

# Contenido

<b>Introducción .....</b>	<b>11</b>
<b>1 Termorregulación del cuerpo humano .....</b>	<b>13</b>
La sobrecarga térmica y la tensión térmica .....	16
Balance térmico entre la persona y el medio .....	20
Metabolismo .....	22
Mecanismos fisiológicos de la termorregulación .....	22
Sobrecarga calórica .....	23
Sobrecarga por frío .....	25
Factores que influyen en el estrés térmico .....	25
Sexo .....	26
Constitución corporal .....	26
Edad .....	27
Etnia .....	27
El vestido .....	29
Aclimatación al calor .....	29
Indicadores fisiológicos de la tensión calórica .....	31
Medidas de protección frente al ambiente caluroso .....	35
Medidas de protección frente al ambiente frío .....	36
<b>2 Ambiente térmico: magnitudes, unidades e instrumentos de medición .....</b>	<b>37</b>
Magnitudes y unidades .....	37
Instrumentos de medida de las temperaturas .....	38
Mediciones de temperaturas fisiológicas .....	39
Mediciones de temperaturas psicrométricas .....	39
Mediciones de la temperatura del aire ( $t_a$ ), la temperatura de bulbo húmedo ( $t_{bh}$ ) y de la humedad relativa (HR) .....	40
Humedad absoluta (HA) y humedad relativa (HR) .....	41
Medición de la humedad del aire mediante un higrómetro .....	42
Punto de rocío ( $t_{pr}$ ) .....	44
Medición de la temperatura del aire natural ( $t_{an}$ ) y de la temperatura de bulbo húmedo natural ( $t_{bhn}$ ) .....	45
Relación entre temperatura húmeda y temperatura húmeda natural .....	45
Medición de la temperatura de globo ( $t_g$ ) y cálculo de la temperatura radiante media (TRM) .....	46
Temperatura operativa ( $t_o$ ) .....	48

Temperatura efectiva (TE) y temperatura efectiva corregida (TEC) .....	48
Velocidades del aire: absoluta ( $v_a$ ) y relativa ( $v_{ar}$ ) .....	50
Velocidad del aire absoluta ( $v_a$ ) .....	51
Velocidad del aire relativa ( $v_{ar}$ ) .....	51
Medición de la velocidad del aire ( $v_a$ ) .....	51
El anemómetro de aspas .....	52
El catatermómetro .....	53
El termoanemómetro .....	53
El calor metabólico .....	54
Medición del gasto energético .....	56
Calorimetría directa .....	56
Calorimetría indirecta .....	56
Medición del gasto energético mediante el control de los alimentos .....	56
Medición del gasto energético mediante el consumo de oxígeno .....	57
Condiciones BTPS, ATPS y STPD .....	58
Medición del gasto energético por la frecuencia cardíaca .....	60
Estimación del gasto energético mediante tablas .....	60
Metabolismo de un ciclo de trabajo .....	66
Propiedades térmicas del vestido .....	66
<b>3 Balance térmico .....</b>	<b>67</b>
Ecuación general de balance térmico .....	67
Metabolismo (M) .....	68
Trabajo externo (W) .....	69
Intercambio de calor por radiación (R) .....	69
Intercambio de calor por convección (C) .....	71
Pérdida de calor por evaporación del sudor (E) .....	72
Pérdida de calor por respiración ( $C_{res}$ ) y ( $E_{res}$ ) .....	72
Pérdida de calor por difusión del vapor en la piel ( $E_d$ ) .....	73
Conducción de calor a través del vestido ( $C_{cond.clo}$ ) .....	74
<b>4 Índice de valoración medio (IVM) de Fanger .....</b>	<b>75</b>
Fanger y la ecuación de confort .....	75
Condiciones para establecer el confort térmico .....	76
Diferencias individuales .....	77
Criterios de valoración del confort térmico .....	78
Recomendaciones para el confort térmico en trabajos sedentarios .....	78
Temperatura del aire .....	78
Fuentes de calor radiante .....	79
Humedad relativa .....	80
Velocidad del aire .....	81
Curvas de confort .....	82
Índice de valoración medio (IVM) y porcentaje de personas insatisfechas (PPI) .....	82
Nivel de actividad .....	93
Corrección del IVM .....	93

Cálculo de la temperatura radiante media (TRM) .....	93
Porcentaje de personas insatisfechas (PPI) .....	98
Aplicabilidad del método de Fanger .....	99
<b>5 Índice de sobrecarga calórica (ISC) (heat stress index) .....</b>	<b>101</b>
Interpretación del índice ISC .....	103
Tiempo de exposición permisible (TEP) y tiempo de recuperación (TR) .....	105
Aplicabilidad del índice ISC .....	106
<b>6 Índice de temperatura de globo y de bulbo húmedo (WBGT-Index) .....</b>	<b>107</b>
Metodología para la medición .....	107
Ponderación por metabolismo, tiempo de actividad y posición del operario .....	109
Coeficientes de descanso .....	111
Aplicabilidad del índice WBGT .....	112
<b>7 Índice de sudoración requerida (SWreq) .....</b>	<b>113</b>
Flujo máximo de calor por evaporación en la superficie de la piel .....	113
Cálculo de la evaporación requerida, de la humedad requerida y del índice de sudoración requerido .....	114
Interpretación del método de la sudoración requerida (SWreq) .....	115
Análisis de la situación de trabajo .....	116
Determinación del tiempo de exposición permitido (DLE) .....	118
Organización del trabajo en ambientes de estrés térmico .....	119
Cálculo de los términos de la ecuación de balance térmico .....	119
Flujo de calor por convección respiratoria ( $C_{res}$ ) .....	119
Flujo de calor por evaporación respiratoria ( $E_{res}$ ) .....	119
Flujo de calor por radiación (R) .....	120
Flujo de calor por convección (C) .....	120
Otros términos necesarios para el cálculo de $SW_{req}$ .....	121
Temperatura de la piel ( $t_p$ ) .....	121
Factor de reducción del vestido ( $F_{clo}$ ) .....	122
Resistencia total a la evaporación ( $R_t$ ) .....	122
Eficiencia evaporativa del sudor ( $r_p$ ) .....	122
Velocidad relativa del aire ( $v_{ar}$ ) .....	122
Validez y aplicación del $SW_{req}$ .....	123
<b>8 Estrés por frío .....</b>	<b>125</b>
Enfriamiento general del cuerpo humano .....	125
Índice del aislamiento del vestido requerido (IREQ, Norma ISO 11079) .....	128
Flujo de calor por la respiración ( $C_{res}$ y $E_{res}$ ) .....	129
Flujo de calor por evaporación del sudor (E) .....	130
Flujo de calor por convección (C) .....	131
Flujo de calor por radiación (R) .....	132
Flujo de calor a través del vestido .....	133
Cálculo del aislamiento del vestido requerido (IREQ) .....	133

Definición y cálculo del tiempo límite de exposición (DLE) .....	134
Enfriamiento de la piel por convección. Índice de viento frío (WCI) .....	135
Enfriamiento de las extremidades .....	136
Enfriamiento por conducción .....	137
Enfriamiento del aparato respiratorio .....	137
Medidas contra el frío .....	138
<b>9 Problemas, casos y soluciones .....</b>	<b>141</b>
Comentarios generales y criterios de aplicación .....	141
Método de Fanger .....	141
Método del índice de sobrecarga calórica (ISC) .....	141
Método del índice de temperatura de globo y de bulbo húmedo (WBGT) .....	142
Método del índice de sudoración requerida (SWreq) .....	142
Método del índice del aislamiento del vestido requerido (IREQ) .....	142
Método del índice de viento frío (WCI) .....	142
Ejemplo 1 .....	143
Ejemplo 2 .....	147
Problemas planteados con resolución numérica .....	150
<b>10 El programa Spring 3.0 .....</b>	<b>167</b>
Introducción .....	167
Instalación de la aplicación .....	168
Evaluación del confort y el estrés térmico utilizando el programa Spring .....	168
Introducción de datos .....	168
Selección de índices e introducción de los valores de los parámetros .....	169
Selección del aislamiento del vestido .....	171
Menú de resultados obtenidos .....	172
Ventana resumen de resultados .....	174
Ventana de visualización de la influencia de la velocidad del aire .....	176
Ventana de impresión de parámetros térmicos .....	177
<b>Anexo 1 Definiciones, magnitudes y unidades .....</b>	<b>179</b>
Definiciones .....	179
Magnitudes y unidades .....	181
<b>Anexo 2 Normativa española .....</b>	<b>183</b>
<b>Anexo 3 Índice analítico .....</b>	<b>187</b>
<b>Anexo 4 Formulario .....</b>	<b>191</b>
<b>Anexo 5 Tabla de conversiones .....</b>	<b>199</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>203</b>