

Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

CONFORT TÉRMICO EVALUACIÓN Y CONTROL

Eduardo Jiménez Alcántara

2014.03.05





AGENTES FISICOS

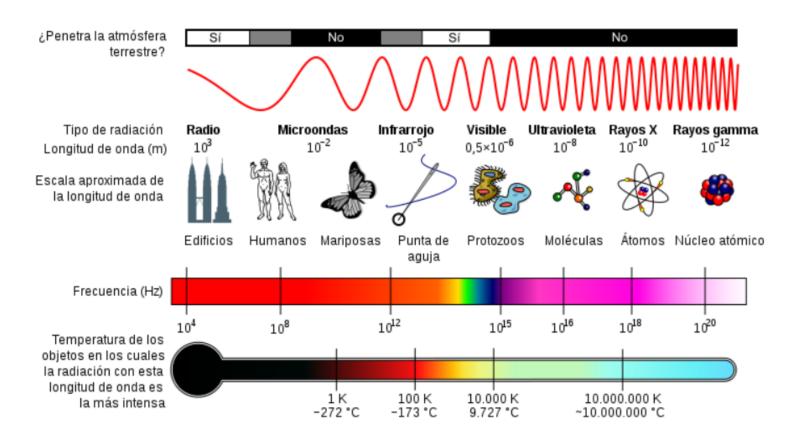


- ✓ FACTORES MEDIBLES DEL AMBIENTE
- ✓ EFECTOS FISIOLOGICOS
- ✓ COMO SIENTE EL TRABAJADOR DICHO AMBIENTE



ESPECTRO ELECTROMAGNETICO:

Es el conjunto de todas las formas **de energía radiante** que existen en el Universo.







La radiación infrarroja es la radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida entre 700 nanómetros y 1 milímetro.

Todos los cuerpos, cuya temperatura es superior al cero absoluto, emiten una radiación infrarroja.

Los infrarrojos **se clasifican**, de acuerdo a su longitud de onda:

• <u>infrarrojo cercano</u>: 800 nm ÷ 2500 nm

infrarrojo medio: de 2.5 μm ÷ 50 μm

infrarrojo lejano: de 50 μm ÷1000 μm





VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL CONFORT TERMICO

CLIMATOLOGIA AMBIENTAL: FACTORES AMBIENTALES

√ TEMPERATURA DEL AIRE: Taire

✓ <mark>TEMPERATURA RADIANTE MEDIA</mark>: TRM

✓ HUMEDAD DELAIRE: H aire

✓ VELOCIDAD DEL AIRE: Vaire

CONDICIONES DE TRABAJO: FACTORES FISIOLOGICOS

- ✓ CARGA DE TRABAJO
- ✓ TIPO DE VESTIDO





• CLIMATOLOGIA AMBIENTAL: FACTORES AMBIENTALES

√ TEMPERATURA DEL AIRE: Taire

✓ TEMPERATURA RADIANTE MEDIA: TRM

✓ **HUMEDAD DELAIRE**: Haire

✓ VELOCIDAD DEL AIRE: Vaire

INSTRUMENTOS MEDIDA TEMPERATURA

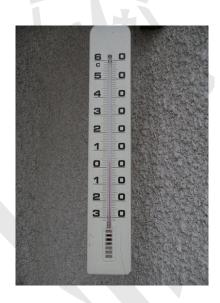
INVASSAT Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball













INSTRUMENTOS MEDIDA TEMPERATURA







INSTRUMENTOS MEDIDA TEMPERATURA RADIANTE



MEDIDA DE LA TEMPERATURA RADIANTE MEDIA

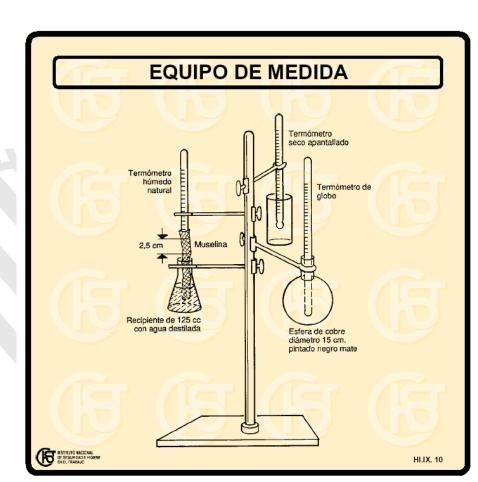
$$T_R = [(T_g 273)^4 + 2.5 \times 10^8 \times v^{0.6} (T_g - T_a)]^{1/4} - 273$$

 T_R = temperatura radiante media (°C)

 T_a = temperatura de globo (°C)

 T_a = temperatura del aire (°C)

v = velocidad del aire (m/s)



INSTRUMENTOS MEDIDA TEMPERATURA RADIANTE

INVASSAT Institut Valencià de

Seguretat i Salut en el Treball







INSTRUMENTOS MEDIDA TEMPERATURA RADIANTE

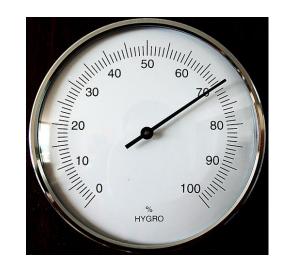
INVASSAT

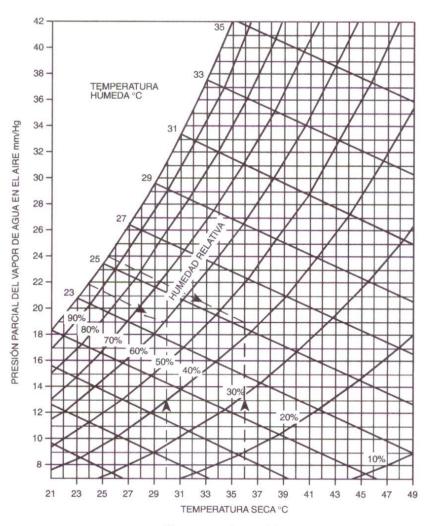
Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball











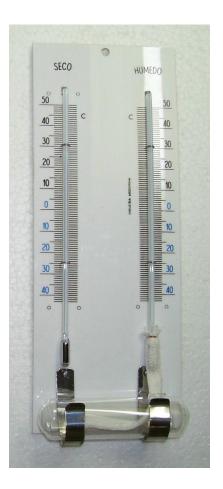
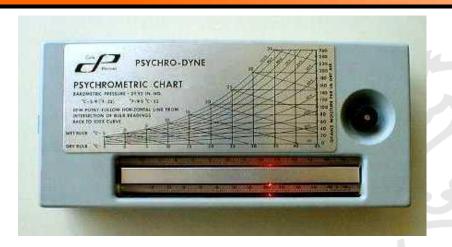


Diagrama psicrometrico

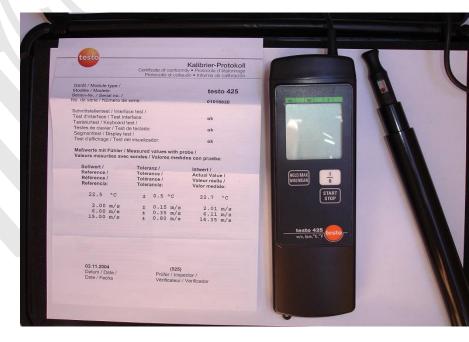
INVASSAT

Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball



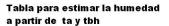






Invassat Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

					I	Diferen	ncia e	entre t	empe	ratura	a seca	y ten	npera	tura h	úmed	a			
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	10	100	88	76	65	54	43	33	24	15									
	11	100	88	76	66	55	45	35	27	18									
	12	100	89	77	66	56	47	38	29	20	11								
	13	100	89	78	67	58	49	40	32	23	15								
	14	100	90	79	68	59	50	42	34	26	18	10							
	15	100	90	79	69	60	51	43	36	28	20	14							
	16	100	90	80	70	61	53	44	37	30	22	16	10						
	17	100	91	80	71	63	54	46	38	32	24	18	12						
	18	100	91	81	71	63	55	48	39	33	26	20	14						
	19	100	91	81	72	64	56	49	41	34	28	22	16	10					
	20	100	92	82	73	64	57	50	43	36	30	24	18	12					
	21	100	92	82	74	65	58	52	45	38	32	26	20	14					
	22	100	92	83	74	66	60	53	46	39	34	28	22	16	11				
ra Ca	23	100	92	83	75	67	61	55	48	41	35	30	23	18	13				
d 3c	24	100	92	83	75	68	62	56	50	42	36	31	25	20	15	10			
remperatura seca	25	100	92	84	76	69	63	57	51	44	38	32	27	22	17	12			
The	26	100	93	84	76	70	63	57	52	45	39	34	28	24	19	14			
101	27	100	93	85	77	71	64	58	52	47	41	36	30	25	21	16	11		
	28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37	32	27	23	18	13		
	29	100	93	85	79	72	66	60	54	49	43	38	33	29	24	20	15	11	
	30	100	93	86	79	73	66	60	55	50	45	40	35	31	26	21	16	12	
	31	100	93	86	79	73	67	61	56	51	46	41	36	32	27	22	18	14	1
	32	100	93	86	80	74	68	62	56	52	47	42	37	33	28	23	19	15	1
	33	100	93	86	80	74	68	63	57	52	47	43	38	34	29	25	21	17	1
	34	100	94	87	80	75	69	64	58	53	48	43	38	35	30	26	22	18	1
	35	100	94	87	81	75	70	64	58	53	48	44	39	36	31	27	23	20	1
	36	100	94	87	81	75	70	65	59	54	49	45	40	37	32	29	25	22	1
	37	100	94	87	82	76	71	65	60	55	50	46	41	38	33	30	26	23	2
	38	100	94	87	82	76	71	66	61	56	51	47	42	38	34	31	27	24	2
	39	100	94	88	82	76	72	66	62	57	52	48	43	39	35	32	28	25	2
	40	100	94	88	82	77	72	67	63	58	53	49	44	39	35	32	29	26	2









Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball







INVASSAT

Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball











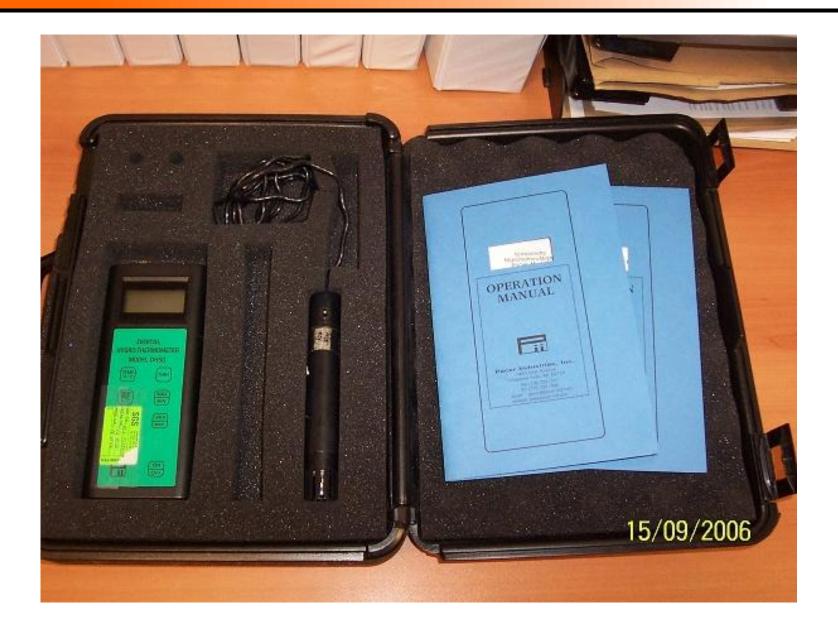












INVASSAT

Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball











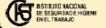
- CONDICIONES DE TRABAJO: FACTORES FISIOLOGICOS
 - ✓ CARGA DE TRABAJO
 - ✓ TIPO DE VESTIDO





CALOR PRODUCIDO SEGÚN LA ACTIVIDAD

ACTIVIDAD	CALOR kcal/h
DURMIENDO	60
SENTADO SIN HACER NADA	100
TRABAJO DE OFICINA SENTADO	125
SENTADO CONDUCIENDO O TOCANDO EL PIANO	150
DE PIE, TRABAJO LIGERO DE BANCO SIN ANDAR	150
IDEM PERO ANDANDO UN POCO	175
COCINAR (DE PIE)	210
PONER LADRILLOS	260
LIMAR A 60 GOLPES/MINUTO	270
HACER LA CAMA	360
BAILAR UN VALS	460





La carga térmica metabólica se calcula como la suma de tres términos, A, B y C cuyos valores se indican a continuación:

A Posición y movimiento del cuerpo		Kcal/min
Sentado		0,3
De pie		0,6
Andando en terreno llano		2,0 - 3,0
Andando en pendiente		añadir 0,8 por m de desnivel
B Tipos de trabajo	Valores medios Kcal/min	Valores límites Kcal/min
Manual ligero	0,4	0,2 - 1,2
Manual pesado	0,9	
Con un brazo: ligero	1,0	0,7 - 2,5
Con un brazo: pesado	1,8	
Con ambos brazos: ligero	1,5	1,0 - 3,5
Con ambos brazos: pesado	2,5	
Con el cuerpo: ligero	3,5	
Con el cuerpo: moderado	5,0	
Con el cuerpo: pesado	7,0	2,5 - 15
Con el cuerpo: muy pesado	9,0	
C Metabolismo basal		

Corresponde al calor liberado por el organismo en estado de reposo físico y mental: a efectos prácticos se adopta siempre el valor de 1 Kcal/min.

Fig. 2.16 Estimación del metabolismo según las posturas y los movimientos (G.Lehmann). El metabolismo del trabajo se obtiene sumando las tablas A y B.



norma española

UNE-EN ISO 7730

Octubre 2006

TÍTULO	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
	(ISO 7730:2005)



Tabla B.1 – Tasas metabólicas

Actividad	Tasa m	etabólica
	W/m^2	met
Reposo, tendido	46	0,8
Reposo, sentado	58	1,0
Actividad sedentaria (oficina, domicilio, escuela, laboratorio)	70	1,2
Actividad ligera, de pie (de compras, laboratorio, industria ligera)	93	1,6
Actividad media, de pie (dependiente de comercio, tareas domésticas, trabajo con máquinas)	116	2,0
Caminar en llano		
2 km/h	110	1,9
3 km/h	140	2,4
4 km/h	165	2,8
5 km/h	200	3,4



norma española

UNE-EN ISO 8996

Junio 2005

TÍTULO

Ergonomía del ambiente térmico

Determinación de la tasa metabólica

(ISO 8996:2004)



Posición del cuerpo	Metabolismo (W/m²)
Sentado	10
Arrodillado	20
Agachado	20
De pie	25
De pie inclinado	30

Fig 2.17 Estimación del metabolismo por componentes en función de la postura (norma ISO 8996, 1990).

Tipo de trabajo	Metabolisi	mo (W/m²)
	Valor medio	Intervalo
Trabajo con las manos		
ligero	15	< 20
medio	30	20 - 30
intenso	40	> 35
Trabajo con un brazo		
ligero	35	< 45
medio	55	45 - 65
intenso	75	> 65
Trabajo con dos brazos		
ligero	65	< 75
medio	85	75 - 95
intenso	105	> 95
Trabajo con el tronco		
ligero	125	< 155
medio	190	155 - 230
intenso	280	230 - 330
muy intenso	390	> 330

Fig 2.18 Estimación del metabolismo por componentes debido al tipo de trabajo (norma ISO 8996, 1990).



Tipo de trabajo	Metabolismo en función de la velocidad (W/m²) / (ms-1)
Velocidad de desplazamiento en función de la distanci	ia
Caminar 2 a 5 km/h	110
Caminar en subida 2 a 5 km/h	
Pendiente 5°	210
Pendiente 10°	360
Caminar en bajada 5 km/h	
Pendiente 5°	60
Pendiente 10°	50
Caminar a 4 km/h con una carga en la espalda	
Carga de 10 kg	125
Carga de 30 kg	185
Carga de 50 kg	285
Velocidad de desplazamiento en función de la altura	
Subir una escalera	1725
Bajar una escalera	480
Subir una escalera de mano inclinida	
Sin carga	1660
Con una carga de 10 kg	1870
Con una carga de 50 kg	3320
Subir una escalera de mano vertical	
Sin carga	2030
Con una carga de 10 kg	2335
Con una carga de 50 kg	4750

EQUIVALENCIA UNIDADES



	Norma	ISO 7243	
W/m^2	met.	$Kcal/(m^2h)$	Kcal/h
58,15	1	50	90
69,6	1,2	60	110
81,2	1,4	70	125
92,8	1,6	80	145

Fig. 2.13 Relación de actividades en W/m² y en met.

ESTIMACION AISLAMIENTO TERMICO SEGÚN ROPA



norma española

UNE-EN ISO 7730

Octubre 2006

TÍTULO

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

(ISO 7730:2005)

ESTIMACION AISLAMIENTO TERMICO SEGÚN ROPA



Tabla C.1 – Aislamiento térmico para combinaciones habituales de prendas

Ropa de trabajo		$I_{ m cl}$	Ropa de uso diario		$I_{ m cl}$
	clo	$m^2 \cdot K/W$		clo	$m^2 \cdot K/W$
Calzoncillos, mono, calcetines, zapatos	0,70	0,110	Bragas, camiseta, pantalón corto, calcetines finos, sandalias	0,30	0,050
Calzoncillos, camisa, mono, calcetines, zapatos	0,80	0,125	Calzoncillos, camisa de manga corta, pantalones ligeros, calcetines finos, zapatos	0,50	0,080
Calzoncillos, camisa, pantalones, bata, calcetines, zapatos	0,90	0,140	Bragas, combinación, medias, vestido, zapatos	0,70	0,105
Ropa interior de mangas y perneras cortas, camisa, pantalones, chaqueta, calcetines, zapatos	1,00	0,155	Ropa interior, camisa, pantalones, calcetines, zapatos	0,70	0,110
Ropa interior de mangas y perneras largas, chaqueta térmica, calcetines, zapatos	1,20	0,185	Bragas, camisa, pantalones, chaqueta, calcetines, zapatos	1,00	0,155
Ropa interior de mangas y perneras cortas, camisa, pantalones, chaqueta, chaquetón y sobrepantalones con acolchado grueso, calcetines, zapatos, gorro, guantes	1,40	0,220	Bragas, medias, blusa, falda larga, chaqueta, zapatos	1,10	0,170
Ropa interior de mangas y perneras cortas, camisa, pantalones, chaqueta, chaquetón y sobrepantalones con acolchado grueso, calcetines, zapatos	2,00	0,310	Ropa interior de manga y perneras largas, camisa, pantalones, jersey de cuello en V, chaqueta, calcetines, zapatos	1,30	0,200
Ropa interior de mangas y perneras largas, chaqueta y pantalones térmicos, parka con acolchado grueso, chaquetón y sobrepantalones con acolchado grueso, calcetines, zapatos	2,55	0,395	Ropa interior de manga y perneras cortas, camisa, pantalones, chaleco, chaqueta, chaquetón, calcetines, zapatos	1,50	0,230

ESTIMACION AISLAMIENTO TERMICO SEGÚN ROPA

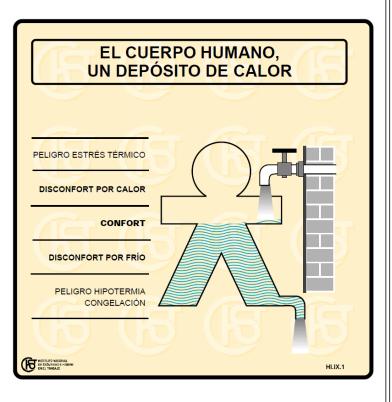


Tabla C.2 – Aislamiento térmico para prendas y cambios de temperatura operativa óptima

Prenda		$I_{\rm chi}$	Cambio de temperatura		
	clo	$m^2 \cdot K/W$	operativa óptima, °C		
Ropa interior					
Bragas	0.03	0.005	0.2		
Calzoncillos de perneras largas	0.10	0,016	0,6		
Camisetas sin mangas	0,04	0,006	0.3		
Camisetas de manga corta	0.09	0.014	0.6		
Camiseta de manga larga	0.12	0.019	0,8		
Bragas y sujetador	0,12	0,019	0,8		
Camisas/blusas	0,03	0,003	0,2		
	0.15	0.023	0,9		
Mangas cortas	0,13	0.031	1.3		
Ligeras, mangas largas	0,20	0.039			
Normales, mangas largas	- 3	- 3	1,6		
De franela, mangas largas	0,30	0,047	1,9		
Blusa ligera, mangas largas	0,15	0,023	0,9		
Pantalones	0.00	0.000	0.4		
Cortos	0,06	0,009	0,4		
Ligeros	0,20	0,031	1,3		
Normales	0,25	0,039	1,6		
De franela	0,28	0,043	1,7		
Vestidos/Faldas					
Faldas ligeras (verano)	0,15	0,023	0,9		
Faldas gruesas (invierno)	0,25	0,039	1,6		
Vestidos ligeros, magas cortas	0,20	0,031	1,3		
Vestido de invierno, mangas largas	0,40	0,062	2,5		
Monos	0,55	0,085	3,4		
Jerseys					
Chalecos sin mangas	0,12	0,019	0,8		
Jersey fino	0,20	0,031	1,3		
Jersey	0,28	0,043	1,7		
Jersey grueso	0,35	0,054	2,2		
Chaquetas					
Ligeras, de verano	0,25	0,039	1,6		
Chaquetas	0,35	0,054	2,2		
Batas	0,30	0,047	1,9		
Muy aislantes, de fieltro					
Mono	0,90	0,140	5,6		
Pantalones	0.35	0.054	2,2		
Chaqueta	0,40	0,062	2,5		
Chaleco	0,20	0,031	1,3		
Ropa de abrigo	0,20	2,021	4,5		
Chaquetón	0.60	0.093	3.7		
Cazadora	0,55	0,085	3,4		
Parka	0.70	0,109	4,3		
Pantalones de fieltro	0.55	0.085	3,4		
Varios	0,55	0,003	3,7		
Calcetines	0.02	0.003	0,1		
Calcetines Calcetines gruesos, tobilleros	0,02	0.008	0,1		
	0,03	0.016	0,5		
Calcetines gruesos, largos					
Medias de nilón	0,03	0,005	0,2		
Zapatos (suela fina)	0,02	0,003	0,1		
Zapatos (suela gruesa)	0,04	0,006	0,3		
Botas	0,10	0,016	0,6		
Guantes	0,05	0,008	0,3		

INTERCAMBIO CALOR. EFECTOS FISIOLOGICOS





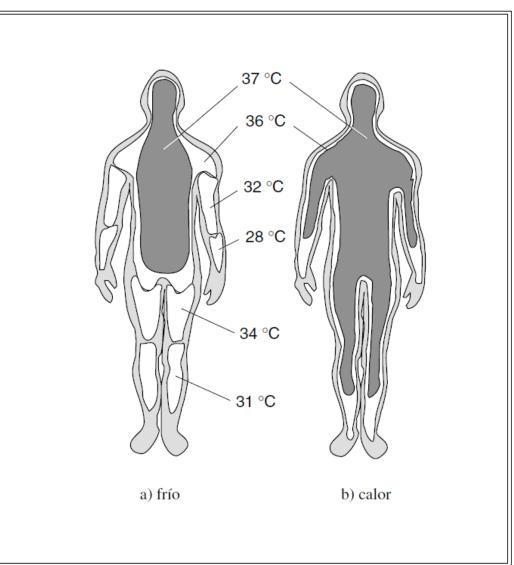


Fig 1.2 Temperaturas aproximadas del cuerpo humano: a) bajo condiciones de frío (20 - 24 °C) y b) bajo condiciones de calor (\geq 35 °C)

INTERCAMBIO CALOR. EFECTOS FISIOLOGICOS



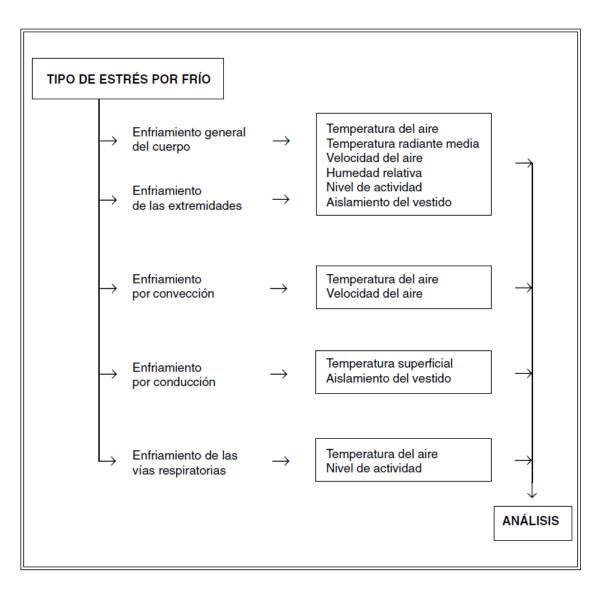


Fig. 8.1 Esquema para el análisis de diferentes tipos de enfriamientos

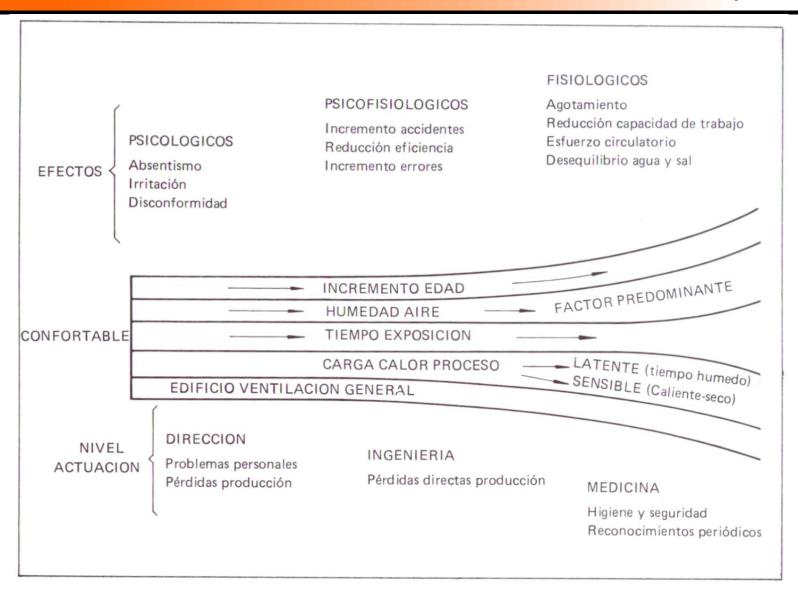


PATOLOGÍA DEL CALOR SOBRE EL HOMBRE

- Trastornos de la piel
- Golpe de calor
- Hiperpirexia
- Sincope térmico
- Deshidratación
- Déficit salino
- Anhidrosis

INTERCAMBIO CALOR, EFECTOS FISIOLOGICOS





CONDICIONES TERMOHIGROMETRICAS. NORMATIVA



RD 486/97

de 14 de abril, disposiciones mínimas de seguridad y salud en los **LUGARES DE TRABAJO**

TEMPERATURA	17 a 27 ºC: Trabajos sedentarios						
TEIVIPERATURA	14 a 25 °C: Trabajos ligeros						
HUMEDAD	30 a 70 %						
HOWIEDAD	50 a 70 %: Riesgo de electricidad estática						
VELOCIDAD DEL	0,25 m/s : Trabajos en <mark>ambientes no calurosos</mark>						
AIRE	0,50 m/s: Trabajos sedentarios ambientes calurosos						
AIRE	0,75 m/s : Trabajos no sedentarios ambientes calurosos						
RENOVACIÓN	30 m³/hora y trabajador: Trabajos sedentarios en						
MINIMA DEL ambientes no calurosos ni contaminados							
AIRE LIMPIO	50 m³/hora y trabajador: Casos restantes						

CONDICIONES TERMOHIGROMETRICAS. NORMATIVA



RD 1751/98 de 31 de julio, por el que se aprueba RITE

ESTACION	TEMPERATURA OPERATIVA: ⁰ C	VELOCIDAD MEDIA del AIRE: m/s	HUMEDAD RELATIVA : %
VERANO	23 a 25	0,18 a 0,24	40 a 60
INVIERNO	20 a 23	0,15 a 0,20	40 a 60



norma española

UNE-EN ISO 10551

Enero 2002

TÍTULO

Ergonomía del ambiente térmico

Evaluación de la influencia del ambiente térmico empleando escalas de juicio subjetivo

(ISO 10551:1995)



1	¿Qué sier	nte usted en es	ste momento?	(marcar la ca	silla apropiad	a) Tengo				
	frío excesivo	mucho frío	frío	algo de frío	ni frío ni calor	algo de calor	calor	mucho calor	calor excesivo	
2	Se encuer	ntra usted								
	cómodo	algo incómodo	incómodo	muy incómodo	extremada- mente					
					incómodo					
3	En este m	nomento prefe	riría tener:							
	mucho más frío	más frío	un poco más de frío	ni más frío ni más calor	un poco más de calor	más calor	mucho más calor			
4	Teniendo rechazarl		nicamente sus	s preferencias	personales,	¿aceptaría us	ted este ambi	ente térmico	en lugar de	
				Si 🗖		No 🗆				
5	En su opir	nión, este amb	iente térmico	es:						
1	perfectamer soportable	-		ante difícil soportar	muy dificil de	e insopor	table			
			1							



norma española

UNE-EN ISO 15265

Abril 2005

TÍTULO

Ergonomía del ambiente térmico

Estrategia de evaluación del riesgo para la prevención del estrés o incomodidad en condiciones de trabajo térmicas

(ISO 15265:2004)



Tabla 2 Escalas de puntuación para el método de "observación"

Puntuación	Estado
Temperatura	del aire
-3	en general, bajo cero
-3	en general, oajo cero en general, entre 0 °C y 10 °C
-1	en general, entre 10 °C y 18 °C
0	en general, entre 18 °C y 25 °C
1	en general, entre 18 °C y 23 °C en general, entre 25 °C y 32 °C
2	en general, entre 23 °C y 32 °C en general, entre 32 °C y 40 °C
3	en general, entre 32 °C y 40 °C en general, superiores a 40 °C
Humedad	1 5
-1	garganta u ojos secos tras 2-3h
0	normal
ì	piel húmeda
2	piel completamente mojada
Radiación tér	
-1	frío en la cara tras 2-3 min
0	ninguna radiación apreciable
1	
_	calor en la cara tras 2-3 min
2	insoportable después de 2 min
3	sensación de quemadura inmediata
Movimiento d	lel aire
-2	movimientos fuertes de aire frío
-1	movimientos ligeros de aire frío
0	sin movimiento del aire
1	movimientos ligeros de aire cálido
2	movimientos fuertes de aire cálido
Carga de trab	ajo físico
Carga de trab	trabajo de oficina: fácil, baja demanda muscular, movimientos ocasionales a velocidad normal
0	trabajo de oficina: fácil, baja demanda muscular, movimientos ocasionales a velocidad normal
0	trabajo de oficina: fácil, baja demanda muscular, movimientos ocasionales a velocidad normal trabajo moderado con brazos y piernas: uso de máquinas pesadas, caminar tranquilamente
0	trabajo de oficina: fácil, baja demanda muscular, movimientos ocasionales a velocidad normal trabajo moderado con brazos y piernas: uso de máquinas pesadas, caminar tranquilamente trabajo intenso con brazos y tronco: manejo de objetos pesados, uso de pala, corte de madera,
0 1 2	trabajo de oficina: fácil, baja demanda muscular, movimientos ocasionales a velocidad normal trabajo moderado con brazos y piernas: uso de máquinas pesadas, caminar tranquilamente trabajo intenso con brazos y tronco: manejo de objetos pesados, uso de pala, corte de madera, caminar rápido o mientras se porta una carga pesada
0 1 2	trabajo de oficina: fácil, baja demanda muscular, movimientos ocasionales a velocidad normal trabajo moderado con brazos y piernas: uso de máquinas pesadas, caminar tranquilamente trabajo intenso con brazos y tronco: manejo de objetos pesados, uso de pala, corte de madera, caminar rápido o mientras se porta una carga pesada
0 1 2 3 Vestimenta	trabajo de oficina: fácil, baja demanda muscular, movimientos ocasionales a velocidad normal trabajo moderado con brazos y piernas: uso de máquinas pesadas, caminar tranquilamente trabajo intenso con brazos y tronco: manejo de objetos pesados, uso de pala, corte de madera, caminar rápido o mientras se porta una carga pesada trabajo muy intenso a una elevada velocidad: escaleras, escalas
0 1 2 3 Vestimenta	trabajo de oficina: fácil, baja demanda muscular, movimientos ocasionales a velocidad normal trabajo moderado con brazos y piernas: uso de máquinas pesadas, caminar tranquilamente trabajo intenso con brazos y tronco: manejo de objetos pesados, uso de pala, corte de madera, caminar rápido o mientras se porta una carga pesada trabajo muy intenso a una elevada velocidad: escaleras, escalas
0 1 2 3 Vestimenta 0 1	trabajo de oficina: fácil, baja demanda muscular, movimientos ocasionales a velocidad normal trabajo moderado con brazos y piernas: uso de máquinas pesadas, caminar tranquilamente trabajo intenso con brazos y tronco: manejo de objetos pesados, uso de pala, corte de madera, caminar rápido o mientras se porta una carga pesada trabajo muy intenso a una elevada velocidad: escaleras, escalas ligera, flexible, sin que interfiera con el trabajo larga, más pesada, interfiere ligeramente con el trabajo
0 1 2 3 Vestimenta 0 1 2 3	trabajo de oficina: fácil, baja demanda muscular, movimientos ocasionales a velocidad normal trabajo moderado con brazos y piernas: uso de máquinas pesadas, caminar tranquilamente trabajo intenso con brazos y tronco: manejo de objetos pesados, uso de pala, corte de madera, caminar rápido o mientras se porta una carga pesada trabajo muy intenso a una elevada velocidad: escaleras, escalas ligera, flexible, sin que interfiera con el trabajo larga, más pesada, interfiere ligeramente con el trabajo que entorpece, pesada, especial para radiación, humedad o temperaturas frías
0 1 2 3 Vestimenta 0 1 2 3	trabajo de oficina: fácil, baja demanda muscular, movimientos ocasionales a velocidad normal trabajo moderado con brazos y piernas: uso de máquinas pesadas, caminar tranquilamente trabajo intenso con brazos y tronco: manejo de objetos pesados, uso de pala, corte de madera, caminar rápido o mientras se porta una carga pesada trabajo muy intenso a una elevada velocidad: escaleras, escalas ligera, flexible, sin que interfiera con el trabajo larga, más pesada, interfiere ligeramente con el trabajo que entorpece, pesada, especial para radiación, humedad o temperaturas frías trajes especiales con guantes, capuces, zapatos
0 1 2 3 Vestimenta 0 1 2 3 Opiniones de	trabajo de oficina: fácil, baja demanda muscular, movimientos ocasionales a velocidad normal trabajo moderado con brazos y piemas: uso de máquinas pesadas, caminar tranquilamente trabajo intenso con brazos y tronco: manejo de objetos pesados, uso de pala, corte de madera, caminar rápido o mientras se porta una carga pesada trabajo muy intenso a una elevada velocidad: escaleras, escalas ligera, flexible, sin que interfiera con el trabajo larga, más pesada, interfiere ligeramente con el trabajo que entorpece, pesada, especial para radiación, humedad o temperaturas frías trajes especiales con guantes, capuces, zapatos los trabajadores
0 1 2 3 Vestimenta 0 1 2 3 Opiniones de	trabajo de oficina: fácil, baja demanda muscular, movimientos ocasionales a velocidad normal trabajo moderado con brazos y piernas: uso de máquinas pesadas, caminar tranquilamente trabajo intenso con brazos y tronco: manejo de objetos pesados, uso de pala, corte de madera, caminar rápido o mientras se porta una carga pesada trabajo muy intenso a una elevada velocidad: escaleras, escalas ligera, flexible, sin que interfiera con el trabajo larga, más pesada, interfiere ligeramente con el trabajo que entorpece, pesada, especial para radiación, humedad o temperaturas frías trajes especiales con guantes, capuces, zapatos los trabajadores escalofríos y gran incomodidad para todo el cuerpo
0 1 2 3 Vestimenta 0 1 2 3 Opiniones de	trabajo de oficina: fácil, baja demanda muscular, movimientos ocasionales a velocidad normal trabajo moderado con brazos y piernas: uso de máquinas pesadas, caminar tranquilamente trabajo intenso con brazos y tronco: manejo de objetos pesados, uso de pala, corte de madera, caminar rápido o mientras se porta una carga pesada trabajo muy intenso a una elevada velocidad: escaleras, escalas ligera, flexible, sin que interfiera con el trabajo larga, más pesada, interfiere ligeramente con el trabajo que entorpece, pesada, especial para radiación, humedad o temperaturas frías trajes especiales con guantes, capuces, zapatos los trabajadores escalofrios y gran incomodidad para todo el cuerpo fuerte incomodidad local; sensación global de frio
0 1 2 3 Vestimenta 0 1 2 3 Opiniones de	trabajo de oficina: fácil, baja demanda muscular, movimientos ocasionales a velocidad normal trabajo moderado con brazos y piernas: uso de máquinas pesadas, caminar tranquilamente trabajo intenso con brazos y tronco: manejo de objetos pesados, uso de pala, corte de madera, caminar rápido o mientras se porta una carga pesada trabajo muy intenso a una elevada velocidad: escaleras, escalas ligera, flexible, sin que interfiera con el trabajo larga, más pesada, interfiere ligeramente con el trabajo que entorpece, pesada, especial para radiación, humedad o temperaturas frías trajes especiales con guantes, capuces, zapatos los trabajadores escalofríos y gran incomodidad para todo el cuerpo fuerte incomodidad local; sensación global de frío ligera incomodidad local por frío
0 1 2 3 Vestimenta 0 1 2 3 Opiniones de	trabajo de oficina: fácil, baja demanda muscular, movimientos ocasionales a velocidad normal trabajo moderado con brazos y piernas: uso de máquinas pesadas, caminar tranquilamente trabajo intenso con brazos y tronco: manejo de objetos pesados, uso de pala, corte de madera, caminar rápido o mientras se porta una carga pesada trabajo muy intenso a una elevada velocidad: escaleras, escalas ligera, flexible, sin que interfiera con el trabajo larga, más pesada, interfiere ligeramente con el trabajo que entorpece, pesada, especial para radiación, humedad o temperaturas frías trajes especiales con guantes, capuces, zapatos los trabajadores escalofríos y gran incomodidad para todo el cuerpo fuerte incomodidad local; sensación global de frío ligera incomodidad local por frío sin incomodidad





Tabla 3 Tabla de puntuaciones para la situación presente

Parámetros	- 3	- 2	-1	0	1	2	3
Temperatura del aire							
Humedad	_	_					_
Radiación térmica	_	_					
Movimiento del aire	_						_
Carga física de trabajo	_	_	_				
Vestimenta	_	_	_				
Opiniones de los trabajadores							



EVALUACION DEL AMBIENTE TERMICO

- METODOS FISIOLOGICOS (confort térmico)
 - ✓ INDICE DE LA TEMPERATURA EFECTIVA
 - ✓ INDICE DE LA TEMPERATURA EFECTIVA CORREGIDA
 - ✓ INDICE PMV y PPD. NORMA UNE EN ISO 7730:2005

METODOS INSTRUMENTALES (estrés térmico)

METODOS DEL BALANCE TERMICO (estrés térmico)



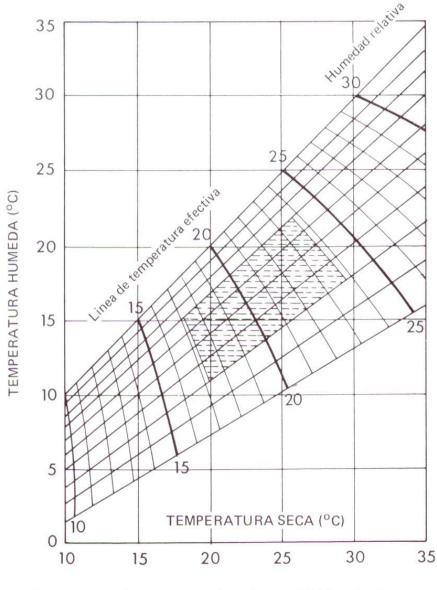


INDICE DE LA TEMPERATURA EFECTIVA

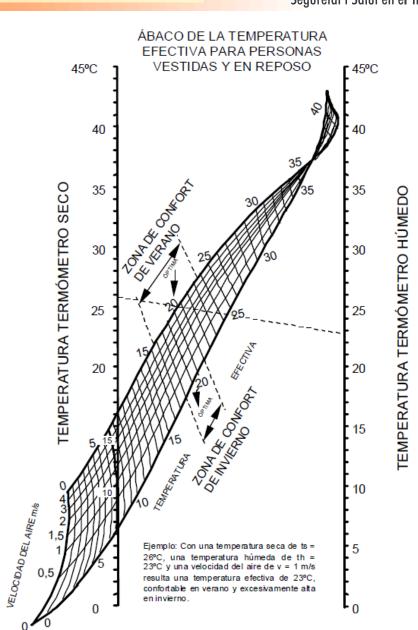
- Se usa como criterio de evaluación del confort térmico
- Estudio de las respuestas de un colectivo grande de personas
- Reúne todas las condiciones climáticas que tiene una misma acción fisiológica.

INDICE DE LA TEMPERATURA EFECTIVA

INVASSAT Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball



Zona de confort para un hombre vestido y en reposo.



INDICE DE LA TEMPERATURA EFECTIVA



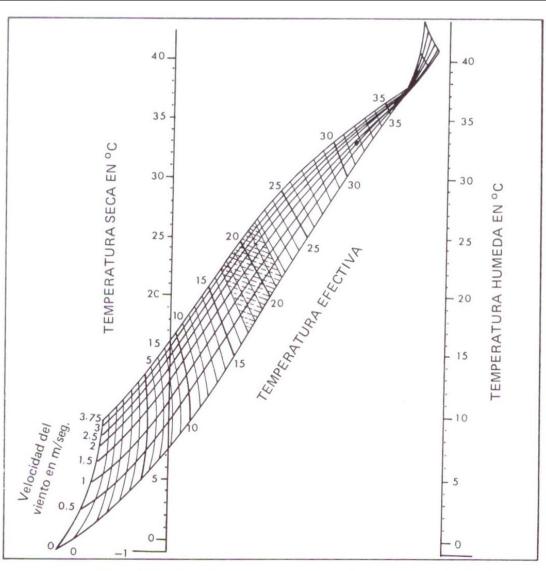


Diagrama de la temperatura efectiva con inclusión del movimiento del aire para el hombre vestido y en reposo.

INDICE DE LA TEMPERATURA EFECTIVA CORREGIDA

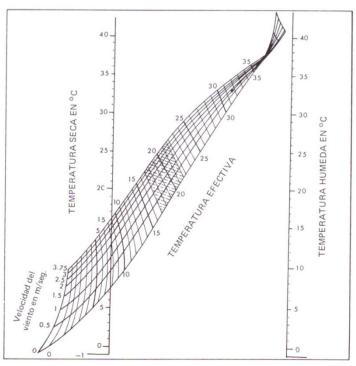


Diagrama de la temperatura efectiva con inclusión del movimiento del aire para el hombre vestido y en reposo.

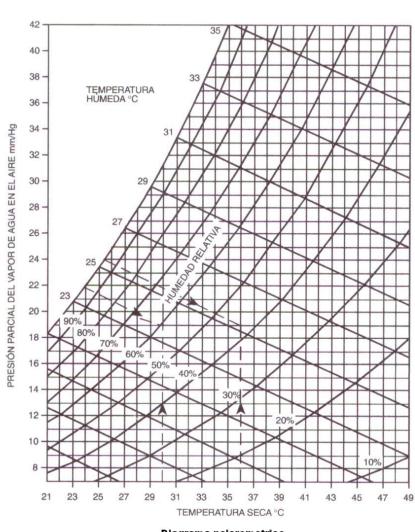


Diagrama psicrometrico



norma española

UNE-EN ISO 7730

Octubre 2006

TÍTULO

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

(ISO 7730:2005)





La **sensación térmica** experimentada por un ser humano está relacionada, principalmente, con el **equilibrio térmico** global de su cuerpo.

Equilibrio térmico depende de la:

- actividad física
- vestimenta del sujeto
- temperatura del aire
- temperatura radiante media
- velocidad del aire
- humedad del aire.



Es incorrecto hablar de situaciones térmicamente confortables para todos los individuos, puesto que en el concepto de confort intervienen variables individuales no generalizables al 100 % de la población

La metodología de valoración del ambiente térmico se basa en la respuesta humana a las diferentes situaciones provocadas por la combinación de las seis variables que definen el ambiente térmico

La valoración final se expresa a través de dos índices:

- > Índice PMV: (Predicted Mean Vote) que da la estimación de la sensación térmica
- Índice PPD: (Predicted Percentage of Dissatisfied) que proporciona información sobre el grado de incomodidad.





La valoración final se expresa a través de dos índices:

- Índice PMV: (Predicted Mean Vote) que da la estimación de la sensación térmica
- Índice PPD: (Predicted Percentage of Dissatisfied) que proporciona información sobre el grado de incomodidad.



Índice PMV: (VOTO MEDIO PREVISTO)

El **Índice** PMV refleja el valor medio de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto de una escala psicofísica de siete niveles al ser sometidos a diferentes ambientes térmicos.

Tabla 1 – Escala de sensación térmica de siete niveles

+ 3	Muy caluroso
+ 2	Caluroso
+ 1	Ligeramente caluroso
0	Neutro
- 1	Ligeramente fresco
- 2	Fresco
- 3	Frío

El índice se obtiene de la ecuación del balance térmico y de los datos estadísticos de pruebas experimentales



➤ Índice PPD: (PORCENTAJE PREVISTO DE INSATISFECHOS)

El **índice** PPD permite predecir de forma cuantitativa el porcentaje de personas que se sentirán insatisfechas por notar demasiado frío o demasiado calor.



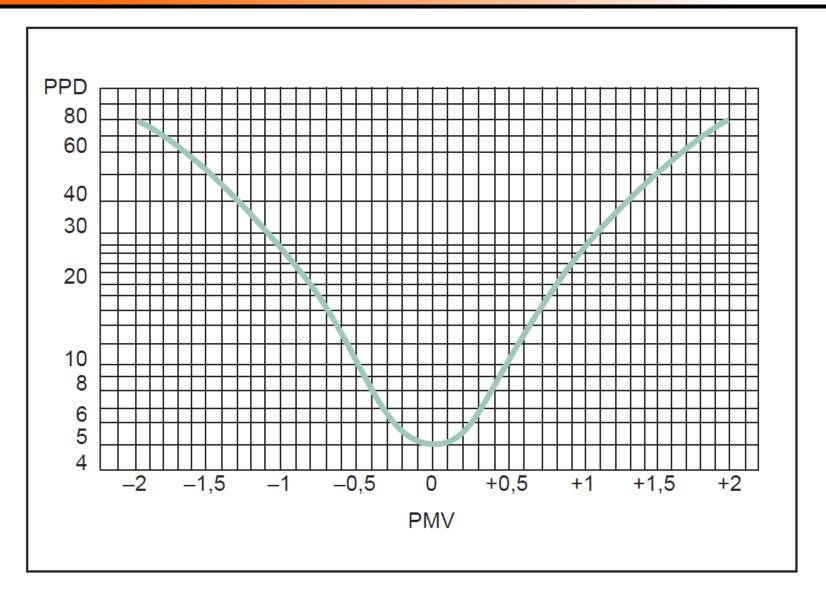


Figura 1. PPD en función del PMV



Vestimenta Clo ⁽¹⁾	Temperatura operativa ⁽²⁾			Ve	locidad re	lativa del a /s	ire		
	. ∘c	< 0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,0
	18	-2,01	-2,01	-2,17	-2,38	-2,70			
	20	-1,41	-1,41	-1,58	-1,76	-2,04	-2,25	-2,42	
	22	-0,79	-0,79	-0,97	-1,13	-1,36	-1,54	-1,69	-2,17
0,5	24	-0,17	-0.20	-0,36	-0,48	-0,68	-0,83	-0,95	-1,35
0,0	26	0,44	0,39	0,26	0,16	-0,01	-0,11	-0,21	-0,52
	28	1,05	0,98	0,88	0,81	0,70	0,61	0,54	-0,31
	30	1,64	1,57	1,51	1,46	1,39	1,33	1,29	1,14
	32	2,25	2,20	2,17	2,15	2,11	2,09	2,07	1,99
	16	-1,18	-1,18	-1,31	-1,43	-1,59	-1,72	-1,82	-2,12
	18	-0,75	-0,75	-0,88	-0,98	-1,13	-1,24	-1,33	-1,59
	20	-0,32	-0,33	-0,45	-0,54	-0,67	-0,76	-0,83	-1,07
1,0	22	0,13	0,10	0,00	-0,07	-0,18	-0,26	-0,32	-0,52
1,0	24	0,58	0,54	0,46	0,40	0,31	0,24	0,19	0,02
	26	1,03	0,98	0,91	0,86	0,79	0,74	0,70	0,58
	28	1,47	1,42	1,37	1,34	1,28	1,24	1,21	1,12
	30	1,91	1,86	1,83	1,81	1,78	1,75	1,73	1,67

- (1) clo: resistencia térmica del vestido. (1 clo= 0,155 m²∑K/W)
- (2) Temperatura operativa: temperatura uniforme de un recinto negro imaginario en el que un ocupante intercambiaría la misma cantidad de calor por radiación y convección que en el ambiente real no uniforme. A efectos prácticos se puede calcular como el valor medio entre la temperatura radiante media y la temperatura del aire.
- (3) Velocidad relativa del aire: velocidad del aire relativa al ocupante incluyendo los movimientos del cuerpo. $[v_{sr} = 0.3\sum(M-1), M \text{ expresado en met, siendo } 1\text{met} = 58.2 \text{ W/m}^2]$

INVASSAT Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

Tabla E.1 - Nivel de actividad: 46,4 W/m² (0,8 met)

Vest	imenta	Temperatura			Ve	locidad rel	ativa del ai	re		
	I	operativa				m	/e			
clo	$m^2 \cdot K/W$	°C	< 0.10	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	1.00
		27	-2,55	-2,55	5,25	0,20		-,	-,	2,00
0	0	28	-1.74	-1.76	-2,23	-2,62				
		29	-0.93	-1.02	-1,42	-1,75				
		30	-0.14	-0.28	-0.60	-0.88				
		31	0.63	0.46	0,21	0.01				
		32	1,39	1,21	1,04	0.89				
		33	2,12	1,97	1,87	1,78				
		34		2,73	2,71	2,68				
0,25	0,039									
		26	-1,92	-1,94	-2,29	-2,57				
		27	-1,30	-1,36	-1,67	-1,92	-2,31	-2,62		
		28	-0,69	-0,78	-1,05	-1,26	-1,60	-1,87	-2,10	-2,89
		29	-0,08	-0,20	-0,42	-0,60	-0,89	-1,12	-1,31	-1,97
		30	0,53	0,39	0,21	0,06	-0,17	-0,36	-0,51	-1,05
		31	1,12	0,99	0,84	0,73	0,55	0,41	0,29	-0,13
		32	1,71	1,58	1,49	1,41	1,28	1,18	1,09	0,80
		33	2,29	2,19	2,13	2,08	2,01	1,95	1,90	1,73
0,5	0,078									
		25	-1,54	-1,59	-1,84	-2,04	-2,34	-2,57		
		26	-1,04	-1,12	-1,34	-1,51	-1,78	-1,98	-2,15	
		27	-0,55	-0,64	-0,83	-0,98	-1,22	-1,40	-1,54	-2,03
		28	-0,05	-0,15	-0,32	-0,45	-0,65	-0,81	-0,93	-1,35
		29	0,45	0,34	0,20	0,09	-0,09	-0,22	-0,32	-0,67
		30	0,94	0,83	0,72	0,63	0,49	0,38	0,29	0,01
		31	1,44	1,33	1,24	1,17	1,06	0,98	0,91	0,69
		32	1,92	1,83	1,76	1,71	1,64	1,58	1,54	1,38
0,75	0,116	24	1,26	-1,31	-1,51	-1,65	-1,87	-2,03	-2,17	
		25	-0,84	-0,91	-1,08	-1,21	-1,41	-1,56	-1,67	-2,05
		26	-0,42	-0,51	-0,66	-0,77	-0,95	-1,08	-1,18	-1,52
		27	-0,01	-0,10	-0,23	-0,33	-0,49	-0,60	-0,69	-0,98
		28	0,41	0,32	0,20	0,11	-0,02	-0,12	-0,19	-0,45
		29	0,83	0,73	0,63	0,56	0,45	0,37	0,30	0,09
		30	1,25	1,15	1,07	1,01	0,93	0,86	0,81	0,63
		31	1,66	1,57	1,51	1,47	1,40	1,35	1,31	1,18



Tabla E.1 - Nivel de actividad: 46,4 W/m2 (0,8 met) (Fin)

Vest	imenta	Temperatura operativa			V	elocidad re	lativa del ai	ire		
clo	m ² · K/W	°C				n	/s			
CIO	m·K/W		< 0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00
1,00	0,155	23	-1,06	-1,12	-1,28	-1,39	-1,56	-1,68	-1,78	-2,08
		24	-0,71	-0,77	-0,91	-1,02	-1,17	-1,28	-1,37	-1,65
		25	-0,35	-0,42	-0,54	-0,64	-0,78	-0,88	-0,96	-1,21
		26	0,01	-0,06	-0,17	-0,26	-0,38	-0,47	-0,55	-0,76
		27	0,37	0,29	0,20	0,12	0,01	-0,06	-0,13	-0,32
		28	0,74	0,66	0,57	0,51	0,41	0,35	0,30	0,13
		29	1,10	1,02	0,95	0,90	0,82	0,76	0,72	0,58
		30	1,46	1,39	1,33	1,29	1,22	1,18	1,14	1,03
1,50	0,233	18	-1,67	-1,70	-1,84	-1,93	-2,07	-2,17	-2,25	-2,49
		20	-1,11	-1,16	-1,27	-1,36	-1,48	-1,57	-1,63	-1,84
		22	-0,55	-0,60	-0,70	-0,77	-0,88	-0,95	-1,01	-1,18
		24	0,02	-0,04	-0,12	-0,18	-0,27	-0,33	-0,38	-0,52
		26	0,60	0,53	0,46	0,42	0,35	0,30	0,26	0,15
		28	1,17	1,11	1,06	1,02	0,97	0,94	0,91	0,82
		30	1,76	1,70	1,67	1,64	1,61	1,58	1,57	1,51
		32	2,34	2,30	2,28	2,27	2,26	2,24	2,23	2,20
2,00	0,310	14	-1,84	-1,87	-1,98	-2,06	-2,18	-2,26	-2,32	-2,49
		16	-1,39	-1,43	-1,52	-1,59	-1,69	-1,77	-1,82	-1,98
		18	-0,93	-0,97	-1,06	-1,12	-1,21	-1,27	-1,32	-1,46
		20	-0,46	-0,52	-0,59	-0,64	-0,72	0,77	-0,82	-0,94
		22	0,01	-0,05	-0,11	-0,15	-0,22	0,27	-0,30	-0,41
		24	0,48	0,43	0,38	0,34	0,28	0,24	0,22	0,13
		26	0,97	0,91	0,87	0,84	0,80	0,76	0,74	0,67
		28	1,45	1,40	1,37	1,35	1,32	1,29	1,27	1,23

(Contimua)

INVASSAT Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball

Nivel de actividad: 104,4 W/m2 (1,8 met)

,	Vestido	Tempera-				Veloc	idad rela	tiva (m/s)			
clo	m² °C/W	tura seca °C	<0,10	0,10	0, 15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50
0	0	22 23 24 25 26 27 28 29	-1,05 -0,7 -0,36 -0,01 0,32 0,66 0,99 1,31	-1,05 -0,7 -0,36 -0,01 0,32 0,63 0,94 1,25	-1,19 -0,86 -0,53 -0,2 0,13 0,46 0,8 1,13	-1,46 -1,11 -0,75 -0,4 -0,04 0,32 0,68 1,04					
0,25	0,039	16 18 20 22 24 26 28 30	-1,79 -1,28 -0,76 -0,24 0,28 0,79 1,29 1,79	-1,79 -1,28 -0,76 -0,24 0,28 0,76 1,24 1,73	-1,86 -1,38 -0,89 -0,38 0,13 0,64 1,16 1,68	-2,09 -1,58 -1,06 -0,53 0,01 0,55 1,1 1,65	-2,46 -1,9 -1,34 -0,76 -0,18 0,4 0,99 1,59	-2,16 -1,56 -0,95 -0,33 0,29 0,91 1,54	-2,37 -1,75 -1,1 -0,46 0,19 0,84 1,5	-2,39 -1,65 -0,9 -0,15 0,6 1,36	-2,89 -2,01 -1,19 -0,38 0,44 1,27
0,50	0,078	14 16 18 20 22 24 26 28	-1,42 -1,01 -0,59 -0,18 0,24 0,66 1,07 1,48	-1,42 -1,01 -0,59 -0,18 0,23 0,63 1,03 1,44	-1,5 -1,1 -0,7 -0,3 0,12 0,54 0,96 1,39	-1,66 -1,25 -0,83 -0,41 0,02 0,46 0,9 1,35	-1,91 -1,47 -1,02 -0,58 -0,12 0,35 0,82 1,29	-2,1 -1,64 -1,17 -0,71 -0,22 0,26 0,75 1,24	-2,25 -1,77 -1,29 -0,81 -0,31 0,19 0,69 1,2	-2,23 -1,69 -1,15 -0,6 -0,04 0,51 1,07	-2,51 -1,94 -1,36 -0,78 -0,19 0,4 1
0,75	0,116	12 14 16 18 20 22 24 26	-1,15 -0,81 -0,46 -0,12 0,22 0,57 0,92 1,28	-1,15 -0,81 -0,46 -0,12 0,21 0,55 0,89 1,24	-1,23 -0,89 -0,56 -0,22 0,12 0,47 0,83 1,19	-1,35 -1 -0,66 -0,31 0,04 0,41 0,78 1,15	-1,53 -1,17 -0,8 -0,43 -0,07 0,32 0,71 1,09	-1,67 -1,29 -0,91 -0,53 -0,15 0,25 0,65 1,05	-1,78 -1,39 -1 -0,61 -0,21 0,2 0,6 1,02	-2,13 -1,7 -1,28 -0,85 -0,42 0,02 0,46 0,91	-2,33 -1,89 -1,44 -0,99 -0,55 -0,09 0,38 0,84
1,00	0,155	10 12 14 16 18 20 22 24	-0,97 -0,68 -0,38 -0,09 -0,21 -0,5 -0,81 -1,11	-0,97 -0,68 -0,38 -0,09 0,2 0,48 0,78 1,08	-1,04 -0,76 -0,46 -0,17 0,12 0,42 0,73 1,04	-1,14 -0,84 -0,54 -0,24 0,06 0,36 0,68	-1,28 -0,97 -0,66 -0,35 -0,03 0,29 0,62 0,95	-1,39 -1,07 -0,74 -0,42 -0,1 0,23 0,57 0,91	-1,47 -1,14 -0,81 -0,48 -0,15 0,18 0,53 0,88	-1,73 -1,38 -1,02 -0,67 -0,31 0,04 0,41 0,78	-1,88 -1,51 -1,14 -0,78 -0,41 -0,04 0,35 0,73
1,25	0,194	8 10 12 14 16 18 20 22	-0,84 -0,59 -0,33 -0,07 0,19 0,45 0,71 0,98	-0,84 -0,59 -0,33 -0,07 0,18 0,44 0,69 0,96	-0,91 -0,66 -0,4 -0,14 -0,12 0,38 0,64 0,91	-0,99 -0,73 -0,47 -0,2 0,06 0,33 0,6 0,88	-1,1 -0,84 -0,56 -0,29 -0,01 0,26 0,54 0,83	-1,19 -0,91 -0,63 -0,35 -0,07 0,22 0,5 0,8	-1,25 -0,97 -0,69 -0,4 -0,11 0,18 0,47 0,77	-1,46 -1,16 -0,86 -0,55 -0,24 0,06 0,37 0,69	-1,57 -1,26 -0,95 -0,63 -0,32 0 0,31 -0,64
1,50	0,233	-2 2 6 10 14 18 22 26	-1,63 -1,19 -0,74 -0,29 0,17 0,64 1,12 1,61	-1,63 -1,19 -0,74 -0,29 0,17 0,62 1,09 1,58	-1,68 -1,25 -0,8 -0,36 -0,11 0,57 1,06 1,56	-1,77 -1,33 -0,87 -0,42 0,06 0,54 1,03 1,55	-1,9 -1,44 -0,97 -0,5 -0,01 0,49 1 1,52	-2 -1,52 -1,04 -0,56 -0,05 0,45 0,97 1,51	-2,07 -1,58 -1,09 -0,6 -0,09 0,42 0,95 1,5	-2,29 -1,78 -1,26 -0,74 -0,2 0,34 0,89 1,46	-2,41 -1,88 -1,35 -0,82 -0,26 -0,29 -0,85 1,44

Fig. 4.11 Índice de valoración medio (IVM)



Nivel de actividad

Para obtener el nivel de actividad desarrollado, Fanger establece una clasificación atendiendo al consumo enérgetico:

	Valor mínimo (W/m²)	Valor máximo (W/m²)
Nivel sedentario	58	87
Nivel medio	87	145
Nivel alto	145	232

En caso de que la humedad relativa no sea del 50% y/o la temperatura radiante media sea mayor que la temperatura del aire, debemos aplicar los factores de corrección f_h y/o f_r de la siguiente manera.



Corrección del IVM

Cuando no se cumple que la humedad relativa sea del 50% y/o que la (TRM) sea igual a la (t_a) debemos corregir el IVM en función de la siguiente expresión:

$$IVM_{final} = IVM + f_{h} (HR - 50) + f_{r} (TRM - t_{a})$$
(24)

donde:

t_a: temperatura seca del aire, (°C)

TRM: temperatura radiante media, (°C)

HR: humedad relativa, (%)

f_h: factor de corrección de IVM en función de la humedad

f_r: factor de corrección de IVM en función de TRM

Las tablas de las figuras 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, y 4.20, muestran los valores de los factores de corrección f_h y f_r en función del nivel de actividad desarrollado, del vestido y de la velocidad del aire, y calculados a partir de las gráficas de las figuras 4.21 y 4.22; ya sea con un sistema o con el otro, podemos obtener los factores de corrección a implementar en la IVM_{final} para calcular el porcentaje de personas insatisfechos (PPI).



Cálculo de la temperatura radiante media (TRM)

Aún necesitamos hallar otro valor, que es el de la temperatura radiante media (TRM); éste se obtiene a través de las siguientes expresiones, según la velocidad del aire:

Para convección natural ($v_a < 0.15 \text{ m/s}$):

$$TRM = [(t_g + 273)^4 + (0.25 \cdot 10^8) / \epsilon (|t_g - t_a|/d)^{0.25} (t_g - t_a)]^{0.25} - 273$$
(25)

Para convección forzada (v_a > 0,15 m/s):

$$TRM = [(t_g + 273)^4 + (1,1 \cdot 10^8 \, v_a^{0,6}) / (\varepsilon \, d^{0,4}) \, (t_g - t_a)]^{0,25} - 273$$
(26)

donde:

t_g: temperatura de globo, (°C)

v_a: velocidad del aire, (m/s)

d: diámetro del globo, (m)

t_a: temperatura del aire, (°C)

ε: coeficiente de emisividad



V _a (m/s)	0 clo	0,25 clo	0,50 clo	0,75 clo	1,00 clo	1,25 clo	1,50 clo
0,05	0,1500	0,1050	0,0850	0,0700	0,0600	0,0500	0,0500
0,10	0,1500	0,1050	0,0850	0,0700	0,0600	0,0500	0,0500
0,15	0,1500	0,1000	0,0800	0,0700	0,0550	0,0450	0,0500
0,20	0,1500	0,1000	0,0800	0,0680	0,0550	0,0450	0,0400
0,30	0,1500	0,0950	0,0800	0,0630	0,0500	0,0430	0,0360
0,40 0,50	0,1500 0,1500	0,0900	0,0750 0,0750	0,0590 0,0550	0,0450 0,0400	0,0400 0,0380	0,0330
1,00	0,1500	0,0850	0,0650	0,0500	0,0370	0,0300	0,0250
1,50	0,1500	0,0850	0,0600	0,0450	0,0350	0,0280	0,0230

Fig. 4.21 Factor de corrección f_r del índice de valoración medio, en función de la TRM, para actividades medias (P.O. Fanger)



$V_a(m/s)$	0 clo	0,25 clo	0,50 clo	0,75 clo	1,00 clo	1,25 clo	1,50 clo
0,05	0,0103	0,0096	0,0088	0,0082	0,0076	0,0068	0,0062
0,10	0,0103	0,0096	0,0088	0,0082	0,0076	0,0068	0,0062
0,15	0,0104	0,0098	0,0090	0,0084	0,0078	0,0070	0,0066
0,20	0,0108	0,0100	0,0092	0,0084	0,0079	0,0072	0,0067
0,30	0,0110	0,0102	0,0093	0,0086	0,0080	0,0074	0,0068
0,40	0,0112	0,0104	0,0094	0,0088	0,0081	0,0076	0,0069
0,50	0,0114	0,0106	0,0096	0,0090	0,0082	0,0078	0,0070
1,00	0,0120	0,0108	0,0100	0,0093	0,0086	0,0080	0,0072
1,50	0,0130	0,0109	0,0110	0,0094	0,0087	0,0081	0,0073

Fig. 4.17 Factor de corrección f_h del índice de valoración medio, en función de la humedad, para actividades sedentarias (P.O. Fanger)

CAMPO DE APLICACIÓN





UNE EN ISO 7730:2006: (CAMPO DE APLICACIÓN
-------------------------	---------------------

Metabolismo	0,8 ÷ 4 met
Vestido	0 ÷ 2 clo
Temperatura aire	10 ÷ 30 °C
Temperatura radiante media	10 ÷ 40 °C
Velocidad del aire	<mark>0 ÷ 1 m/s</mark>
Presión parcial vapor de agua	0 ÷ 2700 Pa

INDICE PMV y PPD. INSTRUMENTAL



Seguretat i Salut en el Treball









CATEGORÍA	ESTADO TÉRMICO DEL CUERPO EN SU CONJUNTO		
	PMV	PPD (%)	
Α	-0,2 < PMV < +0,2	< 6	
В	-0,5 < PMV < +0,5	< 10	
С	-0,7 < PMV < +0,7	< 15	

Tabla 2. Categorías de ambiente térmico. Índices PMV y PPD

INDICE PMV y PPD. CATEGORÍAS



CATEGORÍA	INCOMODIDAD TÉRMICA LOCAL PD (%)				
	Α	< 10	< 3	< 10	< 5
В	< 20	< 5	< 10	< 5	
С	< 30	< 10	< 15	< 10	
DR*: del inglés Draught rate					

Tabla 3. Categorías de ambiente térmico. PD debidos a incomodidad térmica local

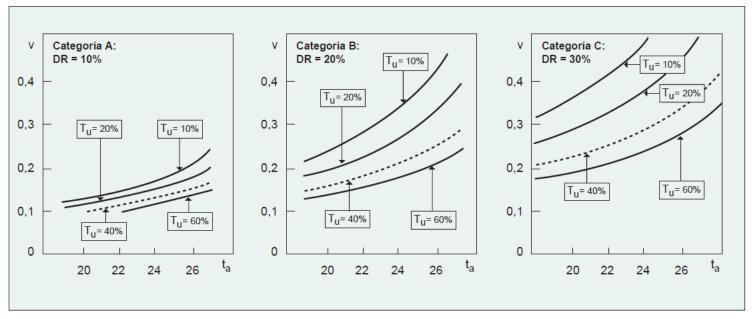


Figura 5. Velocidad media del aire permisible en función de la temperatura del aire y de la intensidad de la turbulencia.

INDICE PMV y PPD. CATEGORÍAS





	Diferencia vertical de Temperatura		Asimetría de temperatura radiante			
	temperatura	del suelo	Techo caliente	Pared fría	Techo frío	Pared caliente
	PD: < 3%	PD: < 10%	PD: < 5%			
Α	< 2°C	19 a 29 °C	< 5°C	< 10°C	< 14°C	< 23°C
	PD: < 5%	PD: < 10%	PD: < 5%			
В	< 3°C	19 a 29 °C	< 5°C	< 10°C	< 14°C	< 23°C
	PD: < 10%	PD: < 15%	PD: < 10%			
С	< 4°C	17 a 31 °C	< 7°C	< 13°C	< 18°C	< 35°C

Tabla 4. Otros factores de incomodidad térmica local

INDICE PMV y PPD. CATEGORÍAS





⁽¹⁾ La máxima velocidad media del aire está basada en una intensidad de turbulencia del 40% y la temperatura del aire es igual a la temperatura operativa. La humedad relativa considerada es del 60% en verano y del 40% en invierno. Para determinar la máxima velocidad media del aire se toma la temperatura más baja del rango.

Tabla 5. Criterios de diseño para diferentes espacios

⁽²⁾ Cuando la temperatura es inferior a 20 °C, la máxima velocidad media del aire se determina de la figura 5

INDICE PMV y PPD. FINAL

INVASSAT

Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball



















TRABAJO EN EQUIPO



LECTURA DE UN **INFORME** DE CONDICIONES TERMOHIGROMÉTRICAS

Solución al ejercicio propuesto