



La falta de confort térmico es uno de los principales factores de riesgo ergonómico y está íntimamente relacionado con la aparición de trastornos músculo-esqueléticos.

Existen diversos métodos siendo el estándar internacional el **Índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)** que combina la temperatura del aire, la radiación térmica, la temperatura de bulbo húmedo y la velocidad del aire para ofrecer un valor numérico único que refleja el riesgo. Es el método de referencia para la medición de estrés térmico, descrito en la norma UNE-EN ISO 7243:2017.

El WBGT evalúa el **estrés térmico** en ambientes calurosos (a menudo extremos), mientras que **Fanger** evalúa el **confort/discomfort térmico** en condiciones más moderadas.

# Método de Fanger

## Estimación de la sensación térmica

El método de Fanger considera el **nivel de actividad**, las **características de la ropa**, la **temperatura seca**, la **humedad relativa**, la **temperatura radiante media** y la **velocidad del aire**. Todas estas variables influyen en los intercambios térmicos hombre-entorno, afectando a la sensación de confort.

El método de Fanger, calcula dos índices denominados **Voto medio estimado (PMV-predicted mean vote)** y **Porcentaje de personas insatisfechas (PPD-predicted percentage dissatisfied)**, que indican la sensación térmica media de un entorno y el porcentaje de personas que se sentirán inconfortables en un ambiente determinado.

El método fue incluido como parte de la norma **ISO 7730** relativa a la evaluación del ambiente térmico.

# Método de Fanger

## Estimación de la sensación térmica

Según las recomendaciones de la norma ISO 7730 "Ergonomía del ambiente térmico", el índice del **Voto Medio Estimado (PMV)** sólo debería utilizarse para evaluar ambientes térmicos en los que las variables implicadas en el cálculo permanecieran comprendidas en un **ambiente térmico moderado**, es decir: ni frío extremo, ni calor extremo, un entorno que oscila entre **ligeramente frío y ligeramente cálido**.

Estos rangos equivalen a que el resultado del PMV debería estar entre:  $-2 \leq PMV \leq +2$

👉 Si el ambiente es moderado, usas PMV/PPD.

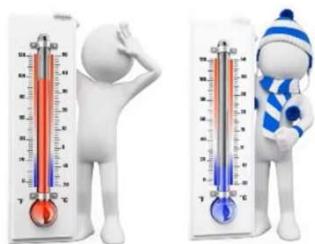
Ejemplo: oficinas, aulas, salas de control, laboratorios, tiendas, call centers.

👉 Si el ambiente es severo, NO debes usar PMV.

El PMV no es válido para evaluar:

- ✗ trabajos al sol
- ✗ hornos
- ✗ cámaras frigoríficas
- ✗ incendios
- ✗ trabajos pesados en calor
- ✗ trabajos en climas fríos extremos

Mediante el cálculo del **Voto medio estimado** (PMV), el método Fanger permite valorar la sensación térmica global correspondiente a determinado ambiente térmico. El cálculo del **Porcentaje de personas insatisfechas** (PPD) permitirá predecir el porcentaje de personas que considerarán dicha situación como no confortable.



**Voto Medio Estimado**  
Predicted Mean Vote (PMV)

## El método de Fanger



### Recuerda...

- El Método de Fanger calcula dos índices:
- El **Voto medio estimado** refleja el valor medio de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto a una situación dada en una escala de sensación térmica de 7 niveles.
- El **Porcentaje de personas insatisfechas** es el porcentaje de dichas personas que considerarían la sensación térmica provocada por el entorno como desagradable.

**Porcentaje de Personas Insatisfechas**  
Predicted Percentage Dissatisfied(PPD)





# Aplicación del método

## Recuerda...

— ... las unidades empleadas habitualmente para los cálculos de la tasa metabólica son el *met* y el *W/m<sup>2</sup>*. La siguiente tabla muestra sus equivalencias:

1 Kcal	4,184 KJ
1 Kcal/h	1,161 W
1 W	0,861 Kcal/h
1 Kcal/h	0,644 W/m <sup>2</sup>
1 W/m <sup>2</sup>	1,553 Kcal/hora (*)
1 met	0,239 Kcal
1 met	58,15 W/m <sup>2</sup>

(\*) para una superficie corporal estándar de 1,8 m<sup>2</sup>

## 1 Recopilación de información sobre el entorno

### 1.1 Aislamiento de la ropa de los trabajadores en el entorno

### 1.2 Tasa metabólica de la actividad desarrollada

### 1.3 Características ambientales del entorno

- Temperatura del aire

- Temperatura radiante

- Humedad relativa o presión parcial del vapor de agua

- Velocidad relativa del aire

La ISO 7730 define **rangos permitidos** para cada una, p. ej.:

- 0 – 1,5 m/s de velocidad del aire
- 10–30 °C de temperatura radiante
- 30–70 % de humedad relativa
- 0,5–1,3 clo (ropa habitual)
- 1,0–2,0 met (actividad ligera-media)

Si te sales de esos rangos, el PMV pierde precisión.

## 2 Cálculo del Voto medio estimado (PMV)

## 3 Cálculo de Porcentaje estimado de insatisfechos (PPD) a partir del valor del PMV.

## 4 Análisis de resultados

4.1 Valoración de la situación (satisfactoria o no adecuada) en función del valor del PMV y del PPD

4.2 Análisis del balance térmico correspondiente a las condiciones evaluadas

## 5 Proponer las correcciones oportunas de mejora de las condiciones térmicas (si es necesario)

## 6 En caso de haber realizado correcciones, evaluar de nuevo la tarea con el método para comprobar su efectividad.



## Estimación del aislamiento de la ropa



Medida aislamiento térmico ropa

**clo**

índice de indumento

**ISO 7730  
ISO 9920**

Unidades

$$\text{clo} \quad \xleftrightarrow{1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2\text{K/W}} \text{m}^2\text{K/W}$$

índice de indumento



**0,5 clo**



**1 clo**



**1,5 clo**

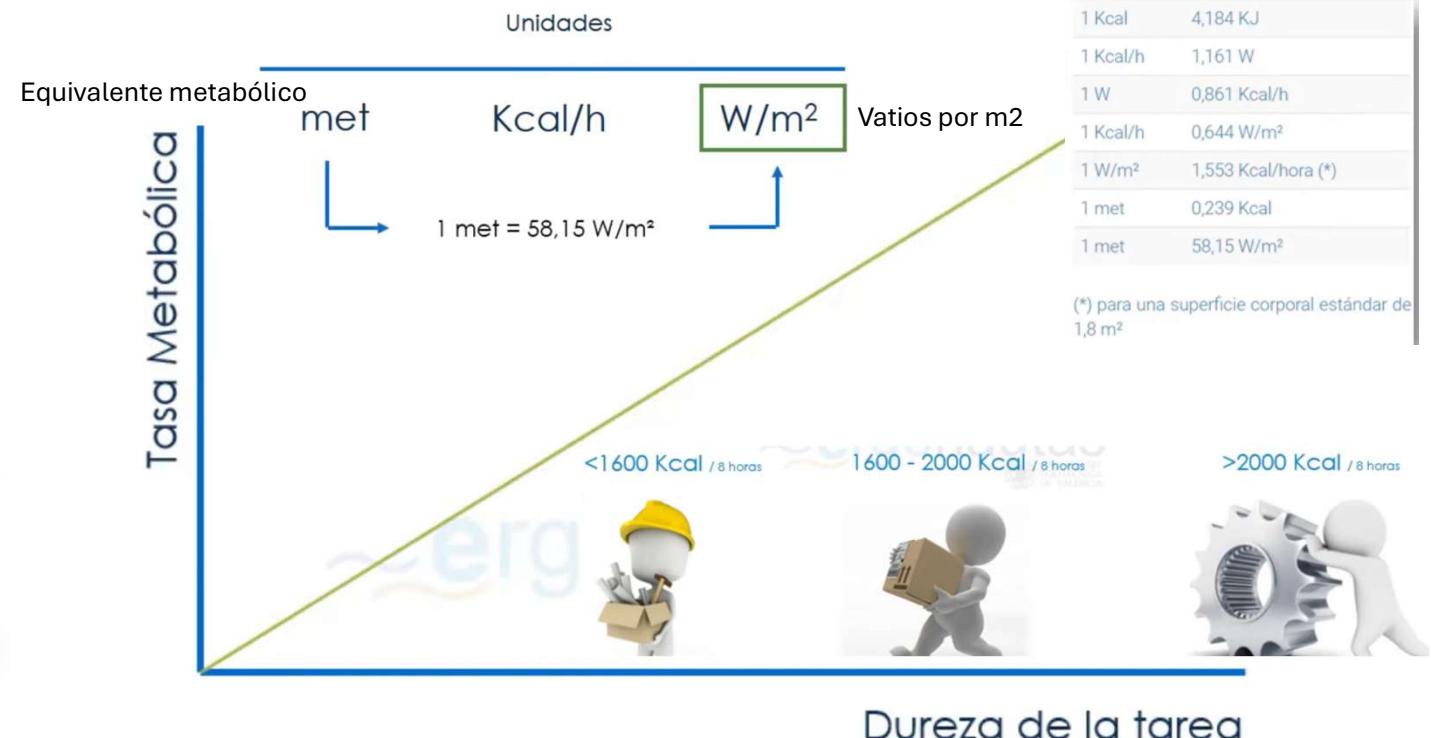
TIPO DE ROPA	AISLAMIENTO (clo.)
Desnudo	0 clo.
Ropa Ligera (ropa de verano)	0.5 clo.
Ropa Media (traje completo)	1 clo.
Ropa Pesada (uniforme militar de invierno)	1.5 clo.

Tabla 1:

Valores del aislamiento de la ropa en clo., según INSHT-NTP74.



## La Tasa metabólica



- En función la profesión (norma ISO 8996)
- Por categorías de actividad (norma ISO 8996)
- En función del tipo de actividad (INSHT - NTP 323)
- En función del tipo de actividad (norma ISO 7730)
- En función de los componentes de la tarea (INSHT - NTP 323)



## La Tasa metabólica

La tasa metabólica mide el gasto energético muscular que experimenta el trabajador cuando desarrolla una tarea. Gran parte de dicha energía es transformada directamente en calor. Aproximadamente sólo el 25% de la energía es aprovechada en realizar el trabajo, el resto se convierte en calor.

El cálculo de la tasa metabólica será necesario no sólo como variable para la estimación del bienestar térmico mediante el Voto Medio Estimado, sino también para la evaluación de la carga física asociada a la tarea, al observarse una relación directa entre la dureza de la actividad desarrollada y el valor de la tasa metabólica.

Por ejemplo, según la NTP177, el desarrollo de un trabajo ligero supone una tasa metabólica inferior a 1600 Kcal en una jornada de 8 horas, entre 1600 y 2000 si el nivel de actividad es medio y superior a 2000 si el trabajo es duro.

[En función la profesión \(según norma ISO 8996\)](#)

[Por categorías de actividad \(según norma ISO 8996\)](#)

[En función del tipo de actividad \(según INSHT - NTP 323\)](#)

[En función del tipo de actividad \(según norma ISO 7730\)](#)

[En función de los componentes de la tarea \(según INSHT - NTP 323\)](#)

CLASE	TASA (W/m <sup>2</sup> )	EJEMPLOS DE ACTIVIDADES
Descanso	65	Descansando, sentado cómodamente.
Tasa metabólica baja	100	Escribir, teclear, dibujar, coser, anotar contabilidad, manejo de herramientas pequeñas, caminar sin prisa (velocidad hasta 2,5 Km/h)
Tasa metabólica moderada	165	Clavar clavos, limar, conducción de camiones, tractores o máquinas de obras, caminar a una velocidad de entre 2,5 Km/h a 5,5 Km./h.
Tasa metabólica alta	230	Trabajo intenso con brazos y tronco, transporte de materiales pesados, pedalear, empleo de sierra, caminar a una velocidad de 5,5 Km/h hasta 7 Km./h.
Tasa metabólica muy alta	260	Actividad muy intensa, trabajo con hacha, cavado o pelado intenso, subir escaleras, caminar a una velocidad superior a 7 Km/h.

Tabla 2:

[Tasas metabólicas medias según actividad desarrollada \(ISO 8996\).](#)

En el caso de que la TM de la actividad desarrollada varía en el tiempo, se deberá calcular el valor medio ponderado durante 1h y este valor es el que se empleará para el cálculo del voto medio estimado (PMV).



## Caracterización térmica del entorno



- La temperatura del aire
- La humedad relativa
- La velocidad relativa del aire
- La temperatura radiante media

La **TRM** es la temperatura promedio de todas las superficies que “irradian” calor hacia una persona.



☞ **Tg = Temperatura de globo** es una medida que refleja los efectos combinados de:

- **Temperatura del aire**
- **Radiación térmica** (especialmente del sol u otras fuentes calientes)
- **Convección** (movimiento del aire)



# Cálculo del voto medio estimado (PMV)

Frio      Fresco      Ligeramente Fresco      Neutro      Ligeramente caluroso      Caluroso      Muy Caluroso

$$PMV = [0.303 \cdot e^{-0.036M} + 0.028] \cdot \{(M - V) - 3.05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6.99 \cdot (M - V) - p_a] - 0.42[(M - V) - 58.15] - 1.7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a) - 0.0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - 3.96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)\}$$

En la que:

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028 \cdot (M - V) - I_{cl} \{3.96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} [((t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4) - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)]\}$$

$$h_{cl} = \begin{cases} 2.38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0.25} & \text{si } 2.38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0.25} > 12.1\sqrt{v_{ar}} \\ 12.1\sqrt{v_{ar}} & \text{si } 2.38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0.25} < 12.1\sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1.00 + 1.290 \cdot l_{cl} & \text{si } l_{cl} \leq 0.078 \frac{m^2}{w} \\ 1.05 + 0.645 \cdot l_{cl} & \text{si } l_{cl} > 0.078 \frac{m^2}{w} \end{cases}$$

Ecuación de confort de Fanger

Obtenido el voto medio estimado mediante la ecuación de confort, se comparará su valor en la escala de sensación térmica de la **Tabla 3**, con el fin de determinar la sensación térmica global percibida por la mayoría de los trabajadores correspondiente a las condiciones evaluadas.

PMV	SENSACIÓN TÉRMICA
+3	Muy caluroso
+2	Caluroso
+1	Ligeramente caluroso
0	Neutro
-1	Ligeramente fresco
-2	Fresco
-3	Frio

Tabla 3:

Sensación térmica en función del valor del voto medio estimado.

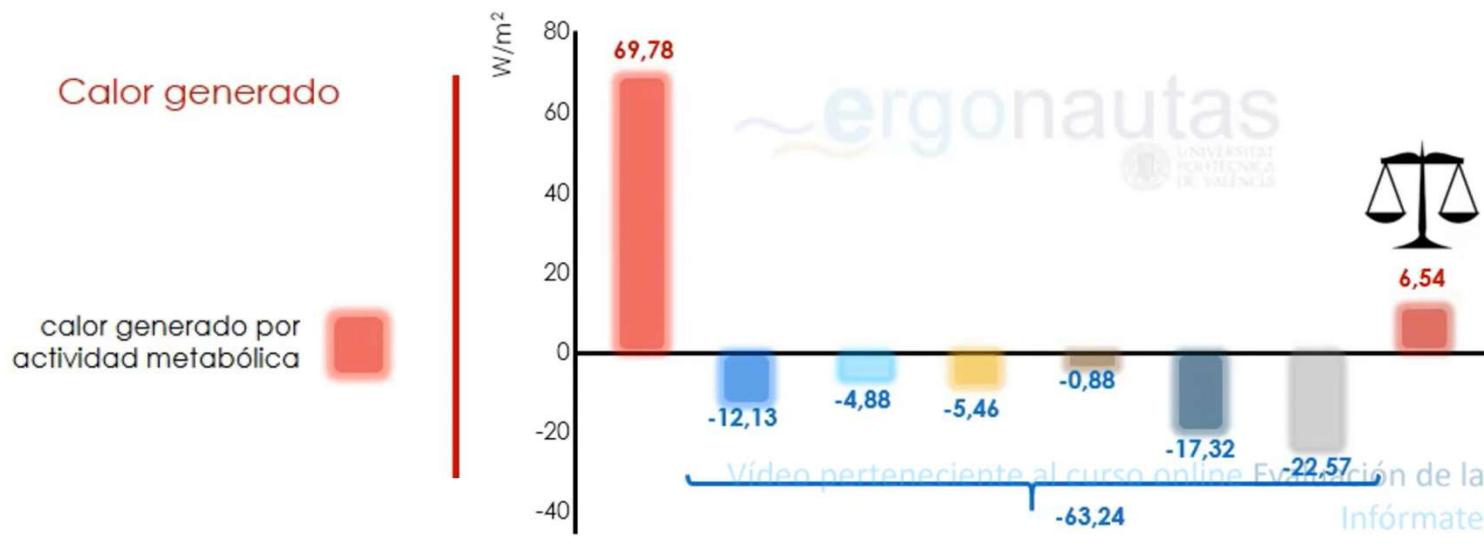


## Cálculo del voto medio estimado (PMV)

### Ecuación de Confort

$$PMV = [0.303 \cdot e^{-0.036M} + 0.028] \cdot$$

$$\begin{aligned} & \cdot \{(M - W) - 3.05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6.99 \cdot (M - W) - p_a] - 0.42[(M - W) - 58.15] - 1.7 \\ & \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a) - 0.0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - 3.96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \\ & \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)\} \end{aligned}$$





## Cálculo del porcentaje de personas insatisfechas (PPD)

Conocido el voto medio estimado es posible calcular el Porcentaje de personas insatisfechas (PPD) en el entorno térmico evaluado. Este índice estima la dispersión de los votos de las personas alrededor del PVM obtenido, y representa el porcentaje de personas que considerarían la sensación térmica como desagradable, demasiado fría o calurosa.

Para realizar el cálculo se emplea la siguiente ecuación:

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-0.03353 \cdot PMV^4 - 0.2179 \cdot PMV^2}$$

Cálculo del Porcentaje de personas insatisfechas (PPD)

Porcentajes de satisfacción con el ambiente térmico



Figura 1:

Porcentaje de personas insatisfechas PPD  
= 15,31%, correspondiente a un valor del  
PMV= -0,7



## Análisis de los resultados

Si el valor del **voto medio estimado** (PMV) está en el rango de valores comprendidos entre -0,5 y 0,5 la situación térmica es **satisfactoria** y confortable para la mayoría de las personas. En otro caso la situación se considerará **inadecuada** y por tanto deberían implantarse medidas correctoras para mejorar la sensación térmica.

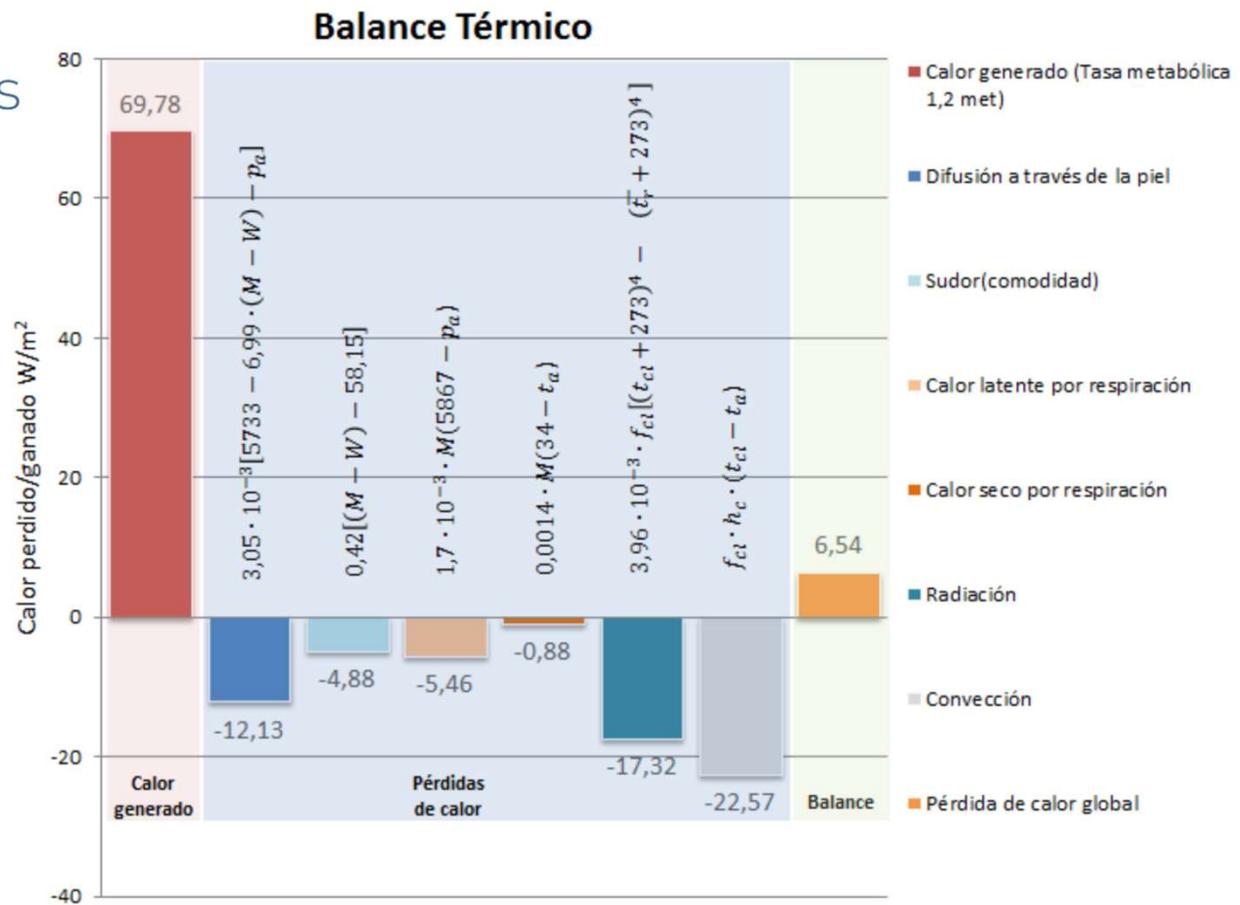
Valores del **porcentaje de personas insatisfechas** (PPD) de hasta 10% reflejarán una situación satisfactoria para la mayoría de las personas (90% satisfechos), mientras que valores superiores indicarán una situación de inconfort térmico. Dicho valor del PPD (10%) se corresponde con los límites -0,5 y 0,5 indicados para el PMV.

El mejor valor del porcentaje de personas insatisfechas que se puede obtener es de un 5%, correspondiente a una situación de neutralidad térmica, o lo que es lo mismo, con un valor cero del voto medio estimado. La ecuación no contempla por tanto la situación ideal de que no exista ningún trabajador insatisfecho con las condiciones térmicas, estimando que en las mejores condiciones de confort térmico al menos un 5% puede no estar conforme.



## Análisis de los resultados

El balance muestra que existe pérdida de calor global ( $6.54 \text{ W/m}^2$ ) y la cantidad que es transferida al ambiente por cada mecanismo fisiológico.



El cálculo del **voto medio estimado** y del **porcentaje de personas insatisfechas** permite identificar situaciones de incomodidad térmica percibidas por el cuerpo en su conjunto, sin embargo existen una serie de factores tales como las corrientes de aire, la diferencia de temperatura vertical, la existencia de techos, paredes o suelos fríos o calientes (asimetría de la temperatura radiante), que pueden provocar incomodidad al trabajador aun cuando la situación global haya sido valorada como satisfactoria por el método Fanger.

# Ejemplo práctico: Oficina

Imagina una oficina con estas condiciones:

- **Temperatura del aire (Ta):** 23 °C
- **Temperatura de globo / radiante (Tg ≈ Tr):** 23 °C
- **Humedad relativa:** 50 %
- **Velocidad del aire:** 0,1 m/s (aire casi en reposo)
- **Actividad:** trabajo de oficina sentado → **1,2 met**
- **Ropa:** invierno suave (pantalón, camisa, jersey fino) → **0,8 clo**

Queremos saber:

**1. PMV (IMV)**

**2. % de personas insatisfechas (PPD)**

# Paso 1 – Elegir MET y CLO

Estos valores son importantes porque son los que usarías para **buscar en la Tabla 1** de la NTP 74.

Los fijamos en:

- **M = 1,2 met** (trabajo de oficina sentado)
- **Icl = 0,8 clo** (ropa de oficina algo abrigada)

Vestido clo	Temp. seca °C	Velocidad relativa (m/s)									
		<0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50	
0	26.	-1.62	-1.62	-1.96	-2.34						
	27.	-1.00	-1.00	-1.36	-1.69						
	28.	-0.39	-0.42	-0.76	-1.05						
	29.	-0.17	-0.13	-0.25	-0.39						
	30.	0.80	0.68	0.45	0.26						
	31.	1.39	1.25	1.08	0.94						
	32.	1.96	1.83	1.71	1.61						
	33.	2.59	2.41	2.34	2.29						
0,25	24.	-1.52	-1.52	-1.80	-2.06	-2.47					
	25.	-1.03	-1.05	-1.33	-1.57	-1.94	-2.24	-2.48			
	26.	-0.58	-0.61	-0.87	-1.08	-1.41	-1.67	-1.89	-2.66		
	27.	-0.14	-0.17	-0.20	-0.58	-0.87	-1.10	-1.29	-1.97	-2.41	
	28.	0.14	0.27	0.01	-0.09	-0.27	-0.37	-0.57	-1.66	-2.66	
	29.	0.80	0.71	0.54	0.41	0.20	0.04	0.10	-0.58	-0.90	
	30.	1.25	1.15	1.03	0.91	0.74	0.61	0.50	0.11	-0.14	
	31.	1.71	1.61	1.51	1.43	1.30	1.20	1.12	0.83	0.73	
0,50	23.	-1.10	-1.10	-1.33	-1.51	-1.78	-1.99	-2.16			
	24.	-0.72	-0.74	-0.95	-1.11	-1.34	-1.55	-1.70	-2.22		
	25.	-0.34	-0.38	-0.56	-0.71	-0.94	-1.11	-1.25	-1.71	-1.99	
	26.	0.04	-0.01	-0.18	-0.31	-0.58	-0.66	-0.79	-1.19	-1.44	
	27.	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	-0.11	-0.68	-0.90
	28.	0.80	0.72	0.59	0.49	0.34	0.23	0.14	-0.05	-0.05	-0.05
	29.	1.17	1.08	0.98	0.90	0.73	0.68	0.60	0.34	0.19	0.19
	30.	1.54	1.45	1.37	1.30	1.20	1.13	1.06	0.86	0.73	0.73
0,75	21.	-1.11	-1.11	-1.30	-1.44	-1.69	-1.83	-1.95	-2.36	-2.60	
	22.	-0.79	-0.81	-0.96	-1.11	-1.31	-1.46	-1.55	-1.77		
	23.	-0.47	-0.50	-0.66	-0.78	-0.96	-1.09	-1.20	-1.55	-1.75	
	24.	-0.15	-0.19	-0.33	-0.44	-0.61	-0.73	-0.83	-1.14	-1.33	
	25.	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	-0.37	-0.46	-0.90
	26.	0.49	0.43	0.31	0.23	0.09	0.00	0.00	-0.05	-0.48	-0.48
	27.	0.81	0.74	0.64	0.56	0.45	0.36	0.29	0.08	-0.05	-0.05
	28.	1.12	1.05	0.96	0.90	0.80	0.73	0.67	0.48	0.37	0.37
1,00	20.	-0.85	-0.87	-1.02	-1.13	-1.29	-1.41	-1.51	-1.81	-1.98	
	21.	-0.57	-0.60	-0.74	-0.84	-0.99	-1.01	-1.19	-1.41	-1.63	
	22.	-0.30	-0.33	-0.46	-0.55	-0.69	-0.80	-0.88	-1.13	-1.28	
	23.	-0.02	-0.07	-0.18	-0.27	-0.39	-0.49	-0.56	-0.79	-0.93	
	24.	0.42	0.20	0.20	0.10	0.02	0.09	-0.18	0.25	-0.46	-0.58
	25.	0.53	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.07	-0.07	-0.23
	26.	0.81	0.75	0.66	0.60	0.51	0.44	0.39	0.22	0.13	0.13
	27.	1.08	1.02	0.95	0.89	0.81	0.75	0.71	0.56	0.48	0.48
1,25	16.	-1.37	-1.37	-1.51	-1.62	-1.78	-1.89	-1.98	-2.26	-2.41	
	17.	-0.92	-0.94	-1.04	-1.15	-1.28	-1.42	-1.46	-1.70	-1.84	
	20.	-0.46	-0.47	-0.57	-0.65	-0.78	-0.86	-0.93	-1.14	-1.16	
	22.	0.07	0.02	-0.07	-0.14	-0.25	-0.32	-0.38	-0.56	-0.66	
	24.	0.56	0.50	0.43	0.37	0.28	0.22	0.17	0.02	-0.06	
	26.	0.89	0.82	0.73	0.68	0.61	0.56	0.52	0.61	0.54	
	28.	1.53	1.48	1.43	1.40	1.34	1.31	1.28	1.19	1.14	
	30.	2.01	1.97	1.93	1.91	1.88	1.85	1.83	1.77	1.74	
1,50	14.	-1.36	-1.36	-1.49	-1.58	-1.72	-1.82	-1.89	-2.12	-2.25	
	16.	-0.92	-0.94	-1.07	-1.15	-1.27	-1.37	-1.43	-1.63	-1.75	
	18.	-0.52	-0.54	-0.64	-0.73	-0.82	-0.90	-0.96	-1.14	1.14	
	20.	-0.09	-0.13	-0.22	-0.28	-0.37	-0.44	-0.49	-0.65	-0.74	
	22.	0.35	0.30	0.23	0.18	0.10	0.04	0.00	-0.14	-0.21	
	24.	0.79	0.74	0.68	0.61	0.51	0.42	0.32	0.17	0.31	
	26.	1.23	1.18	1.13	1.09	1.04	1.01	0.98	0.89	0.84	
	28.	1.67	1.62	1.58	1.56	1.52	1.49	1.47	1.40	1.37	

Nivel de actividad 110 Kcal/h.

## Paso 2 – IMV base (Tabla 1)

En la práctica:

- Vas a la **Tabla 1** (NTP 74)
- Buscas la combinación aproximada:
  - $T_a = 23 \text{ }^{\circ}\text{C}$
  - $T_r = 23 \text{ }^{\circ}\text{C}$
  - $M = 1,2 \text{ met}$
  - $I_{cl} = 0,8 \text{ clo}$

En un caso real, leerías el valor exacto de la tabla. Para este ejemplo, vamos a suponer que la tabla nos da:

$$\text{IMV base} \approx -0,1$$

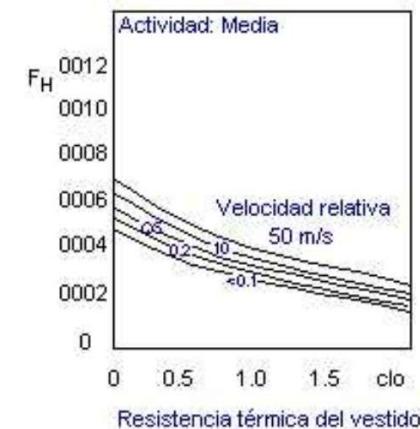
Interpretación: sin correcciones, las personas sentirían **muy ligeramente fresco**, casi confort.

Vestido clo	Temp. seca $^{\circ}\text{C}$	Velocidad relativa (m/s)								
		<0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50
0	26.	-1,62	-1,62	-1,96	-2,34					
	27.	-1,00	-1,00	-1,26	-1,69					
	28.	-0,39	-0,42	-0,76	-1,05					
	29.	0,21	0,13	-0,15	-0,39					
	30.	0,80	0,68	0,45	0,26					
	31.	1,39	1,25	1,08	0,94					
	32.	1,96	1,83	1,71	1,61					
	33.	2,59	2,41	2,34	2,29					
	24.	-1,52	-1,52	-1,80	-2,06	-2,47				
	25.	-1,05	-1,05	-1,33	-1,57	-1,94	-2,24	-2,48		
0,25	26.	-0,49	-0,61	-0,87	-1,14	-1,41	-1,67	-1,89	-2,66	
	27.	-0,12	-0,17	-0,40	-0,58	-0,87	-1,10	-1,29	-1,97	-2,41
	28.	0,34	0,27	0,07	-0,09	-0,34	-0,53	-0,70	-1,28	-1,66
	29.	0,80	0,71	0,54	0,41	0,20	0,04	-0,10	-0,59	-0,99
	30.	1,25	1,15	1,02	0,91	0,74	0,61	0,50	0,11	-0,14
	31.	1,71	1,61	1,51	1,43	1,30	1,20	1,12	0,83	0,63
	23.	-1,10	-1,10	-1,33	-1,51	-1,78	-1,99	-2,16		
	24.	-0,72	-0,74	-0,95	-1,11	-1,36	-1,55	-1,70	-2,22	
	25.	-0,34	-0,38	-0,56	-0,71	-0,94	-1,11	-1,25	-1,71	-1,99
	26.	0,04	-0,01	-0,18	-0,31	-0,51	-0,66	-0,79	-1,19	-1,44
0,50	27.	0,42	0,35	0,20	0,09	-0,08	-0,22	-0,33	-0,68	-0,90
	28.	0,89	0,72	0,59	0,49	0,34	0,23	0,14	-0,17	-0,36
	29.	1,17	1,08	0,98	0,90	0,77	0,68	0,60	0,34	0,19
	30.	1,54	1,45	1,37	1,30	1,20	1,13	1,06	0,86	0,73
	21.	-1,11	-1,11	-1,30	-1,44	-1,66	-1,82	-1,95	-2,36	-2,60
	22.	-0,79	-0,81	-0,98	-1,11	-1,31	-1,46	-1,58	-1,93	-2,17
	23.	-0,47	-0,49	-0,66	-0,78	-0,96	-1,09	-1,20	-1,55	-1,75
	24.	-0,15	-0,19	-0,33	-0,44	-0,61	-0,73	-0,83	-1,14	-1,33
	25.	0,17	0,12	-0,01	-0,13	-0,25	-0,37	-0,46	-0,74	-0,90
0,75	26.	0,49	0,43	0,31	0,23	0,09	0,00	-0,08	-0,33	-0,48
	27.	0,81	0,74	0,64	0,56	0,45	0,36	0,29	0,08	-0,05
	28.	1,12	1,05	0,96	0,90	0,80	0,73	0,67	0,45	0,37
	20.	-0,85	-0,87	-1,02	-1,13	-1,29	-1,41	-1,51	-1,81	-1,98
	21.	-0,57	-0,60	-0,74	-0,84	-0,99	-1,11	-1,19	-1,47	-1,63
	22.	-0,30	-0,33	-0,46	-0,55	-0,69	-0,80	-0,88	-1,13	-1,28
	23.	-0,02	-0,07	-0,18	-0,27	-0,39	-0,49	-0,56	-0,79	-0,93
	24.	0,26	0,20	0,10	0,02	-0,09	-0,18	-0,25	-0,46	-0,58
1,00	25.	0,53	0,48	0,38	0,31	0,21	0,13	0,07	-0,12	-0,23
	26.	0,81	0,75	0,66	0,60	0,51	0,44	0,39	0,22	0,13
	27.	1,08	1,02	0,95	0,89	0,81	0,75	0,71	0,56	0,48

## Paso 3 – Factor corrección FH (Figura 1: efecto del aire)

Ahora miramos la **Figura 1**:

- Velocidad del aire: **0,1 m/s**
- Ropa: **0,8 clo**



En oficinas con aire casi en reposo, los valores de  $F_H$  son muy pequeños. Supongamos que leyendo la figura encuentras:

$$F_H = 0,0005$$

(Es un valor muy bajo, casi despreciable).

## Paso 4 – Factor corrección FR (Figura 2: radiación)

Calculas la diferencia entre  $T_g$  y  $T_a$ :

- $T_g = 23 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_a = 23 \text{ } ^\circ\text{C}$

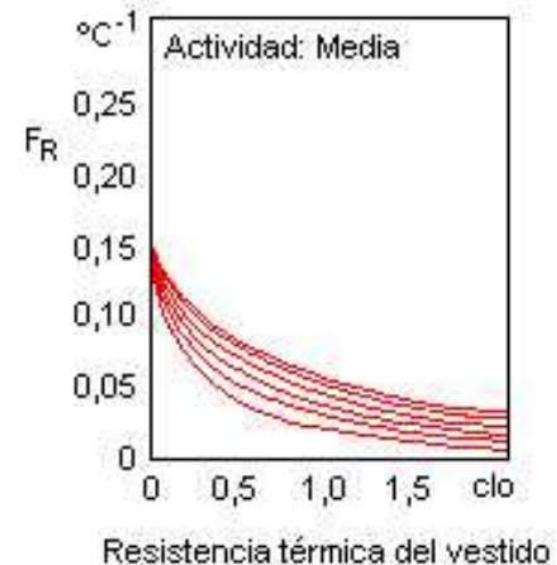
$$T_g - T_a = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Si vas a la **Figura 2** con:

- diferencia  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $I_{cl} = 0,8 \text{ clo}$
- $v = 0,1 \text{ m/s}$

el punto cae prácticamente en cero:

$$\text{FR} \approx 0$$



No hay focos radiantes ni superficies mucho más calientes o frías → **no hay corrección por radiación.**

## Paso 5 – Aplicar la fórmula del IMV corregido

Usamos la fórmula simplificada que estás aprendiendo:

$$IMV = IMV_{base} + 20 \cdot FH + 5,86 \cdot FR$$

Sustituimos:

- $IMV_{base} = -0,1$
- $FH = 0,0005$
- $FR = 0$

### Cálculo

$$1.20 \cdot FH = 20 \cdot 0,0005 = 0,01$$

$$2.5,86 \cdot FR = 5,86 \cdot 0 = 0$$

$$IMV = -0,1 + 0,01 + 0 \approx -0,09$$

Podemos redondear:

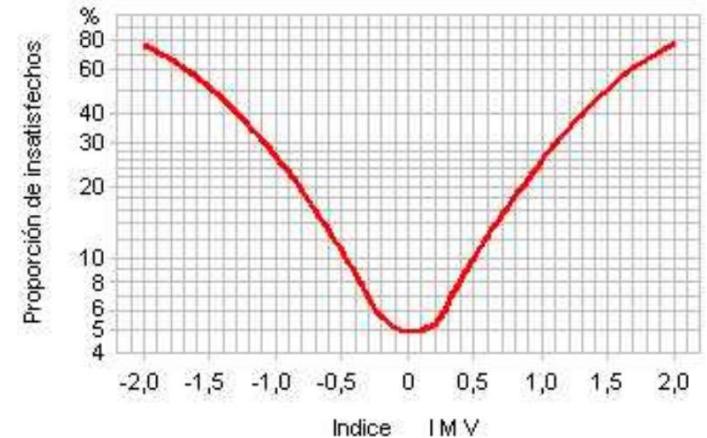
$$\text{PMV (IMV)} \approx -0,1$$

Es decir, **ligeramente fresco, prácticamente neutro.**

## Paso 6 – Obtener el PPD (Figura 3)

Ahora vamos a la **Figura 3** (NTP 74):

- eje X → PMV
- eje Y → PPD (% personas insatisfechas)



Para un **PMV  $\approx -0,1$** :

la curva está muy cerca del mínimo, alrededor de **5 % de insatisfechos**.

**PPD  $\approx 5 \%$**

En esta oficina, **alrededor del 95 % de las personas estaría razonablemente satisfecha** con el ambiente térmico.

<https://youtu.be/oijcb6lDIOU>