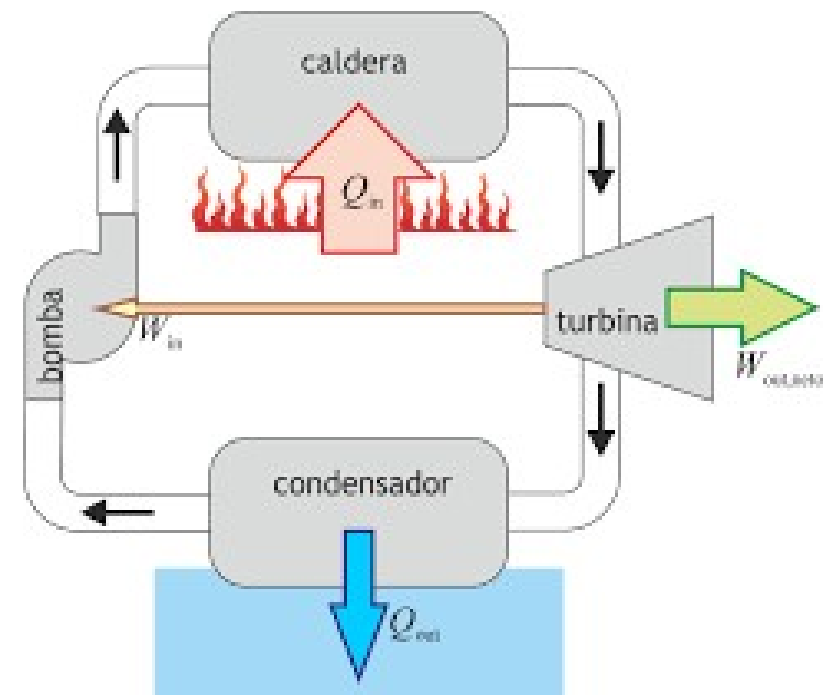
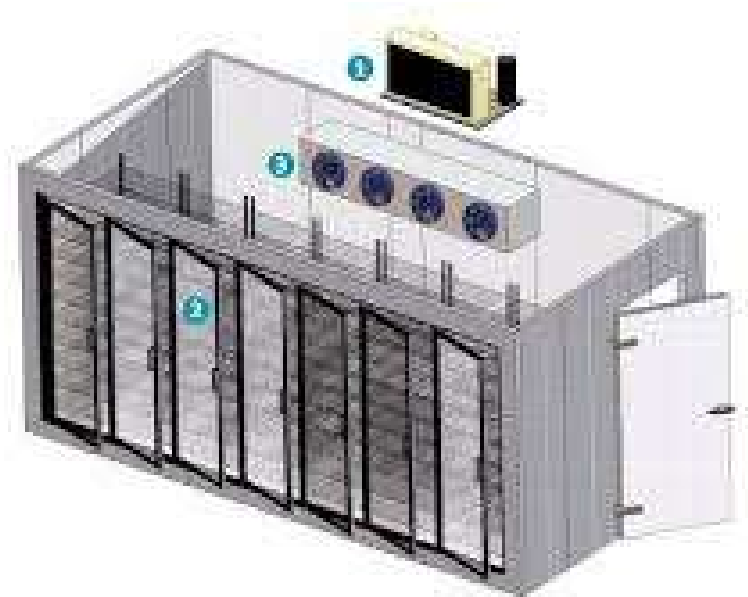


MÁQUINAS TÉRMICAS



UD 3: **CARGAS TÉRMICAS EN** **INSTALACIONES** **FRIGORÍFICAS**

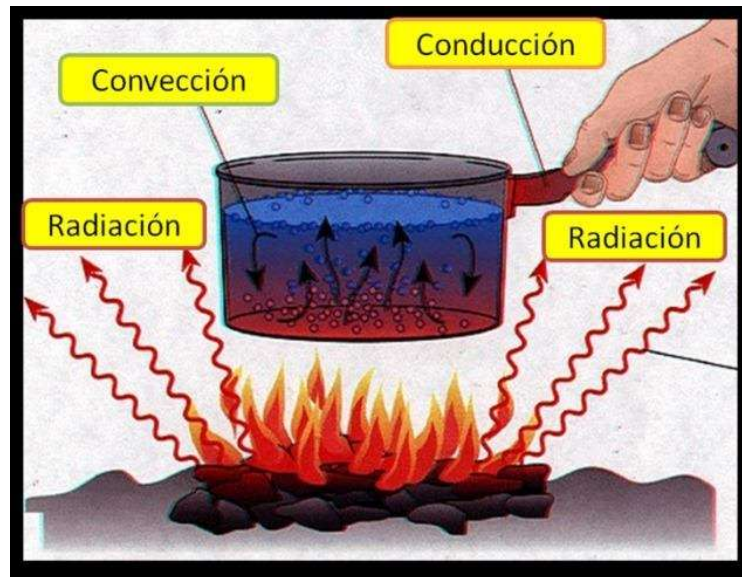


1. TRANSMISIÓN DE CALOR

Conducción

Convección

Radiación



<https://www.youtube.com/watch?v=8LWmFqJ5Hpl>

1. TRANSMISIÓN DE CALOR

- Forma de transmisión de calor de los sólidos., transferencia de energía térmica entre dos sistemas basado en el contacto directo de sus partículas, que tienden a igualar su temperatura o estado de excitación térmica.
- **Ejemplo.** Si se calienta un extremo de una varilla metálica, de forma que aumente su temperatura, el calor se transmite hasta el extremo más frío por conducción.

En base a como conducen el calor los materiales:

- **CONDUCTORES TÉRMICOS:** No ofrecen resistencia a la propagación del calor. Los **METALES** en general son buenos conductores: **LA PLATA, EL COBRE Y EL ALUMINIO**
- **AISLANTES O CALORÍFUGOS:** Gran resistencia a la propagación del calor. Entre ellos se encuentran, en general, cuerpos que almacenan aire, como **LAS PLUMAS, LA LANA Y TAMBIÉN EL CORCHO, POLIESTIRENO, CARTÓN**

Otros materiales que, sin ser aislantes térmicos, propagan el calor en muy poca medida, como pueden ser el vidrio, bastantes materias plásticas y la cerámica.

Cada cuerpo posee una resistencia a la propagación



COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.

1. TRANSMISIÓN DE CALOR

- Típico de los fluidos (líquidos y gases).
- Cuando existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o un gas, se producirá un movimiento de las propias partículas del fluido, transfiriéndose calor desde las zonas calientes a las frías
- El fenómeno de convección requiere de un movimiento de materia.
- Los movimientos de convección son esenciales en la transmisión de calor de un cuerpo sólido a un fluido.

EXISTEN DOS TIPOS DE CONVECCIONES:

- **NATURAL**
- **FORZADA**

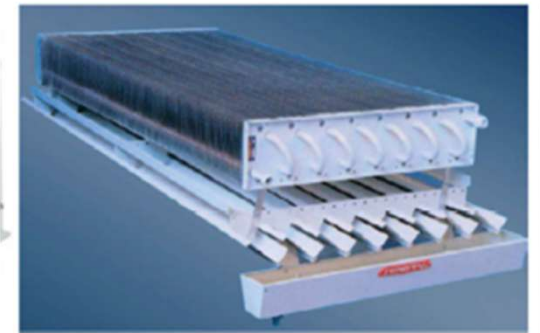
1. TRANSMISIÓN DE CALOR

NATURAL

- CALENTANDO UN FLUIDO, LAS CAPAS CON MAYOR TEMPERATURA QUEDAN EN LA PARTE SUPERIOR(MENOS DENSAS) LAS CAPAS MÁS FRIAS DEL FONDO ACABAN RECIBIENDO EL CALOR Y ACABAN ASCENDIENDO



UNIFORMIDAD DE LA TEMPERATURA



Evaporadores de convección natural: No incorporan ventilador y están diseñados para hacer circular el aire por la cámara gracias a las corrientes de convección que de forma natural se crean con la diferencia de temperaturas en el aire.

1. TRANSMISIÓN DE CALOR

FORZADA

- CIRCULACIÓN EL FLUJO DE FLUIDO SE PROVOCA ARTIFICIALMENTE. EL MOVIMIENTO DEL FLUIDO SE ORIGINA MEDIANTE EL USO DE ALGÚN MEDIO MECÁNICO, COMO UNA BOMBA O UN VENTILADOR.



UNIFORMIDAD DE LA TEMPERATURA



Evaporadores de convección forzada: incorporan un ventilador que obliga a pasar el aire de la cámara a través de las aletas de su batería. esto permite que el intercambio de calor sea muy intenso, teniendo un rendimiento muy superior al de convección natural.

1.TRANSMISIÓN DE CALOR

Ejemplo convección natural y forzada en calefacción

<https://www.youtube.com/watch?v=P9uLSyvfGlw>

Minuto 5:04- Ejemplo Convección

Radiación

1. TRANSMISIÓN DE CALOR

- TODOS LOS CUERPOS EMITEN BAJO CUALQUIER TEMPERATURA, RADIACIÓN TÉRMICA DE NATURALEZA ELECTROMAGNÉTICA.
- A DIFERENCIA DE LA CONDUCCIÓN Y LA CONVECCIÓN:
 - **NO NECESITA UN MEDIO DE TRANSMISIÓN Y PUEDE OCURRIR EN EL VACÍO.**
 - LA TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN ES LA MÁS RÁPIDA.
- CUERPO CON TEMPERATURA ELEVADA EMITE CALOR, ABSORBIDO POR OTRO LLAMADO PANTALLA, A UNA TEMPERATURA INFERIOR. LA PARTE DE CALOR QUE NO ES ABSORBIDA POR EL CUERPO PANTALLA, ES REFLEJADA.

Ejemplo: Un caso típico de calor que nos llega por radiación es el que nos aporta el sol. Otro es el calor que proporciona una lámpara incandescente.

1. TRANSMISIÓN DE CALOR

Tres formas transmisión de calor:

<https://www.youtube.com/watch?v=8LWmFqJ5Hpl>

Conducción

2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

CONDUCTIVIDAD
TÉRMICA

- PROPIEDAD FÍSICA DE CUALQUIER MATERIAL.
- MIDE LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DEL CALOR A TRAVÉS DE EL.

COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD



λ

cantidad de calor necesario por m², para que, atravesando durante 1 hora, 1 m de material homogéneo obtenga una diferencia de 1 °C de temperatura entre las dos caras.

- UNE EN ISO 10 456:2001

W/m·K, kcal/h·m·K, y en BTU/h·ft·°F

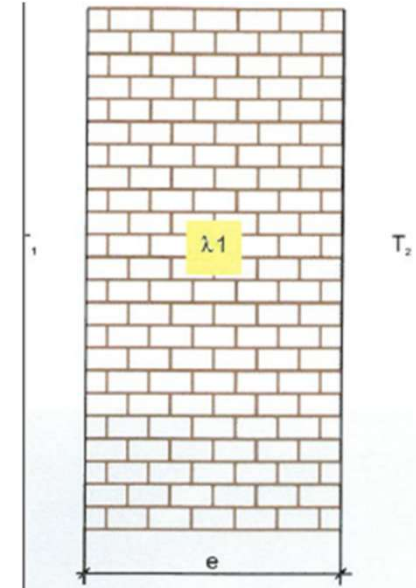
2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

Material	λ (W/m \times K)
Acero	50
Aglomerado entre 500 y 600 kg/m ³	0,17
Aluminio	230
Asfalto	0,70
Cobre	380
Betún	0,17
Hormigón armado > 2.500 kg/m ³	2,50
Hormigón con arcilla expandida 600 kg/m ³	0,19
Bloque de hormigón convencional 520-1.230 kg/m ³	1,18
Yeso, dureza media entre 600 y 900 kg/m ³	0,30
Enlucido de yeso entre 1.000 y 1.300 kg/m ³	0,57
Ladrillo hueco LH	0,32

2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

1) CONDUCCIÓN TÉRMICA EN UN MURO HOMOGÉNEO

SUPONIENDO QUE LAS DOS CARAS DE UNA PARED O DE UN MURO TIENEN UN **ÚNICO MATERIAL** Y ESTÁN A Tª CONSTANTE Y SEPARADAS POR UNA DISTANCIA LLAMADA **ESPESOR**, SE DICE QUE EL VALOR DEL **FLUJO CALORÍFICO O CONDUCCIÓN TÉRMICA** VENDRÁ DADO POR LA FÓRMULA:



$$Q_{conducción} = \lambda \cdot A \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{e}$$

2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

1) CONDUCCIÓN TÉRMICA EN UN MURO HOMOGÉNEO

$$Q_{conducción} = \lambda \cdot A \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{e}$$

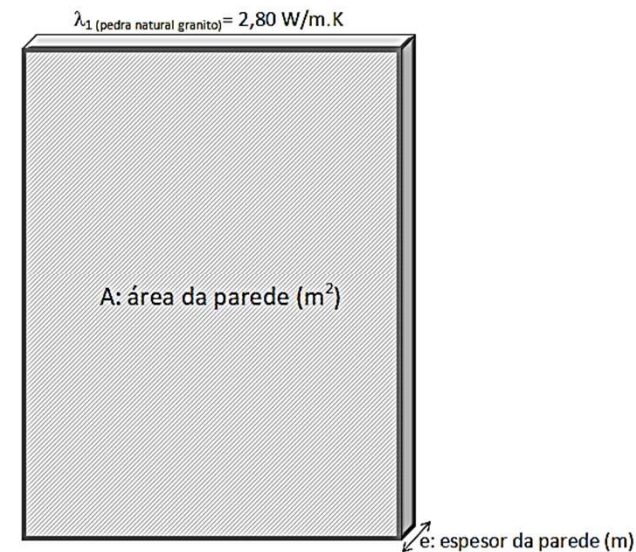
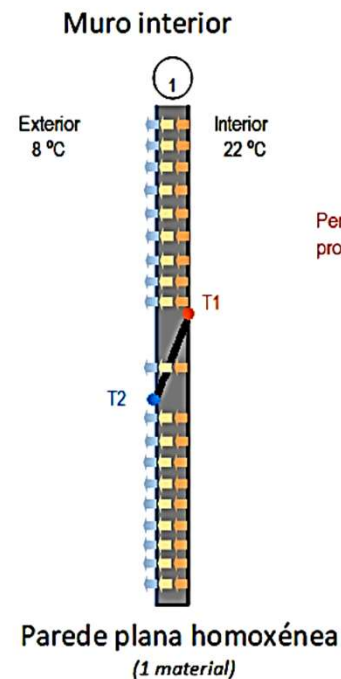
- **Q_{conducción}**, es la velocidad de transmisión de calor por conducción en **kcal/h. (o en W)**
- **A** área de una de las superficies del muro, en m²
- **t1**, es la Tª mayor de las dos superficies de la pared, en °K
- **t2**, es la Tª menor de las dos superficies de la pared, en °K
- **λ** es la conductividad térmica, en kcal/h.m.°k (o en W/m.°K)
- **e**, es el espesor del muro, en m.

Conducción

2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

1) CONDUCCIÓN TÉRMICA EN UN MURO HOMOGÉNEO

$$Q_{\text{conducción}} = \lambda \cdot A \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{e}$$

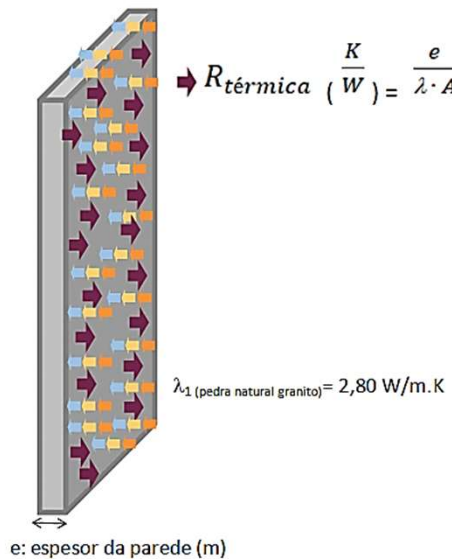


Conducción

2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

1) CONDUCCIÓN TÉRMICA EN UN MURO HOMOGÉNEO

$$R_{t\acute{e}rmica} = \frac{e}{\lambda \cdot A} \left(\frac{K}{W} \right)$$



- CADA TIPO DE CERRAMIENTO, EN FUNCIÓN DE CUAL SEA EL MATERIAL DE ESTE (λ) SU ESPESOR (e) Y EL ÁREA (A).
- EXISTE UNA MAYOR O MAYOR FACILIDAD DE PASO DE CALOR A TRAVÉS DE ESTOS.
- SI EL ÁREA DE CÁLCULO EN ESTA RESISTENCIA TÉRMICA ES DE LA UNIDAD ($A=1 \text{ m}^2$)

$$R_{t\acute{e}rmica \text{ interna ou espec\acute{f}ica}} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot K}{W} \right) = \frac{e}{\lambda}$$

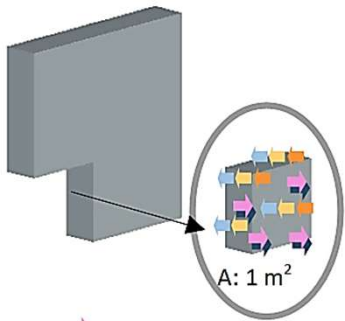
Conducción

2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

1) CONDUCCIÓN TÉRMICA EN UN MURO HOMOGÉNEO

- SI EL ÁREA DE CÁLCULO EN ESTA RESISTENCIA TÉRMICA ES DE LA UNIDAD ($A=1 \text{ m}^2$)

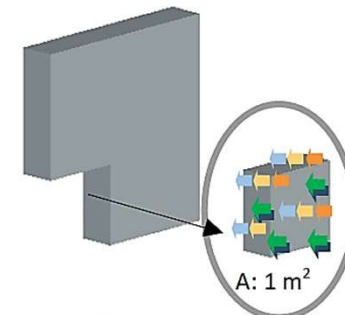
$$R_{\text{térmica interna o específica}} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right) = \frac{e}{\lambda}$$



$$R_{\text{térmica interna o específica}} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right)$$

- SI COMPROBAMOS LA CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN DE 1 METRO CUADRADO:

$$C_{\text{térmica interna}} \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right) = \frac{\lambda}{e} = \frac{1}{R_{\text{térmica interna}}}$$



$$C_{\text{térmica interna}} \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right)$$

2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

EJEMPLO 1: CONDUCCIÓN EN PARED PLANA HOMOGÉNEA

El suelo de una vivienda tiene unas dimensiones de 6 m de largo, 9 m. de ancho y 0,25 m. de espesor. Está construido con un material cuya conductividad térmica es de $0.7 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$. Las temperaturas de las superficies interior y exterior del suelo son de 16°C y 4°C , respectivamente.

- Determina la velocidad de pérdida de calor a través del suelo, durante 1 día.
- Estima cuál sería el coste de esa pérdida para el propietario de la vivienda, durante 1 día, suponiendo que su calefacción es eléctrica y su coste es de $0,14 \text{ €/}(\text{KW}\cdot\text{h})$.
- Halla la resistencia térmica, la resistencia térmica interna y la conductancia térmica del suelo.

2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

EJEMPLO 2: CONDUCCIÓN EN PARED PLANA HOMOGÉNEA

Las superficies interior y exterior de un muro de ladrillos tienen temperaturas de 20°C y 5°C , respectivamente. Las dimensiones del muro son de 5 m de alto, 8 m de ancho y 25 cm de espesor. Sabiendo que la conductividad térmica es de $0,69 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$, calcula:

- La velocidad de transferencia de calor a través del muro, en vatios.
- La resistencia térmica, la resistencia térmica interna y la conductividad térmica.

2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

2) CONDUCCIÓN TÉRMICA EN UN MURO HETEROGÉNEO

PARA CALCULAR LA CONDUCCIÓN TÉRMICA EN UNA PARED CON VARIOS MATERIALES DIFERENTES, SE TENDRÁ EN CUENTA QUE CADA MATERIAL TIENE SU PROPIA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y SU PROPIO ESPESOR.

$$Q_{conducción} = kc \cdot A \cdot (T_1 - T_2) \text{ (W)}$$

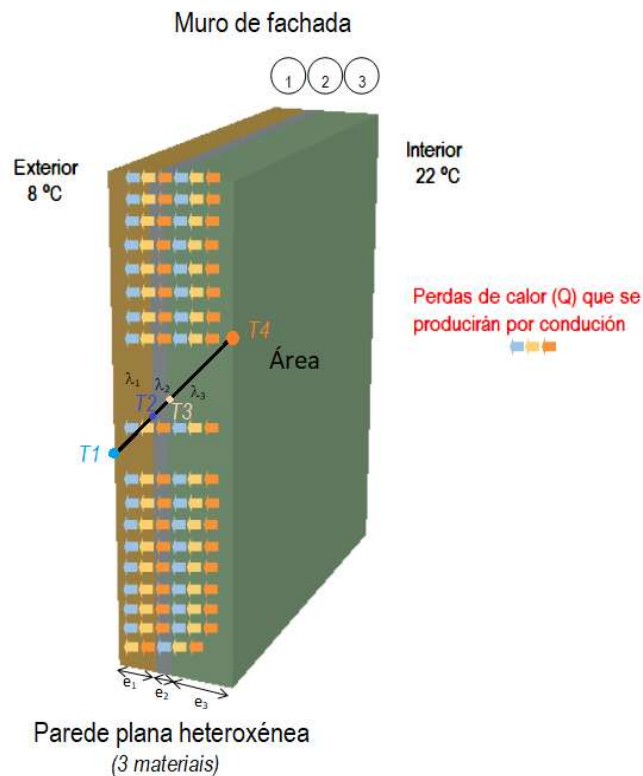
$$K = \frac{1}{\frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{e_4}{\lambda_4} + \frac{e_5}{\lambda_5}}$$

$$R_{total \text{ específica}} = \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}$$

Conducción

2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

2) CONDUCCIÓN TÉRMICA EN UN MURO HETEROGÉNEO



- DEL MISMO MODO, LAS RESISTENCIAS INTERNAS Y ESPECÍFICAS TOTALES SON LAS SUMAS DE LAS DE CADA MATERIAL:

$$R_{total\ específica} = \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}$$

2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

- EN EL CASO DE QUE LA CAPA DE LA PARED SEA DE AIRE, DEBEMOS SABER QUE ESTAS SE CARACTERIZAN POR SU RESISTENCIA TÉRMICA Y NO POR EL COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD. **EN LA TABLA 2 DEL APARTADO 2.1.1 DEL DB HE1**, PODEMOS CONSULTAR LAS RESISTENCIAS TÉRMICAS DE LAS CÁMARAS DE AIRE.

espesor(cm)	Sen ventilar	
	Horizontal	Vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

Tabla 2 del DB HE1 Resistencias térmicas de cámaras de aire en $\frac{m^2 \cdot K}{W}$

Si las cámaras son ligeramente ventiladas, los valores serán la mitad de los de la tabla.

2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

EJEMPLO 3: CONDUCCIÓN EN PARED PLANA HETEROGÉNEA

- Mario es un albañil que va a colocar una ventana de dimensiones 1 m x 0,7 m en la cocina de una vivienda. La ventana está formada por:
 - 2 capas de vidrio de 3 mm de espesor, con una conductividad térmica de $0,78 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$, separadas por un espacio de aire que actúa como aislante de 0,2 mm de ancho.
- Calcula la velocidad de transferencia de calor a través de la ventana, si la temperatura interior es de 20°C y la exterior de 4°C .

2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

EJEMPLO 4: CONDUCCIÓN EN PARED PLANA HETEROGÉNEA

Las superficies interior y exterior de la pared de un refrigerador de 2 m de alto y 3 m de ancho tienen temperaturas de 30 y 90°F, respectivamente. Sabiendo que la pared está formada de exterior a interior por:

- Un panel de corcho ($0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$), de 2 cm de espesor.
- Una lámina de material aislante ($0,009 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$), de 1 cm de espesor
- Un recubrimiento de aluminio ($0,15 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$), de 0,3 cm sobre la superficie interna.

Calcula:

- La velocidad de transferencia de calor a través de la pared, en vatios.
- La resistencia térmica, la resistencia térmica interna.

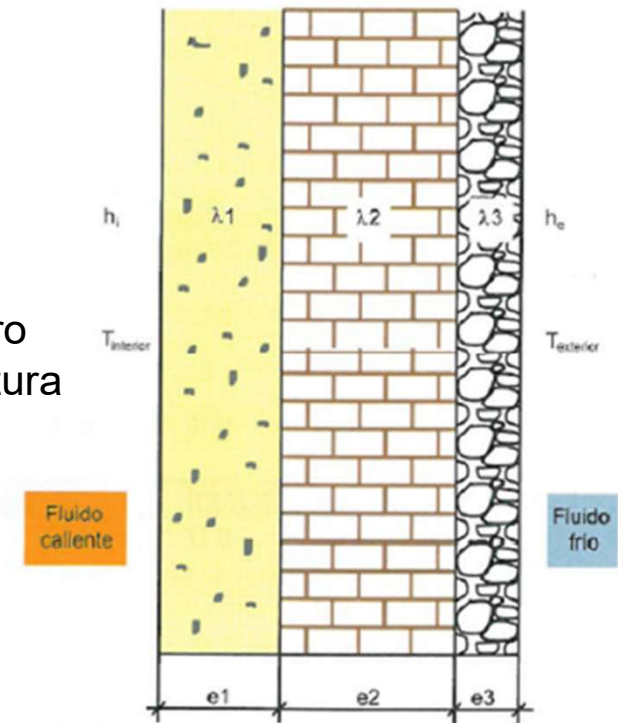
Convección

2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

COEFICIENTE DE CONVECCIÓN h_c (W/m²·K, kcal/h·m²·K)

- CTE, DB HE 1.
- Cantidad de calor que pasa en una hora desde una superficie de un metro cuadrado, expuesta al medio ambiente, cuando la diferencia de temperatura

$$Q_{\text{convección}} = h_c \times A \times \Delta T \text{ (W)}$$



2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

EJEMPLO 5: CONVECCIÓN EN PARED PLANA

- Sobre una superficie plana de 2 x 4 m que está a 30 °C circula aire a 80 °C. Si el coeficiente de transferencia por convección es de 15 W/m² °C, determina el flujo de calor transferido del aire a la placa.

Radiación

2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

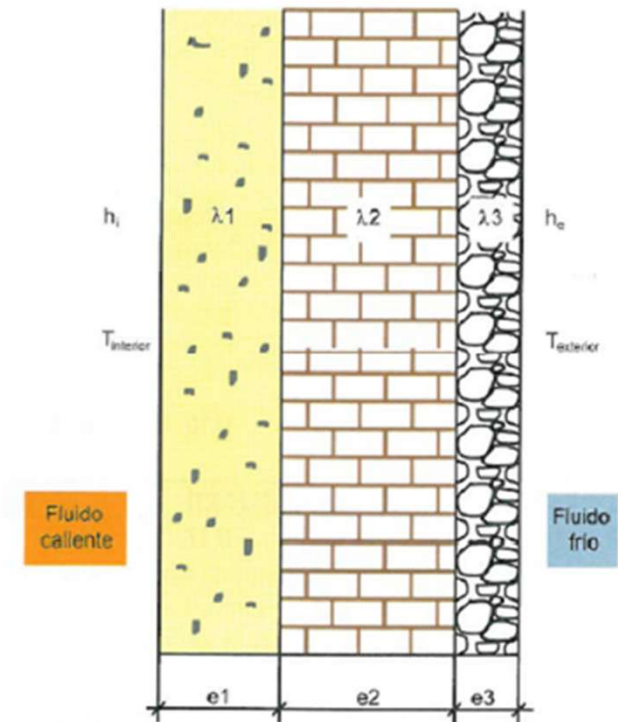
- La energía calorífica emitida es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta del cuerpo emisor, es decir.

$$Q = \sigma \cdot T^4$$

0.8×10^{-8}	cobre pulido
3.7×10^{-8}	yeso, madero
4.96×10^{-8}	cuerpo negro perfecto (máxima)

σ coeficiente de radiación que se mide en kcal/h.m²,

ESTA RADIACIÓN INFLUYE MUY POCO A NIVEL CÁLCULO Y SE ENGLOBA SIEMPRE DENTRO DE CONVECCIÓN



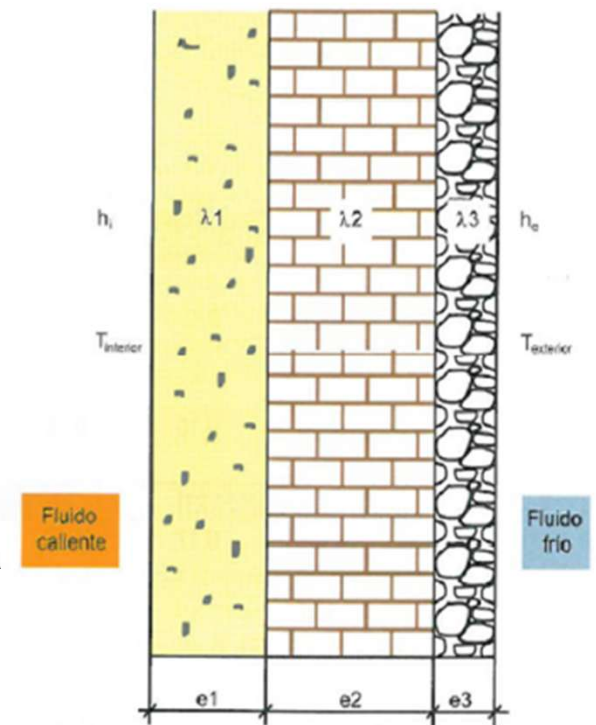
2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISIÓN (U)

En la práctica, los tres medios de transmisión se producen simultáneamente, y no pueden disociarse.

El flujo calorífico se transmite desde el ambiente exterior a t_1 hasta el ambiente interior a t_2 :

- Por convección y radiación de la temperatura t_1 del aire a la superficie exterior de la pared a t_e
- Por conducción de la temperatura t_e de la cara exterior del muro a la temperatura interior t_i del muro compuesto.
- Por convección y radiación de la temperatura t_i de la superficie interior a la temperatura del aire interior t_2 .

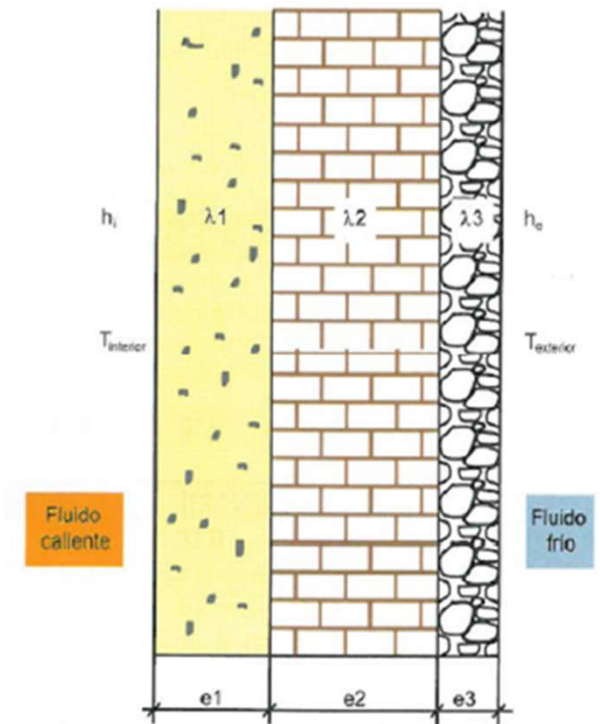


2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISIÓN (U)

CONOCIENDO LAS SIGUIENTES VARIABLES PODEMOS CALCULAR EL COEFC U:

- h_i (coef convección/radiación interior)
- h_e (coef convección/radiación exterior)
- λ de cada material interior.



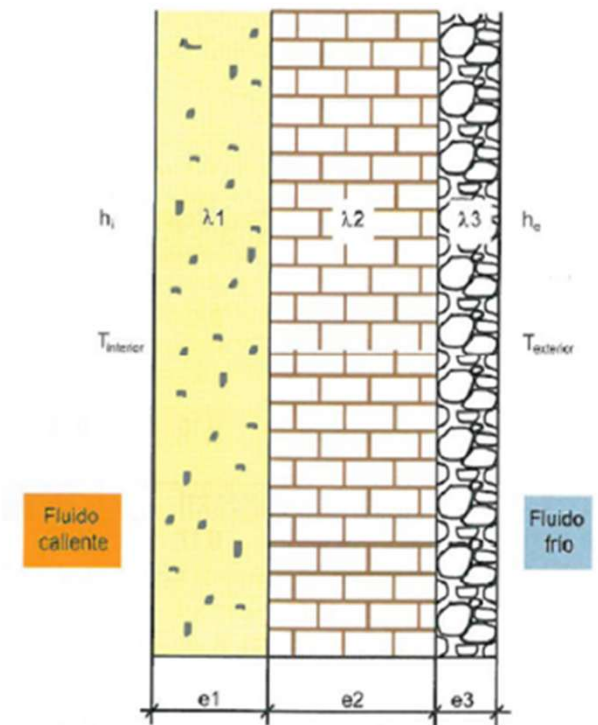
2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISIÓN (U)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{e_4}{\lambda_4} + \frac{e_5}{\lambda_5} + \frac{1}{h_2}}$$

Así que, generalizando:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \sum \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_2}} \quad (\text{W/m}^2 \cdot \text{K})$$



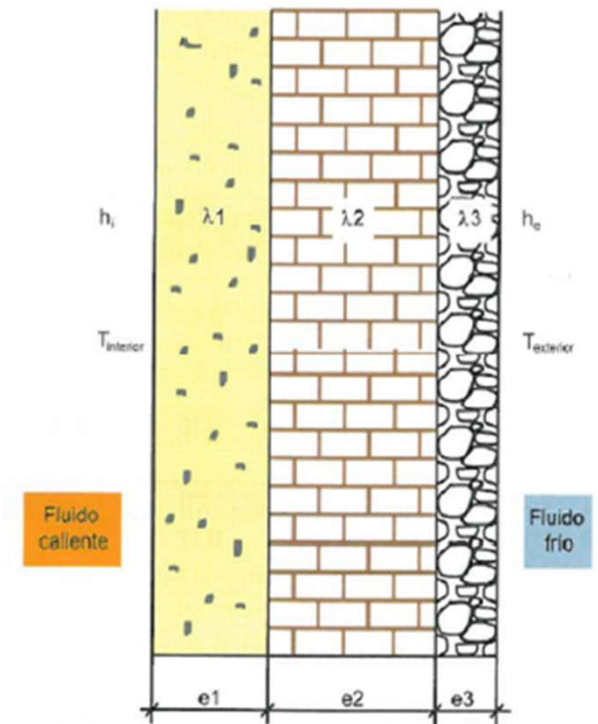
2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

FLUJO CALORÍFICO COMPLETO

UNA VEZ OBTENIDO EL VALOR DEL COEF U:

➤ DETERMINAMOS EL FLUJO CALORÍFICO COMPLETO:

$$Q = U.A.(t_1 - t_2) = U.A.\Delta t \text{ (W)}$$



2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

EJEMPLO 6: COEFICIENTE U Y FLUJO CALORÍFICO COMPLETO

- Determina cual será la transmitancia (Coeficiente Global de transmisión (U) de la pared exterior cuyos espesores y conductividades térmicas se resumen en la siguiente tabla:

Capas	e (cm)	λ (W/m · K)
Revestimiento interior (RI)	1,5	1,8
Fabrica de ladrillo hueco (LH)	11,5	0,64
Aislante (AT)	3	0,04
Cámara de aire (C)	5,5	0,18
Fábrica de ladrillo cerámico (LC)	7	0,44
Revestimiento exterior (RE)	1,5	0,57

Ten en cuenta los factores de convección-radiación.

➤ $h_i = 0,04$

➤ $h_e = 0,13$

2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

EJEMPLO 7: COEFICIENTE U Y FLUJO CALORÍFICO COMPLETO

- La pared de un túnel de congelación de 23 m² está formada por cuatro capas diferentes, cuyos espesores y conductividades se resumen en la siguiente tabla:

	Espesor (cm)	Conductividad Térmica (W/ m· K)
Capa 1	2	0,9
Capa 2	9	0,7
Capa 3	24	0,33
Capa 4	2	0,9

- La temperatura exterior es de 35 °C y la interior – 40 °C. Los coeficientes de transmisión por convección son respectivamente:

$$h_e = 20 \text{ W/m}^2\text{K} \quad h_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Calcula: El coeficiente global de transmisión de calor U de la pared y el flujo total a través de esta

2.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

**REALIZAMOS EL BOLETÍN
BOL.TF1 TRANSMISIÓN DE CALOR**

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ EL CALOR QUE HAY QUE EXTRAER DE ELLA, POR DIFERENTES CAUSAS. AUNQUE SIEMPRE HABLAREMOS DE CALOR, EN REALIDAD, SE TRATA DE POTENCIAS:

- CALORÍFICAS
- FRIGORÍFICAS

• (KCAL/H, EN W, O EN KW).

➤ LA COSTUMBRE HACE QUE A ESTOS TÉRMINOS LOS LLAMEMOS CALORES.

➤ PARA MANTENER FRÍA UNA CÁMARA Y TODO LO QUE ESTÁ CONTENIDO EN ELLA, ES NECESARIO EXTRAER EL CALOR INICIAL Y DESPUÉS EL QUE PUEDA IR ENTRANDO EN LA CÁMARA, POR BIEN AISLADA QUE ESTÉ

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_{\text{PRODUCTOS}} + Q_{\text{OTRAS FUENTES}}$$

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA A ELIMINAR PROCEDENTE DE :

QPRODUCTOS

- Calor sensible
- Calor latente de solidificación
- Reacciones químicas,
- Embalaje
- Calor absorbido para la congelación del agua de los alimentos o productos que se desea refrigerar.

**QOTRAS
FUENTES**

CARGA TÉRMICA PROCEDENTE DE:

- Flujos de calor a través de los cerramientos (paredes, suelo y techo)
- Refrigeración para el aire exterior que se introduce
- Ventilación
- Cargas térmicas debidas a ventiladores, bombas, iluminación eléctrica, personas que manipulan los productos

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

QPRODUCTOS

1) CARGA TÉRMICA PARA REFRIGERAR O CONGELAR Q_{RPD} / Q_{CPD}

**QOTRAS
FUENTES**

2) CARGA TÉRMICA POR ENTRADA CALOR CERRAMIENTO Q_c

3) CARGA TÉRMICA POR ENTRADA DE CALOR POR RENOVACIÓN AIRE Q_A

4) CARGA TÉRMICA SERVICIO INTERNO (motor, iluminación...) Q_{si}

5) CARGA TÉRMICA POR ENTRADA PERSONAS Q_P

6) FACTOR DE SEGURIDAD F_s

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

$$Q_T = (Q_{RPD} - Q_{CPD}) + Q_C + Q_A + Q_{si} + Q_P$$

$$Q_F = (24/t_f) \times Q_T \times (1+Fs)$$

t_f = horas funcionamiento

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ EJEMPLO CÁLCULO CARGAS TÉRMICAS EN REFRIGERACIÓN

DATOS GENERALES DE LA CÁMARA Y PRODUCTO			
DIMENSIONES Y EQUIPOS AUXILIARES		SITUACIÓN, PRODUCTO Y USO	
Largo: La (m)	10	Situación	Valencia
Ancho: An (m)	5	Producto que refrigerar	Naranjas
Alto: Al (m)	3	Período de estancia (Largo/corto)	Largo
Volumen: Vcam (m3)	150	Masa producto: m (kg)	Desconocida
Volumen utilizado: u%	90	Material de embalaje	Palés de madera
Motores evaporadores	500 w	Rotación diaria producto y emablaje: r %	10
Horas/día motores	misma equipo	Temperatura inicial producto y emabalaje : t1(°C)	20
Pot desescarche	2,4 Kw	Personas usuarias que entran en cámara	4
Nº desescarches/ día	4	Horas/ día de permanencia en su interior	2
Tiempo desescarche	10 min	Horas funcionamiento del equipo frigorífico	18
Pot iluminación (led)	15 w/m2	Horas/ día iluminación	10
Dalmacen	140 kg/ m3	Densidad aire	1.2 kg/m3
Rendimiento	80%	Calor específico	3.81 kJ/kg°C

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA PARA REFRIGERAR PRODUCTO Q_{RPD}

Para la cámara planteada, en esta carga térmica englobaremos:

- Calor que evacuar debido a la refrigeración del producto Q_{RP}
- Calor que evacuar debido a la refrigeración del embalaje Q_{remb}
- Calor que evacuar debido a la respiración (fruta) Q_{res}

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ **CARGA TÉRMICA PARA REFRIGERAR PRODUCTO Q_{RPD}**

- Calor que evacuar debido a la refrigeración del producto **Q_{RP}**

Estando en una situación de refrigeración, tenemos que hablar de un calor de tipo sensible, puesto que no existe un cambio de estado:

$$Q_{RP} = (r \times m) \times C_{esp} \times \Delta T$$

- **r = rotación diaria de producto**
- **Temperaturas y C_{esp} sacamos de tablas de producto**
- **Si no poseemos datos de masa, se saca de estiba o densidad de producto (kg/m³)**

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA PARA REFRIGERAR O CONGELAR PRODUCTO Q_{RPD}

- Calor que evacuar debido a la refrigeración del producto Q_{RP}

$$D_{almacen} = \frac{m}{V}$$

- $V = (L \times Al \times An) \times u$ (volumen uso)

- $V = (10 \times 5 \times 3) \times 0,9 = 135 \text{ m}^3$

➤ Despejamos y calculamos m

$$m = V \times D_{almacén}$$

- $m = 135 \times 140 = 18.900 \text{ kg}$

$$Q_{RP} = (r \times m) \times C_{esp} \times \Delta T$$

$$Q_{RP} = (0,1 \times 18.900) \times 3,81 \times (20-4) = 115.214 \text{ Kj/día}$$

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

- **CARGA TÉRMICA PARA REFRIGERAR O CONGELAR PRODUCTO** Q_{RPD}
- Calor que evacuar debido a la refrigeración del embalaje Q_{Remb}

Del mismo modo que la refrigeración del producto, este embalaje solamente sufre una variación de temperatura.

- Para el embalaje es muy habitual desconocer su masa, por ello se estima una masa de embalaje entorno al 5% de la masa del producto:

$$Q_{Remb} = (r \times m_{emb}) \times C_{emb} \times \Delta T$$

➤ CARGA TÉRMICA PARA REFRIGERAR O CONGELAR PRODUCTO Q_{RPD}

- Calor que evacuar debido a la refrigeración del embalaje Q_{Remb}

$$m_{emb} = 0.05 \times 18.900 = 945 \text{ kg}$$

$$Q_{Remb} = (r \times m_{emb}) \times C_{emb} \times \Delta T$$

$$Q_{Remb} = (0,1 \times 945) \times 2,72 \times (20-4)$$

$$Q_{Remb} = 4.113 \text{ Kj/día}$$

MATERIAL	Cemb (kj/kg°C)
PALÉS DE MADERA	2.72
CAJAS DE CARTÓN	1.85
CAUCHO	2
ENVASES DE CORCHO	3.75
PAPEL	1.35
ENVASE DE VIDRIO	0.88
BANDEJAS DE ALUMINIO	0.88
CAJAS DE PLÁSTICO	1.8

Calor específico embalajes

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA PARA REFRIGERAR O CONGELAR PRODUCTO Q_{RPD}

- Calor que evacuar debido a la respiración (fruta) Q_{res}

$$Q_{Res} = m_{prod} \times L_{res}$$

Donde **L_{res} (KJ/ Kg día)** es calor de respiración de vegetales y frutas (Valores tabulados)

$$Q_{Res} = 18.900 \times 9,21 = 174.069 \text{ kj/día}$$

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA PARA REFRIGERAR O CONGELAR PRODUCTO Q_{RPD}

- Finalmente podemos calcular la carga térmica para refrigerar el producto:

$$Q_{RPD} = Q_{RP} + Q_{remb} + Q_{res}$$

$$Q_{RPD} = 115.214 + 4.113 + 174.069 = 293.396 \text{ Kj/día}$$

- Necesitamos expresar esta carga térmica en unidades de potencia frigorífica



W

$$293.396 / 86400 = 3,396 \text{ kW}$$

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA POR ENTRADA CALOR CERRAMIENTO Q_c

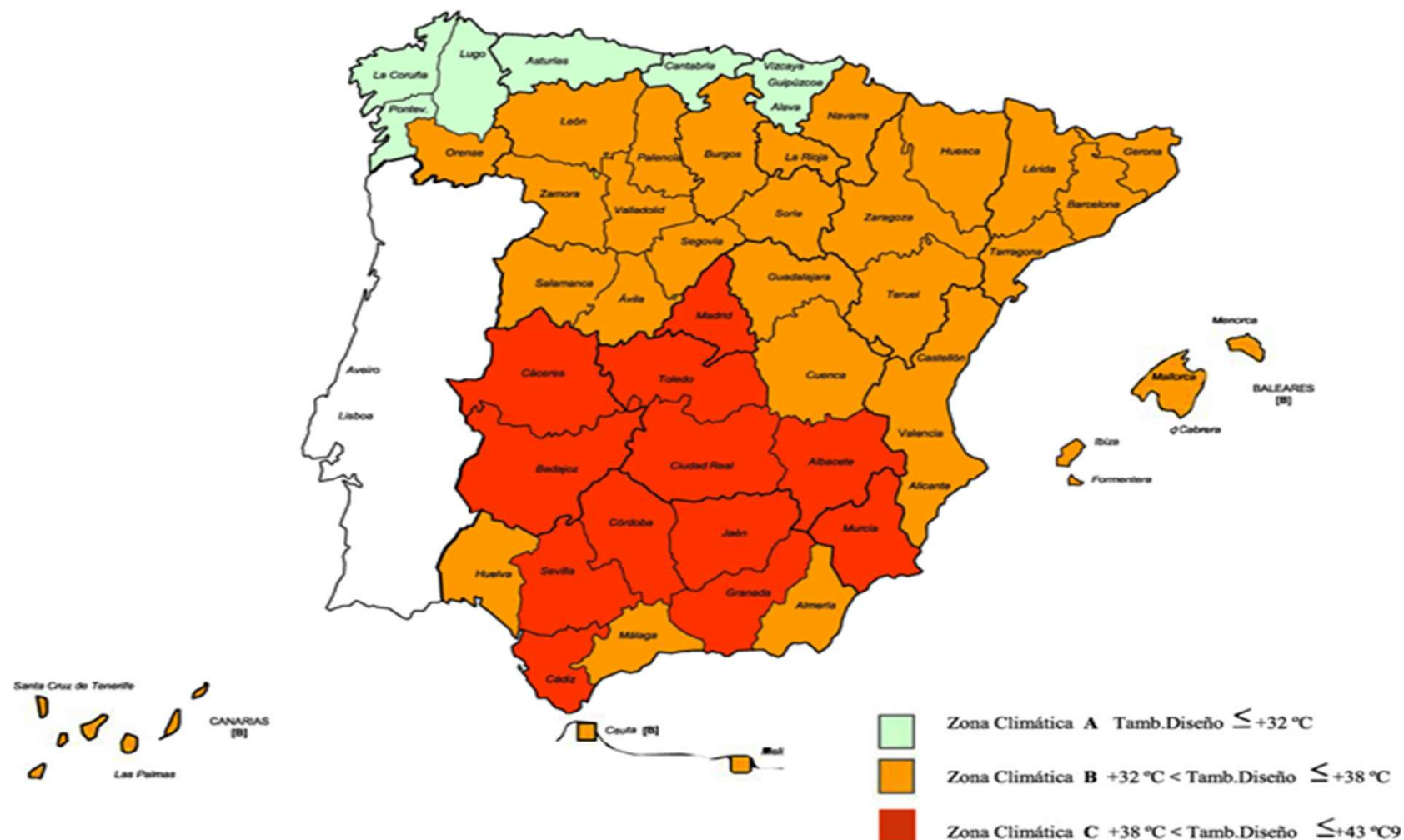
- En primera instancia tenemos que calcular el espesor mínimo de nuestro cerramiento:

$$e_{\min} = \frac{\lambda \times \Delta T}{\Phi} \left\{ \begin{array}{l} \bullet \lambda \text{ coeficiente de conductividad del material aislante empleado} \\ \bullet \Delta T \text{ Variación de temperatura (T}^a \text{ diseño (RESIF) – T}^a \text{ refrigeración)} \\ \bullet \Phi \text{ Perdida unitaria admisible (W/m}^2 \text{) (valor tabulado)} \end{array} \right.$$

COEFICIENTES CONDUCTIVIDAD AISLANTES/ PÉRDIDA ADMISIBLE

MATERIAL	λ (W/m°C)
POLIURETANO INYECTADO	0.019
POLIURETANO	0.023
POLIESTIRENO	0.029
FIBRA MINERAL	0.031
POLIESTIRENO EXTRUIDO	0.033
FIBRA DE CORCHO/MADERA	0.041
PÉRDIDA UNITARIA ADMISIBLE Φ (W/m²)	
CÁMARA REFRIGERACIÓN	ENTRE 7 Y 8
CÁMARA CONGELACIÓN	ENTRE 6 Y 7

Mapa de zonas climáticas



3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA POR ENTRADA CALOR CERRAMIENTO Q_c

- En primera instancia tenemos que calcular el espesor mínimo de nuestro cerramiento:

$$e_{\min} = \frac{\lambda \times \Delta T}{\Phi}$$

- $\lambda = 0.023 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ para el poliuretano (tabla)
- ΔT Para valencia media entre 38 y 32, siendo 35° C y se le resta la del producto en cámara 4° C .
- $\Delta T = 35 - 4 = 31^\circ \text{ C}$
- Φ **7 W/m²** (valor tabulado) para cámaras frigoríficas

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA POR ENTRADA CALOR CERRAMIENTO Q_c

- En primera instancia tenemos que calcular el espesor mínimo de nuestro cerramiento:

$$e \min = \frac{0,023 \times 31}{7} = 0.102 \text{ m}$$

Sabiendo el espesor mínimo de nuestro cerramiento, nos vamos a un catálogo de fabricante.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS										
Espesor (mm)		60	80	100	120	140	160	180	200	
Coeficiente de transmisión térmica (k)	Kcal/h m ² °C	0.270	0.200	0.160	0.130	0.120	1.100	0.090	0.080	
	W/m ² °C	0.318	0.241	0.194	0.162	0.140	0.122	0.109	0.098	
Peso del panel - 0.5/0.5mm		kg/m ²	11.32	12.12	12.92	13.72	14.52	15.32	16.12	16.92

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA POR ENTRADA CALOR CERRAMIENTO Q_c

- De este catálogo podemos utilizar el panel de espesor 0,10 m debido a que el espesor mínimo es muy próximo
- Este espesor de 0,10 m posee un valor de $U = 0,194 \text{ W/m}^2\text{°C}$

$$Q_c = U \times A \times \Delta T$$

- Para el valor de A tenemos que realizar un cálculo que englobe paramentos, suelo y techo:

$$A = 2 \times [(\text{Largo} \times \text{Alto}) + (\text{Ancho} \times \text{Alto}) \times (\text{Largo} \times \text{Ancho})]$$

$$A = 2 \times [(10 \times 3) + (5 \times 3) \times (10 \times 5)] = 190 \text{ m}^2$$

RECUERDA

- ✓ Para calcular la superficie total los cerramientos de la cámara frigorífica se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$S = 2 [(alto \cdot largo) + (ancho \cdot alto) + (largo \cdot ancho)]$$



Figura 6.7
Dimensiones
de una cámara frigorífica.
(Fuente: Danfoss).

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA POR ENTRADA CALOR CERRAMIENTO Q_c

$$Q_c = U \times A \times \Delta T$$

$$Q_c = 0,192 \times 190 \times 31 = 1.129 \text{ W} \rightarrow 1,129 \text{ kW}$$

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA POR ENTRADA DE CALOR POR RENOVACIÓN AIRE Q_A

$$Q_a = \frac{V_{cam} \times N^{\circ}r \times \text{Densidad aire} \times (h_{ex} - h_{in})}{\text{tiempo (1 día = 86400 s)}}$$

- **Vcam** es volumen de la cámara (m³)
- **N°r** es el número de renovaciones de aire/día (valor tabulado)
- **Hex** es la entalpia específica del aire exterior
- **Hin** es la entalpia específica del aire interior.

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA POR ENTRADA DE CALOR POR RENOVACIÓN AIRE Q_A

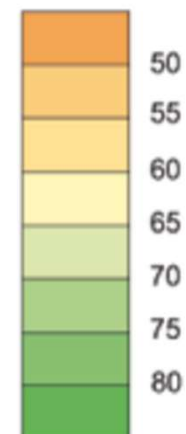
- Para el cálculo de las entalpías es necesario aplicar una fórmula:

$$h_{ex} = T^a \text{ diseño exterior} + (e \times W_s/1000) \times (2490 + 1,96 \times T^{a\text{ext}})$$

- **e** Humedad relativa del aire exterior (mapa) valor en tanto por uno y para aire interior, usar la humedad relativa del producto
- **Ws** contenido específico de agua del aire exterior saturado. (valor tabulado)



HUMEDAD RELATIVA
(%)



MAPA PARA EXTRAER DATOS DE HUMEDAD RELATIVA

T ^a (°C)	ws(g/g _{as})	T ^a (°C)	ws(g/g _{as})	T ^a (°C)	ws(g/g _{as})	T ^a (°C)	ws(g/g _{as})
50	86.2	27	22.7	4	5.03	-19	0.69
49	81.6	26	21.4	3	4.70	-20	0.63
48	77	25	20.1	2	4.37	-21	0.57
47	73	24	18.8	1	4.08	-22	0.52
46	68.9	23	17.7	0	3.78	-23	0.47
45	65.1	22	16.6	-1	3.46	-24	0.42
44	61.3	21	15.7	-2	3.17	-25	0.39
43	58.1	20	14.70	-3	2.98	-26	0.36
42	54.8	19	13.80	-4	2.68	-27	0.32
41	51.8	18	12.90	-5	2.46	-28	0.28
40	48.8	17	12.15	-6	2.26	-29	0.26
39	46.2	16	11.40	-7	2.07	-30	0.23
38	43.5	15	10.69	-8	1.91	-31	0.21
37	41.2	14	9.97	-9	1.75	-32	0.19
36	38.8	13	9.36	-10	1.61	-33	0.17
35	36.6	12	8.75	-11	1.45	-34	0.15
34	34.4	11	8.19	-12	1.33	-35	0.13
33	32.5	10	7.63	-13	1.21		
32	30.6	9	7.14	-14	1.11	-40	0.08
31	28.9	8	6.65	-15	1.01		
30	27.2	7	6.22	-16	0.92	-45	0.04
29	25.6	6	5.79	-17	0.83		
28	24	5	5.41	-18	0.76	-50	0.02

TABLA CONTENIDO DE AUGA EN AIRE SATURADO (WS)

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA POR ENTRADA DE CALOR POR RENOVACIÓN AIRE Q_A

- Para el cálculo de las entalpías es necesario aplicar una fórmula:

$$h_{ex} = 35 + 0.7 \times (36.6/1000) \times (2490 + 1,96 \times 35)$$

$$h_{ex} = 100,55 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{int} = 4 + 0.9 \times (5,03/1000) \times (2490 + 1,96 \times 4)$$

$$h_{int} = 17,34 \text{ kJ/kg}$$

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA POR ENTRADA DE CALOR POR RENOVACIÓN AIRE Q_A

$$Q_a = \frac{V_{cam} \times N^{\circ}r \times Densidad\ aire \times (h_{ex} - h_{in})}{tiempo\ (1\ día = 86400\ s)}$$

CARGA TÉRMICA SERVICIO INTERNO (motor,
iluminación...) Q_{si}

$$Q_a = \frac{150 \times 7 \times 1,2 \times (100,55 - 17,34)}{86400}$$

$$Q_A = 1,213\ kW$$

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ **CARGA TÉRMICA SERVICIO INTERNO (motor, iluminación...) Q_{si}**

EN NUESTRO CASO EL CALOR A TENER EN CUENTA DE NUESTROS EQUIPOS, DEPENDE DE:

- **MOTORES INTERIORES (evap/cond) Q_m**
- **ILUMINACIÓN Q_i**
- **DESESCARCHE Q_d**

$$Q_{si} = Q_m + Q_i + Q_d$$

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA SERVICIO INTERNO (motor, iluminación...) Q_{si}

• MOTORES INTERIORES Q_m

$$Q_m = P_m \times \left[\left(\frac{1}{rendimiento} \right) - 1 \right] \times \left(\frac{t_{func}}{24} \right)$$

- P_m Potencia útil (kW)
- Rendimiento (tanto por uno)
- t_{func} horas uso cámara

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA SERVICIO INTERNO (motor, iluminación...) Q_{si}

• MOTORES INTERIORES Q_m

$$Q_m = 0,5 \times \left[\left(\frac{1}{0,8} \right) - 1 \right] \times \left(\frac{18}{24} \right) = 0,094 \text{ kW}$$

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA SERVICIO INTERNO (motor, iluminación...) Q_{si}

• ILUMINACIÓN Q_i

$$Q_m = P_i \times \left[\left(\frac{1}{rendimiento} \right) - 1 \right] \times \left(\frac{tilum}{24} \right)$$

• P_i Potencia iluminación (kW)

• Rendimiento (tanto por uno)

LED = 0.9 FLUORESCENTE = 0,7

• $tilum$ horas iluminación cámara

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA SERVICIO INTERNO (motor, iluminación...) Q_{si}

- ILUMINACIÓN Q_i

- P_i Potencia iluminación (kW) 15 W/m² Tenemos que calcular para la superficie completa de la cámara

$$P_i = 15 \times (10 \times 5) = 750 \text{ W} \rightarrow 0,75 \text{ kW}$$

$$Q_i = 0,75 \times \left[\left(\frac{1}{0,9} \right) - 1 \right] \times \left(\frac{10}{24} \right) = 0,035 \text{ kW}$$

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA SERVICIO INTERNO (motor, iluminación...) Q_{si}

• DESESCARCHE Q_d

EL DESESCARCHE NO SERÍA NECESARIO PARA CÁMARAS CON TEMPERATURAS SUPERIORES A 1°C. EN ESTE CASO, TENIENDO POTENCIA DE DESESCARCHE, PARA UN DIMENSIONADO MÁS APROXIMADO SE TIENE EN CUENTA.

$$Q_d = Pd \times nd \times \left(\frac{td}{60 \times 24} \right)$$

- Pd Potencia total resistencias (kW)
- nd número de desescarches/día
- td tiempo desescarche

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA SERVICIO INTERNO (motor, iluminación...) Q_{si}

• DESESCARCHE Q_d

$$Q_d = 2,4 \times 4 \times \left(\frac{10}{60 \times 24} \right) = 0,067 \text{ kW}$$

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA SERVICIO INTERNO (motor, iluminación...) Q_{si}

• CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA Q_{si} :

$$Q_{si} = Q_m + Q_i + Q_d$$

$$Q_{si} = 0,094 + 0,067 + 0,035 = 0,196 \text{ kW}$$

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA POR ENTRADA PERSONAS Q_p

$$Q_p = N^{\circ}p \times \left(\frac{\Phi p}{d} \right) \times \left(\frac{tp}{24} \right)$$

- $N^{\circ}p$ número de personas que entran
- $\Phi p/d$ carga térmica persona/ día (W)
- tp tiempo permanencia persona (h)

TEMPERATURA CÁMARA(°C)	CARGA TÉRMICA PERSONA Φ_p /día (W)
10	210
5	240
-5	270
-10	300
-15	360
-20	390
-25	420

CARGA TÉRMICA POR ENTRADA DE PESSOAS

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA POR ENTRADA PERSONAS Q_p

$$Q_p = N^o p \times \left(\frac{\Phi p}{d} \right) \times \left(\frac{tp}{24} \right) = 4 \times (240) \times (2/24) = 0,08 \text{ kW}$$

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA TOTAL Q_t

$$Q_T = Q_{RPD} + Q_C + Q_A + Q_{si} + Q_P$$

$$Q_T = 3,396 + 1,129 + 1,213 + 0,196 + 0,08 =$$

$$Q_T = 6,014 \text{ kW}$$

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ POTENCIA FRIGORÍFICA Q_t

$$Q_F = (24/t_f) \times Q_T \times (1+Fs)$$

t_f = horas funcionamiento

Fs = Factor seguridad

$$Q_F = (24/18) \times 6,014 \times (1+0,1)$$

$$Q_F = 8,820 \text{ kW}$$

3.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

**REALIZAMOS TF2 DIMENSIONADO CÁMARA
FRIGORÍFICA**

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ EJEMPLO CÁLCULO CARGAS TÉRMICAS EN CONGELACIÓN

- LA DIFERENCIA ENTRE DIMENSIONAR UNA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN Y UNA DE CONGELACIÓN , TIENE QUE VER CON LAS CARGA TÉRMICA RELATIVAAL PRODUCTO:
- APARECE UN CALOR LATENTE PARA CONGELAR EL PRODUCTO
- SE CONTEMPLA UN SEGUNDO CALOR SENSIBLE DESDE EL PUNTO DE CONGELACIÓN HASTA LA TEMPERATURA FINAL

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA PARA CONGELAR PRODUCTO Q_{CPD}

Para la cámara planteada, en esta carga térmica englobaremos:

- Calor que evacuar debido a la refrigeración-congelación del producto Q_{CP}
- Calor que evacuar debido a la refrigeración del embalaje Q_{remb}
- Calor que evacuar debido a la respiración (fruta) Q_{res}

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA PARA CONGELAR PRODUCTO Q_{CPD}

- Calor que evacuar debido a la refrigeración del producto Q_{CP}

Como hemos descrito anteriormente, este calor depende de tres procesos:

$$Q_{CP} \left\{ \begin{array}{l} \bullet Q_{S1} = (r \times m) \times C_{esp} \times \Delta T \\ \bullet Q_L = (r \times m) \times C_{LAT} \\ \bullet Q_{S1} = (r \times m) \times C_{esp} \times \Delta T \end{array} \right.$$

- r = rotación diaria de producto
- Temperaturas y C_{esp} C_{lat} sacamos de tablas de producto
- Si no poseemos datos de masa, se saca de estiba o densidad de producto (kg/m³)

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA PARA CONGELAR PRODUCTO Q_{CPD}

$$Q_{CPD} = Q_{CP} + Q_{femb} + Q_{res}$$

- El calor que evacuar debido a la respiración (fruta/verduras) solo se contempla en los casos relativos a estos tipos de productos

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA POR ENTRADA CALOR CERRAMIENTO Q_c

- En primera instancia tenemos que calcular el espesor mínimo de nuestro cerramiento:

$$e_{\min} = \frac{\lambda \times \Delta T}{\Phi} \left\{ \begin{array}{l} \bullet \lambda \text{ coeficiente de conductividad del material aislante empleado} \\ \bullet \Delta T \text{ Variación de temperatura (T}^a \text{ diseño (RESIF) – T}^a \text{ refrigeración)} \\ \bullet \Phi \text{ Perdida unitaria admisible (W/m}^2 \text{) (valor tabulado)} \end{array} \right.$$

- #### ➤ CON EL VALOR DE E_{\min} OBTENEMOS EL VALOR DE LA TRANSMITANCIA U Y PODEMOS CALCULAR:

$$Q_c = U \times A \times \Delta T$$

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA POR ENTRADA DE CALOR POR RENOVACIÓN AIRE Q_A

$$Q_a = \frac{V_{cam} \times N^{\circ}r \times \text{Densidad aire} \times (h_{ex} - h_{in})}{\text{tiempo (1 día = 86400 s)}}$$

- **Vcam** es volumen de la cámara (m³)
- **N°r** es el número de renovaciones de aire/día (valor tabulado)
- **Hex** es la entalpia específica del aire exterior
- **Hin** es la entalpia específica del aire interior.

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ **CARGA TÉRMICA SERVICIO INTERNO (motor, iluminación...) Q_{si}**

EN NUESTRO CASO EL CALOR A TENER EN CUENTA DE NUESTROS EQUIPOS, DEPENDE DE:

- **MOTORES INTERIORES (evap/cond) Q_m**
- **ILUMINACIÓN Q_i**
- **DESESCARCHE Q_d**

$$Q_{si} = Q_m + Q_i + Q_d$$

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA SERVICIO INTERNO (motor, iluminación...) Q_{si}

• MOTORES INTERIORES Q_m

$$Q_m = P_m \times \left[\left(\frac{1}{rendimiento} \right) - 1 \right] \times \left(\frac{t_{func}}{24} \right)$$

- P_m Potencia útil (kW)
- Rendimiento (tanto por uno)
- t_{func} horas uso cámara

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA SERVICIO INTERNO (motor, iluminación...) Q_{si}

• ILUMINACIÓN Q_i

$$Q_m = P_i \times \left[\left(\frac{1}{rendimiento} \right) - 1 \right] \times \left(\frac{tilum}{24} \right)$$

• P_i Potencia iluminación (kW)

• Rendimiento (tanto por uno)

LED = 0.9 FLUORESCENTE = 0,7

• $tilum$ horas iluminación cámara

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA SERVICIO INTERNO (motor, iluminación...) Q_{si}

• DESESCARCHE Q_d

EL DESESCARCHE NO SERÍA NECESARIO PARA CÁMARAS CON TEMPERATURAS SUPERIORES A 1°C. EN ESTE CASO, TENIENDO POTENCIA DE DESESCARCHE, PARA UN DIMENSIONADO MÁS APROXIMADO SE TIENE EN CUENTA.

$$Q_d = Pd \times nd \times \left(\frac{td}{60 \times 24} \right)$$

- Pd Potencia total resistencias (kW)
- nd número de desescarches/día
- td tiempo desescarche

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA POR ENTRADA PERSONAS Q_p

$$Q_p = N^{\circ}p \times \left(\frac{\Phi p}{d} \right) \times \left(\frac{tp}{24} \right)$$

- $N^{\circ}p$ número de personas que entran
- $\Phi p/d$ carga térmica persona/ día (W)
- tp tiempo permanencia persona (h)

3.CARGAS TÉRMICAS REFRIGERACIÓN

➤ CARGA TÉRMICA TOTAL Q_t

$$Q_T = Q_{CPD} + Q_C + Q_A + Q_{si} + Q_P$$

$$Q_F = (24/t_f) \times Q_T \times (1+Fs)$$

t_f = horas funcionamiento

Fs = Factor seguridad

3.CÁLCULO TRANSMISIÓN DE CALOR

**REALIZAMOS TS.1 DIMENSIONADO
CÁMARA CONGELACIÓN MEDIANTE HOJA
DE CÁLCULO**