

Carga térmica: metrología y normativa

Gelman, R. Liliana

INTI-Construcciones

Introducción

La valoración de la carga térmica, puede utilizarse para evaluar el riesgo de salud y seguridad de un trabajador, definiéndose como la carga neta de calor a la que un trabajador puede estar expuesto como consecuencia del gasto energético del trabajo, de los factores ambientales y de los requisitos de la ropa.

Se pueden citar como antecedentes, las mediciones del Índice de Carga Térmica (TGBH) realizadas durante los años 1995, 2001 y 2003.

Durante 1995, se relevaron 28 edificios industriales típicos, ubicados en Capital Federal y zonas del Gran Buenos Aires. Durante 2001 y 2003, se obtuvo el índice TGBH, en el Edificio 10 del INTI-PTM, primero sin aislar y luego aislado térmicamente con lana de vidrio de 7.5cm de espesor. Se analizaron detalladamente cada una de las tareas y los tiempos empleados en el tamizado, secado de arena, encabezado de probetas de hormigón, limpieza y ensayos, evaluando peso, temperaturas, presión y pulso de los operarios.

La Ley 19587 sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo, ha sido modificada en este tema, por la Resolución 295:2003, emitida por el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social. Ambas se basan en la estimación del Índice TGBH: temperaturas húmeda y de globo.

Son doce las Normas Internacionales ISO, sobre Ergonomía del ambiente térmico. A nivel Nacional, se está trabajando en la Norma IRAM 3755: "Carga Térmica, determinación de la producción de calor metabólico".

Este desarrollo tiene como objetivos:

—**Metrología:** mostrar que la salud y seguridad de un operario dependen de mediciones, por lo que deben ser confiables y exactas.

—**Normativa:** comparar los tiempos máximos de exposición de un trabajador, que realiza tareas pesadas en ambientes calurosos, considerando los criterios de la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo, de la Resolución 295:2003 y del método de cálculo basado en la ISO 7933:1989 modificada.

Metodología / Descripción Experimental:

—Metrología:

Se calculó el índice en 28 edificios industriales típicos, usando psicrómetro de revoleo y termómetros globo. Se compararon los valores con los equipos de medición sin calibrar, obteniéndose los valores de TGBH, y calibrados: TGBH máx. y TGBH mín. (Ver Fig.1).

Las mediciones del Índice en el edificio 10 del PTM, fueron realizadas usando un monitor de estrés térmico, psicrómetro de revoleo y termómetros globo. Estos equipos se usaron en forma simultánea, obteniéndose valores del índice, sin y con calibración para ambos instrumentos. (Ver Fig.2y 3).

—Normativa:

Con los datos del Índice y el cálculo del metabolismo, se confeccionaron tablas, resaltando con colores, los tiempos máximos de exposición de los operarios sometidos a tareas pesadas. Estos colores responden a los distintos criterios de la Ley de Higiene y de la Resolución 295:2003. (Ver Fig.3).

Se elaboró un Método de Cálculo, basado en la Norma ISO 7933^[1], ASHRAE^[8] y NTP^[7], donde se tienen en cuenta: temperatura del aire, temperatura radiante media, humedad y velocidad del aire del ambiente, como así también la vestimenta, consumo metabólico y posturas de las personas expuestas.

Esto permite el cálculo de la tasa de sudoración requerida: Sw_{req} , a partir de las siguientes ecuaciones:

$$Sw_{req} = E_{req} / r_{eq}$$

$$E_{req} = M - W - C_{res} - E_{res} - C - R$$

Donde:

E_{req}	Evaporación requerida para el equilibrio térmico
M	Consumo metabólico según ISO 8996:90
W	Trabajo mecánico útil
C_{res}	Pérdida de calor respiratoria por convección
E_{res}	Pérdida respiratoria de calor por evaporación
C	Intercambio de calor en la piel por convección
R	Intercambio de calor en la piel por radiación
Sw_{req}	Tasa de sudoración requerida para el equilibrio térmico
r_{req}	Rendimiento evaporativo a la tasa de sudoración requerida

Se señala que la sudoración se puede transformar en la forma más importante de eliminar el calor en un ambiente caluroso.

— Cálculo del gasto metabólico para cada actividad:

	Esperar de pie	Caminar	Subir y bajar bolsas
Consumo Metabólico basal	47	47	47
Postura del cuerpo	25	25	25
Tipo de actividad	--	--	--
Movimiento del cuerpo	--	110	235
Metabolismo M_i (W/m ²)	72	182	307

—Control del tiempo empleado en cada tarea:

Actividades del operario en el "Sector A"	Tiempo	Metabolismo
	T_i (min)	M_i (W/m ²)
Esperar de pie frente a controles	15	72
Caminar por la planta	5	182
Subir y bajar bolsas de cemento	40	307

—Cálculo del Metabolismo Ponderado:

$$M_p = \sum(T_i * M_i) / \sum T_i$$

—Se ingresan al programa de cálculo, los siguientes datos:

Potencia metabólica	M	W/ m ²	219.1
Trabajo externo	W	W/ m ²	0
Aislamiento térmico de la ropa	Icl	m ² C/W	0.08
Fracción expuesta de la sup. Corporal	AR / ADu		0.77
Temperatura del aire	Ta	C	39.7
Temperatura de globo	Tg	C	41.5
Temperatura de bulbo húmedo	Twb	C	26.5
Velocidad del aire	Va	m/s	0.2

—Obteniéndose como resultados:

W/ m ²						
E_{req}	C_{res}	E_{res}	C	R	SW_{req}	r_{req}
305.02	-1.87	15.06	-17.22	-16.16	2914.99	0.10

Cuando existe una elevación excesiva de la temperatura interna del cuerpo después de los minutos indicados en la siguiente tabla, se requerirá una vigilancia médica individualizada:

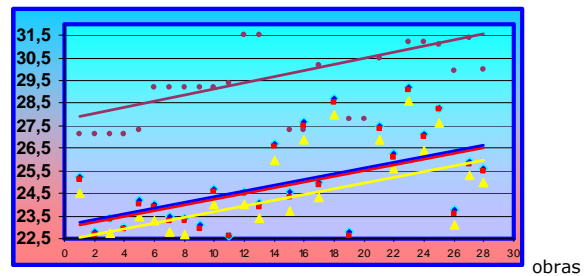
Duración límite de exposición del operario:	min
—Individuo no aclimatado – criterio de alarma	19.89
—Individuo no aclimatado – criterio de peligro	27.84
—Individuo aclimatado – criterio de alarma	26.72
—Individuo aclimatado – criterio de peligro	41.20

Estos valores se determinan en función de la acumulación de calor y de la pérdida hídrica.

Resultados

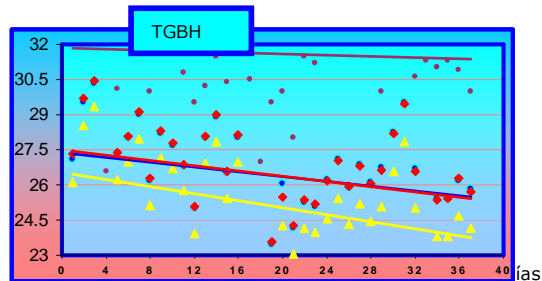
Se muestran a continuación gráficos, donde se ve el rango que surge de la medición del índice considerando la incertidumbre de la calibración en los distintos equipos usados. Rango que deberá ser tenido en cuenta al analizar los tiempos máximos de exposición de un trabajador.

TGBH



Temp. Exterior - TGBH - TGBH máx. - TGBH mín.

Fig.1: Mediciones del Índice TGBH en 28 obras, desde el 19/12/95 al 21/3/96.



días

Temp. Exterior - TGBH - TGBH máx. - TGBH mín.

Fig.2: Mediciones del Índice TGBH en el INTI - Edificio 10, desde el 04/01/01 al 14/03/01 y desde 14/01/03 al 07/03/03. Aislado térmicamente el 8/03/01, por ello la línea de tendencia desciende.

EDIFICIO 10	Monitor Stress Térmico			TGBH (C)	Psicrómetro y Termómetros glob.		
	TGBH	TGBH máx.	TGBH mín.		TGBH	TGBH máx.	TGBH mín.
05/01/01 11h	29.0	29.1	28.0	trabajo continuo	29.4	29.3	28.7
t ext: 36.8C 12h	29.6	29.7	28.6	75% trabajo	30.0	29.9	29.3
HR%: 39 14h	29.8	30.0	28.9	50% trabajo	30.2	30.1	29.5
15h	32.1	30.5	29.3	25% trabajo	32.2	30.6	30.0
15/01/01 11h	26.7	26.0	24.8		26.1	25.6	25.0
t ext: 30.1C 12h	26.9	26.1	25.0		26.7	25.4	24.8
HR%: 58 14h	27.9	26.3	25.2		27.5	26.5	25.9
15h	28.3	27.3	26.1		28.0	27.1	26.5

Fig.3: Tiempos de exposición máxima según el criterio de la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo.

Conclusiones

—El índice TGBH, debería ser usado, sólo, para diagnosticar una situación de estrés térmico.

—El método de cálculo basado en la Norma ISO 7933, aporta exactitud en la determinación de los tiempos máximos de exposición en ambientes calurosos. Por lo cual se sugiere su uso.

—Medir con equipos calibrados y confiables. Lo contrario puede afectar la salud y seguridad del trabajador.

—Realizar encuestas a los operarios sobre autoevaluación del puesto de trabajo, permitirá un cálculo real del metabolismo.

—La colaboración del INTI, en este tema, debería ser considerada por el Ministerio de Trabajo.

Referencias

[1] ISO 7933: "Ambientes térmicos calurosos. Determinación analítica e interpretación del estrés térmico, basados en el cálculo de la tasa de sudoración requerida".

[2] ISO 8996: "Ergonomía. Determinación de la producción metabólica de calor".

[3] Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social. Resolución 295:2003, "Estrés Térmico y Tensión Térmica", pp 36-42.

[4] G. Coles, R. Di Corleto, I. Firth, "Documentation of the Heat Stress Standard Developed for Use in the Australian Environment", Appendix C, August 2002, pp 39-40.

[5] "Ley Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo 19587" y Decreto Reglamentario Nº911:96, Art. 137.

[6] Paul U. Bittner, "Los techos y el calor".

[7] Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España-Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Notas Técnicas de Prevención: NTP 177, NTP 350 y NTP 323.

[8] ASHRAE. Cap. 8: Thermal Comfort.

Para mayor información contactarse con:
nombre del autor de contacto – carela@inti.gov.ar