [En línea]. Disponible en: <www.aemet.es/es/datos_abiertoscatalogo>. [Consulta: 31 de Enero de 2016].

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2005). UNE-EN ISO 8996:2005. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación de la tasa metabólica (ISO 8996:2004).

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2006). UNE-EN ISO 7730:2006. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.

Barrasa-Rioja, M., Lamosa-Quinteiro, S. & Álvarez-Díaz, M. (2013). Estudio del riesgo de estrés térmico en trabajos al aire libre en la provincia de Pontevedra (Galicia). En AEIPRO (Ed.)*Libro de Actasdel 17th International Congress on Project Management and Engineering*(pp. 1218-1229).Logroño.

Belding, H. S. & Hatch, T. F. (1955). Index for evaluating heat stress in terms of resultingphysiological strains. *Heating Piping, and Air Conditioning,*27, 129-136.

Callejón, A. J., Manzano, F., Diaz, M. & Carreño, J. (2011). Improving the climate safety ofworkers in Almería-type greenhouses in Spain by predicting the periods when they aremost likely to suffer thermal stress.*AppliedErgonomics,* 42, 391-396.

Diego-Mas, J.A. (2015). Evaluación del confort térmico con el método de Fanger. [En línea]. Ergonautas, UniversitatPolitècnica de València. Disponible en: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php>. [Consulta: 16 de Mayo de 2016].

EnvironmentCanada. (2001).Canada's new windchillindex. [En línea]. Disponible en<http://www.ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=n&n=5FBF816A-1>. [Consulta: 31 de Enero de 2016].

Fanger, P.O. (1970). Thermal Contort. Mc Graw Hill, New York.

Fuentes-Bargues, J.L., Fuentes-Bargues, D. &Sanchis-Llopis, A. (2014). Proyecto de Ejecución de Nave Industrial sin uso específico en Ribarroja del Turia (Valencia).

Holmer, I. (1984). Required clothing insulation (IREQ) as an Analitical Index of Cold Stress.ASHRAE Transactions. V.90 (1).

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) (1993). NTP322: Valoración del riesgo de estrés térmico: Índice WBGT.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) (1994). NTP 350:Evaluación del estrés térmico. Índice de sudoración requerida.

Martínez-García. A. (2008). Cómo cuantificar el estrés térmico en trabajos al aire libre: Tasas metabólicas. *Gestión práctica de riesgos laborales: Integración y desarrollo de la gestión de la prevención*, *46*, 46-51.

Masterton, J.& Richardson, F.A. (1979). Humidex, a Method of Quantifying Human DiscomfortDue to Excessive Heat and Humidity. Environment Canada, Downsview, Ontario, 45pp.

Vogt, J. J., Candas, V., Libert, J. P. &Daull. F. (1981). Required sweat rate as an index ofthermal strain in industry. En Bioengineering, Thermal Physiology and Comfort, dirigidopor K.Cena y J.A. Clark (pp. 99–110).Amsterdam: Elsevier

Yaglou, C.P. &Minard, D. (1957). Control of heat casualties at military training centers. AMAArch. Ind. Health 16, (pp. 302-316).