

Cálculo de cargas térmicas.

Caso práctico: la importancia del aislamiento térmico

Habrás visto que cada día se realizan viviendas en las que anuncia un consumo energético casi nulo. Ello puede resultar sorprendente en climas fríos, cuando sabemos que hace años y todavía hoy en algunas viviendas poco eficientes, la factura de la luz, del gas o de gasóleo es bastante elevada. Seguramente te preguntarás que cómo es posible que algunas nuevas viviendas reduzcan el consumo energético a valores casi ridículos en comparación con otras viviendas construidas en la década de los años 70 del siglo pasado. La explicación la podemos ver en este vídeo, con ayuda del [programa Energy2D](#). Un consumo térmico casi nulo obliga a un **buen aislamiento térmico** (sin puentes térmicos, buenas ventanas y bajos valores de transmitancia), a una **elevada hermeticidad** (que no haya infiltraciones de aire), al uso de **sistemas eficientes** (recuperadores de calor) y al **aprovechamiento de energías renovables**.

Descárgate este programa, si no lo has hecho ya, y experimenta tú mismo con el caso práctico que se ilustra en este vídeo. O, incluso, puedes diseñar una construcción propia sencilla en la que puedas valorar la influencia de distintas soluciones de aislamientos y propiedades de los cerramientos en la transmisión de calor y aprovechamiento energético.

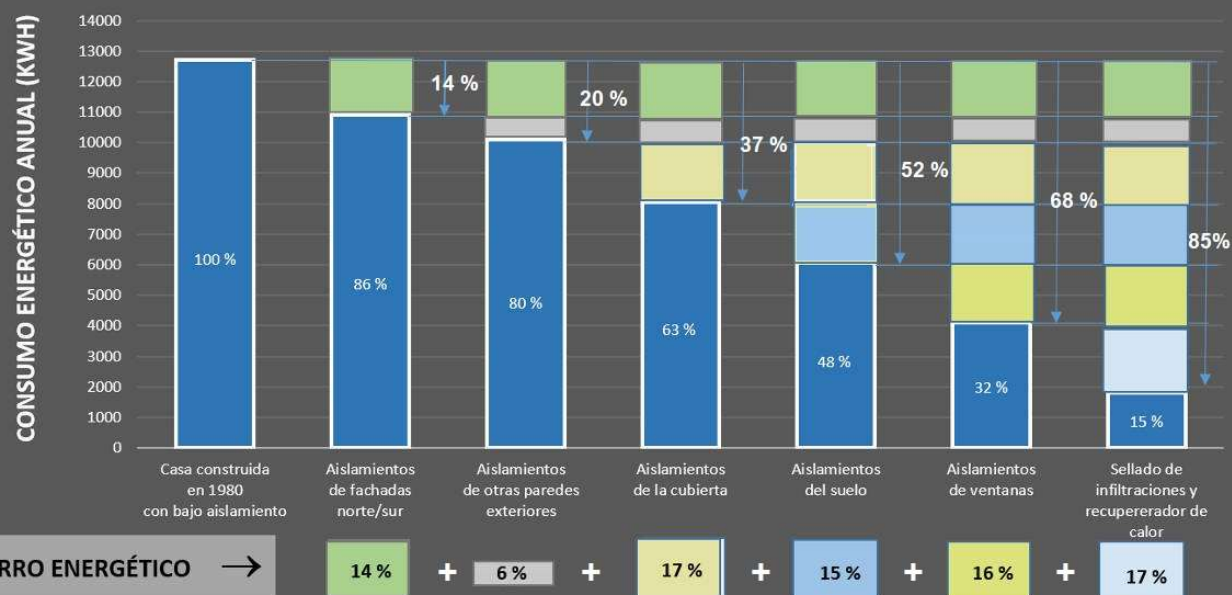
https://www.youtube.com/embed/iu_3aGSb5No?amp;showinfo=0&rel=0

Simulación del aislamiento en vivienda

Una **carga térmica** es la cantidad de energía térmica por unidad de tiempo (potencia térmica) que un recinto cerrado intercambia con el exterior debido a las diferentes condiciones higrotérmicas del interior y del exterior, considerando las exteriores como las más desfavorables posible. El cálculo de estas cargas permite disponer los sistemas adecuados de calefacción o refrigeración para compensarlas (reponer el calor perdido en invierno y extraer el calor ganado en verano). En la unidad anterior hemos realizado algunos cálculos para determinar estas potencias térmicas parciales en algunos casos simples y en esta unidad vamos sistematizar el procedimiento de cálculo, empleando conceptos y fórmulas ya conocidas. Y no sólo eso, vamos a utilizar algún programa gratuito de cálculo.

El consumo energético, con repercusiones en el gasto económico, en las emisiones de CO₂, en el consumo de recursos o en la contaminación, está muy relacionado con el nivel de aislamiento de las viviendas. En el gráfico siguiente podemos ver el ahorro sucesivo que puede obtenerse, en kWh al año, según las mejoras en el aislamiento en una vivienda unifamiliar, de tipo medio, en un clima frío.

MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN UN CLIMA CENTROEUROPEO



Ahorro energético según distintas medidas de eficiencia térmica

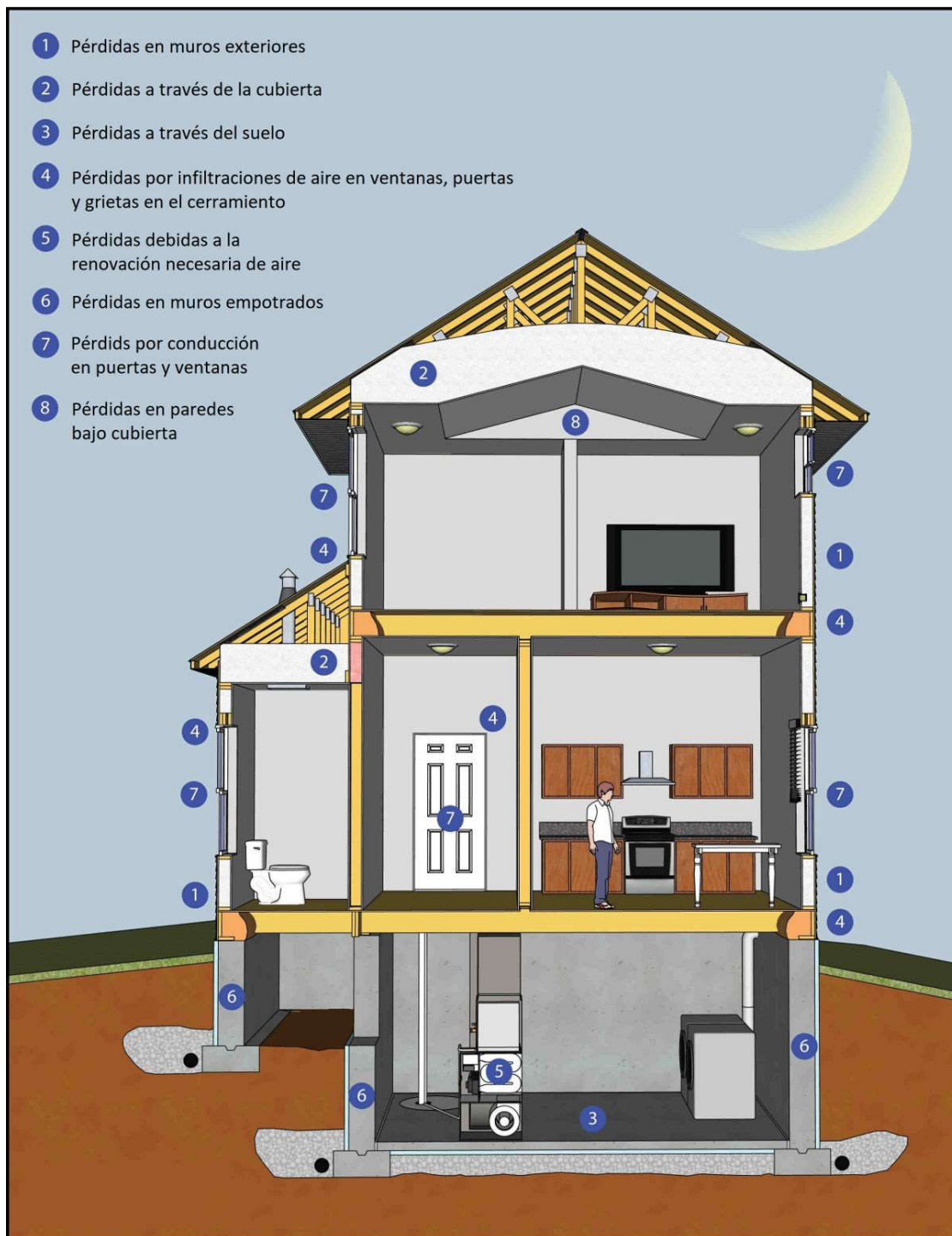


Materiales formativos de FP Online propiedad del Ministerio de Educación y Formación Profesional
[Aviso Legal](#)

1.- Cálculo de cargas térmicas en calefacción.

Caso práctico: por dónde se escapa el calor

Suponte que debes realizar un informe sobre los posibles ahorros energéticos que pueden obtenerse en invierno con la mejora del aislamiento de una vivienda unifamiliar. La primera pregunta que, obviamente, tendrás que hacerte es por donde perdemos la energía. La imagen siguiente te puede ayudar a responder a esta duda.



Pérdidas de calor en una vivienda

Por **cálculo de cargas térmicas** se entiende el proceso de determinar la cantidad de calor que hay que extraer o aportar a un local de unas determinadas características, y situado en una zona determinada, para mantener su interior en unas condiciones de confort para las personas. Lógicamente, si un local no dispone de climatización, su temperatura tenderá a adaptarse a la del ambiente.

En el momento que queremos que su temperatura se mantenga en un valor distinto al del exterior, y a voluntad de sus ocupantes, hay que introducir o

extraer calor del local al exterior. Recordemos que el calor fluye del cuerpo más caliente al más frío, y por ello, al crear una diferencia de temperatura entre el local y el exterior se inicia una transferencia de calor por las paredes, suelos, ventanas, y aire de ventilación, que tiende de nuevo a igualar su temperatura con el exterior.

Al final se alcanza un equilibrio entre la potencia del equipo acondicionador, y las transmisiones que, por las paredes, techo, etc., tienden a restablecer la temperatura inicial. En ambos casos la potencia térmica que entra o sale del local la llamamos “pérdidas o ganancias de calor”, y hay que calcularlas para determinar la potencia del aparato calefactor o climatizador a instalar. El total de calor necesario, a introducir o sacar del local, lo denominaremos “demanda térmica” del local y hay al menos tres datos fundamentales necesarios:

- **Condiciones higrotérmicas interiores**, que dependen del uso del local o vivienda. Ha sido tratada en la unidad de trabajo anterior y está basada en la norma-informe UNE-CR 1752, que ha incorporado la norma UNE-EN ISO 7730, y a las que se alude en el RITE. En las viviendas utilizamos el Código Técnico de la Edificación como referencia.
- **Condiciones higrotérmicas exteriores**, que dependen de la zona en la que se ubique, si es más fría o calurosa. Tenemos bases de datos, documentos oficiales y programas informáticos que registran estas temperaturas de forma sistemática.
- **Condiciones de los cerramientos y huecos del local**, si está más o menos aislado térmicamente. Se ha tratado también en las dos unidades anteriores.
- **Condiciones de ocupación de los espacios**. Especialmente, calendario y horarios, número de personas, actividad que realizan, otras cargas internas, etc.

Las pérdidas de calor a considerar en una instalación de calefacción se pueden clasificar en:

- **Pérdidas de calor por ventilación e infiltraciones**: Estas pérdidas se corresponden con las pérdidas de calor debidas a extracciones y entradas de aire en el proceso de ventilación del local, así como a las infiltraciones de aire por rendijas en puertas, ventanas etc. Se toma el mayor valor de los dos (necesidades de ventilación o infiltraciones producidas).
- **Pérdidas de calor por transmisión a través de los cerramientos**: Se corresponden con las pérdidas a través de paredes (interiores y exteriores), ventanas, puertas, suelos, techos. Este dato se encuentra recogido en el proyecto de la vivienda, aunque puede determinarse si no se tiene acceso a él según el procedimiento de cálculo mostrado en la unidad de trabajo anterior.
- **Suplementos**: Al margen de las pérdidas de calor por transmisión e infiltraciones de aire hay que tener en cuenta los coeficientes por orientación y los coeficientes por intermitencia del suministro.

Por otra parte también tendremos ganancias de calor que se corresponden con las posibles aportaciones ocasionadas por la radiación solar, las personas, iluminación y equipos eléctricos entre otros. Estas cargas favorables, salvo que sean muy significativas y constantes en el tiempo, no las tendremos en cuenta en cálculos de calefacción, más allá de aplicar algún suplemento por orientación. Ello es lógico, debido a que la calefacción debe ser capaz de mantener las condiciones sin esta "ayuda" térmica (personas, lámparas, equipos informáticos,

radiación a través de ventanas). En resumen, los datos de partida que utilizaremos y explicaremos a continuación, serán:

1. Condiciones climáticas externas: temperatura y humedad
2. Características constructivas del local-vivienda
3. Condiciones internas de uso: temperatura, humedad y uso
4. Exigencias reglamentarias: CTE y RITE

A partir de estos datos, se pueden emplear diferentes métodos para el cálculo de las distintas cargas térmicas

Procedimientos de cálculo de cargas térmicas Simplificado

Hoja de cálculo simple o completa Programas informáticos.

Analítico no automatizado

Procedimientos de cálculo de cargas térmicas

El proceso de cálculo de la carga térmica de un local o espacio habitado puede hacerse de forma más o menos precisa, generalmente según la importancia de la instalación o el compromiso de funcionamiento requerido. Básicamente, podemos diferenciar los cuatro métodos siguientes:

- Cálculo **simplificado**, por superficie y uso del local.
- Cargas térmicas mediante **hoja de cálculo** simple o completa
- Cálculo de cargas térmicas con **programas informáticos**.
- Cálculo de cargas térmicas mediante **procedimientos analíticos no automatizados**.

Simplificado

Cálculo simplificado, por superficie y uso del local. Para elegir un climatizador en un salón de 30 m² de un edificio de viviendas no hace falta ningún cálculo, se adopta un aparato de 3 500 W, que es el modelo fabricado normalmente para esta demanda. Así mismo, para un dormitorio de una vivienda es suficiente con 1 500 o 2 000 W. En la práctica habitual es frecuente tomar datos de carga térmica de locales tipo, en los que aparece la potencia normal en W/m². Es decir, la carga térmica que necesita cada m² de superficie. Para obtener la demanda total de un local, simplemente multiplicaremos la superficie del local en m² por el factor de la tabla en vatios/m² para dicha actividad o similar:

Cargas térmicas aproximadas en viviendas (W/m²)

Orientación	SUR				NORTE			
	entre-pisos	primer piso	último piso	—	entre-pisos	primer piso	último piso	—
Piso en zona urbana								
Vivienda unifamiliar en zona rural	—	entre-pisos	primer piso	último piso	—	entre-pisos	primer piso	último piso
Clima suave	66	68	70	72	72	74	76	78
Clima frío	69	71	73	75	75	77	79	81
Clima muy frío	75	77	79	81	81	83	85	87
Clima extra frío	82	85	87	90	90	93	95	97

Tabla 1 - Vivienda CON aislamiento térmico

Orientación	SUR				NORTE			
	entre-pisos	primer piso	último piso	—	entre-pisos	primer piso	último piso	—
Piso en zona urbana								
Vivienda unifamiliar en zona rural	—	entre-pisos	primer piso	último piso	—	entre-pisos	primer piso	último piso
Clima suave	78	80	82	84	84	86	88	90
Clima frío	81	83	85	87	87	90	93	96
Clima muy frío	87	89	91	93	93	95	97	99
Clima extra frío	97	100	102	105	105	107	109	111

Tabla 2 - Vivienda SIN aislamiento térmico

Hoja de cálculo simple o completa

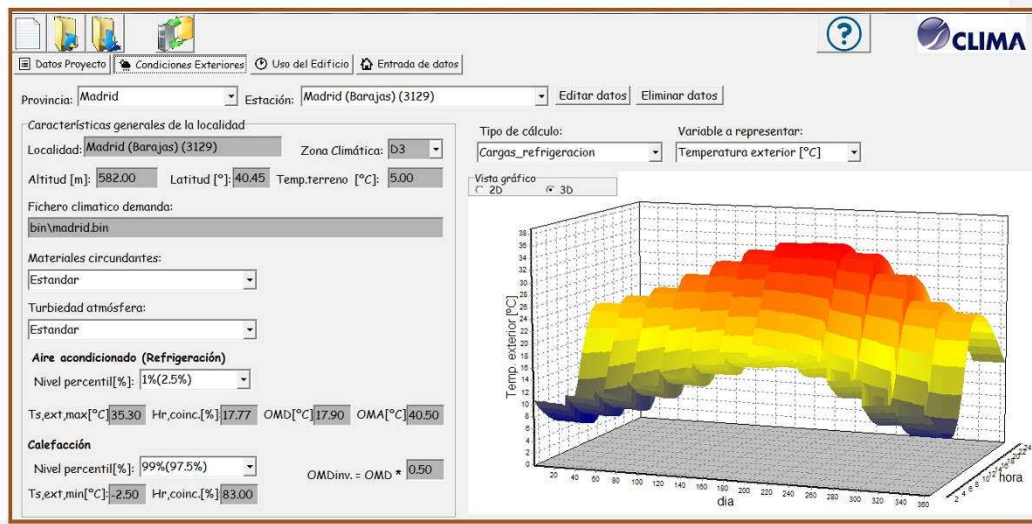
Cargas térmicas mediante hoja de cálculo simple o completa. Una hoja de cálculo, por ejemplo Excel, puede recoger todas las variables y fórmulas necesarias para el cálculo. Son hojas de cálculo, unas más sencillas que otras, que ahorran tiempo; no obstante, hay que indicar que el diseño de estas aplicaciones está hecho con unos supuestos que pueden variar de unos casos a otros (excepto en lo concerniente a los elementos reglamentarios que debieran cumplirlos todas ellas).

Ejemplo de una parte de Hoja de cálculo completa

Programas informáticos.

Cálculo de cargas térmicas con programas informáticos. Existen abundantes programas informáticos, muchos de ellos desarrollados por fabricantes de equipos y materiales para instalaciones, que tiene un uso sencillo y unos resultados inmediatos. Partiendo de la temperatura interior y exterior de proyecto, de la zona climática y de los coeficientes U (antigua K) de transmisión térmica, se calculan las cargas de cada elemento constructivo y de cada módulo o habitación, proporcionando además el caudal necesario de agua caliente que debe circular por cada radiador y el número de elementos a instalar de acuerdo con el fabricante seleccionado. Los programas independientes de fabricantes concretos suelen tener bases de datos de los principales fabricantes (Roca, Hergom, Rayco, Ferroli, Fer, etc.) y permiten imprimir la memoria de la instalación para presentar al organismo de control, cuando esta se requiere. También hay otras aplicaciones interesantes elaboradas por universidades y asociaciones profesionales, como el programa CLIMA que se verá más adelante y que puede servir para aprender a utilizar cualesquiera de estos programas.

Es importante destacar, que la base del conocimiento del uso de estos programas, más allá de las destrezas digitales para navegar por diferentes aplicaciones, tiene que ver con los conceptos vistos hasta ahora en las unidades anteriores, y los que van a tratarse en esta unidad.



Analítico no automatizado

Cálculo de cargas térmicas mediante procedimientos analíticos no automatizados. El técnico en calefacción o climatización siempre tiene que comprender los procesos térmicos en profundidad y ser capaz de

realizar un cálculo analítico allá donde sea necesario o como comprobación ante una determinada aplicación informática u hoja de cálculo que nos da unos resultados que no vemos claros. Por ello, en la formación aportada en esta unidad se tratarán las destrezas en el manejo de programas como aquellas basadas en los procedimientos analíticos (empleo de cálculos y fórmulas). Es más, un buen manejo de este tipo de cálculos garantiza en muy gran medida el empleo de programas informáticos especializados en estos cálculos.

1.1.- Temperaturas de proyecto.

Temperatura interior

El RITE, como se ha visto en la unidad de trabajo anterior, establece para los espacios habitados, las condiciones de temperaturas interiores de la tabla de más abajo. En el caso de locales e instalaciones industriales, la norma UNE_EN ISO 7730 establece algunas orientaciones para los distintos tipos de locales. También hay que tener en cuenta que las normas sobre condiciones de seguridad en centros de trabajo también obligan a que la temperatura en talleres e industrias esté dentro de los márgenes de 17 a 27 °C y una humedad relativa del 30 a 70% (exceptuando situaciones singulares derivadas de los procesos productivos; por ejemplo, un trabajador que debe almacenar género en una cámara frigorífica a 5°C deberá asumir esta temperatura en el trabajo y abrigarse convenientemente).

Temperatura interior y humedad relativa

Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Temperatura exterior

Las condiciones exteriores de temperatura y humedad relativa dependen del emplazamiento de la vivienda o edificación, y varían por tanto si estamos cerca de la costa, o en una zona de alta montaña. Además dentro de cada zona hay también variaciones locales por su orientación, viento dominante, etc. El documento de referencia para fijar las condiciones exteriores de temperatura y humedad en proyectos de climatización, es la norma UNE 100014:2004: "Climatización. Bases para el proyecto. Condiciones exteriores de cálculo", e indica los niveles de percentiles estacionales (NPE) a utilizar para el cálculo de las cargas térmicas de un edificio. Para el cálculo de las cargas térmicas máximas de invierno, las temperaturas secas a considerar son las correspondientes a los siguientes niveles:

- T_{s_99} (°C) para hospitales, clínicas, residencias de ancianos, centros de cálculo y cualquier otro espacio que el técnico proyectista considere necesario que tenga este grado de cobertura.
- $T_{s_97,5}$ (°C) para todos los tipos de edificios y espacios no mencionados anteriormente.

El documento "Condiciones climáticas exteriores", elaborado por el IDAE, aplica la norma mencionada (aunque plantea niveles de exigencia mayores, por ejemplo a hospitales, clínicas, etc. asocia el nivel percentil 99,6 y al resto el nivel 99). Los datos climáticos incluidos en la guía proceden de las 104 estaciones de la Agencia Estatal de Meteorología

que tienen registros horarios para un periodo mínimo de 10 años (periodo 1998-2007). En este documento, que puede descargarse en el enlace de más abajo, hay que tener presente que:

- Se distingue entre datos necesarios para calefacción y refrigeración, utilizando el concepto de **nivel percentil** (porcentaje de horas anuales en los que la temperatura de la localidad es sobrepasado por un cierto valor, es decir, el valor de la temperatura seca de una localidad con un nivel percentil del 0,4 supone que el 0,4 % de las horas anuales (unas 35 horas), la temperatura de dicha localidad está por encima de este valor.
- No obstante, el nivel de temperatura a utilizar siempre ha de ser evaluado por el proyectista del edificio o de sus instalaciones térmicas, de acuerdo con el cliente, buscando un balance entre el ahorro energético, confort y coste. Como es sabido, la renuncia a temperaturas interiores óptimas durante un número limitado de horas en el interior de los edificios, que además pueden ser horas de no ocupación, permite reducir de forma considerable el coste de las instalaciones y ajustar mejor su eficiencia energética. Por ejemplo, si se hicieran los cálculos con una temperatura exterior equivalente a la mínima temperatura que se ha producido en la zona en los últimos años, el dimensionamiento de la caldera, de los emisores y de los conductos, podría ser un 30 % mayor y eso supone, por un lado, una mayor coste de inversión y, por otro lado, un menor rendimiento cuando funciona a potencias más bajas que la nominal.

Algunas temperaturas de referencia del percentil 99,6 para las capitales de provincia son:

Temperaturas exteriores de proyecto

Población	Tª (°C)	Población	Tª (°C)
Albacete	-6	Lugo	-1
Alicante	6	Madrid	-2
Almería	6	Murcia	1
Ávila	-6	Orense	-2
Badajoz	0	Oviedo	-1
Barcelona	3	Palencia	-5
Bilbao	1	Pamplona	-4
Burgos	-5	Pontevedra	2
Cáceres	1	Salamanca	-6
Ciudad Real	-3	San Sebastián	-1
Córdoba	1	Santander	3
Cuenca	-6	Segovia	-6
Gerona	-2	Sevilla	2

Población	T ^a (°C)	Población	T ^a (°C)
Granada	-1	Soria	-6
Guadalajara	-3	Tarragona	2
Huelva	2	Teruel	-7
Huesca	-4	Toledo	-2
Jaén	1	Valencia	2
La Coruña	3	Valladolid	-4
León	-5	Vitoria	-4
Lérida	-4	Zamora	-4
Logroño	-2	Zaragoza	-2

Para saber más

En el siguiente enlace podrás ver un documento del IDAE en el que se recogen datos de las condiciones climáticas exteriores de proyecto.



(pdf - 2 MB)

Ejercicios resueltos

1.- Determina las temperaturas de proyecto para una instalación de calefacción en Pamplona.

Solución: La temperatura interior según el RITE estará comprendida entre 21 °C y 23 °C. Normalmente utilizaremos la menor, es decir 21 °C. En cuanto a la temperatura exterior, en la tabla corresponde a Pamplona una temperatura de proyecto de - 3,8 °C $\approx$ - 4 °C. En la siguiente tabla vemos los datos climáticos de esta ciudad. Si adoptáramos el percentil 99 %, la temperatura de cálculo sería - 2 °C. Ello significaría que durante 4 días al año (más en concreto 3,6 días) la calefacción podría no mantener la temperatura de 21 °C y podríamos quedarnos en 19 °C o 20 °C con la caldera funcionando a su potencia nominal. Como vemos, tampoco sería ningún drama, teniendo en cuenta, además, que las calderas se sobredimensionan por seguridad entre un 10 % y un 20 %.

Guía técnica

Condiciones climáticas exteriores de proyecto

Provincia	Estación	Indicativo
Navarra	Pamplona (Noain)	9263D

UBICACIÓN: AEROPUERTO

Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO

a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad
452	42° 46' 06"	01° 38' 21" W	87.600 (1998-2007)	(3) 29.200 (1998-2007)		11.680 (2006-2007)

CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)

TSMIN (°C)	TS _{99,6} (°C)	TS ₉₉ (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)
-11,6	-3,8	-2,0	10,5	87	38,4

CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)

TSMAX (°C)	TS _{0,4} (°C)	THC _{0,4} (°C)	TS ₁ (°C)	THC ₁ (°C)	TS ₂ (°C)	THC ₂ (°C)	OMDR (°C)
39,8	34,6	20,7	32,4	20,6	30,2	20,3	19,2

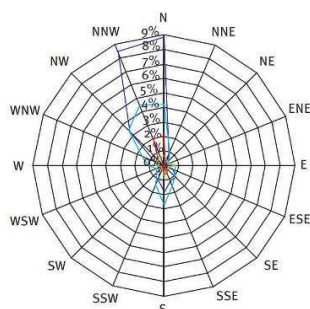
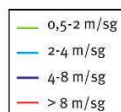
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)

TH _{0,4} (°C)	TSC _{0,4} (°C)	TH ₁ (°C)	TSC ₁ (°C)	TH ₂ (°C)	TSC ₂ (°C)
22,0	31,7	21,2	31,3	20,4	30,8

VALORES MEDIOS MENSUALES

Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD ₁₅ (°C)	GD ₂₀	GDR ₂₀	RADH (kWh/m² día)	TTERR (°C)
Enero	5,4	6,8	299	454	0		
Febrero	5,9	7,6	258	398	0		
Marzo	9,4	11,4	186	329	1		
Abril	11,0	12,9	142	274	4		
Mayo	15,0	17,1	70	178	23		
Junio	19,4	21,6	19	85	66		
Julio	20,4	22,6	8	61	74		
Agosto	21,1	23,4	5	51	85		
Septiembre	18,1	20,5	21	96	39		
Octubre	14,4	16,4	68	182	9		
Noviembre	8,4	10,0	199	347	0		
Diciembre	5,4	7,0	297	452	0		

Rosa de los vientos: velocidad media 3,24 m/s

Valores normales. Periodo 1971-2000. Pamplona. Noain
Rosa de los vientos. Anual

Calmas: 30%

2.- Consulta la Guía de las condiciones climáticas del IDAE e indica que significa cada uno de los términos que aparecen en las tablas de cada localidad.

Mostrar retroalimentación

Solución: El significado de los térmicos que aparecen en las tablas es el siguiente:

TS (99,6%): temperatura seca de la localidad con un percentil del 99,6%.

TS (99%): temperatura seca de la localidad con un percentil del 99%.

TSMIN: temperatura seca mínima registrada en la localidad.

OMDC: oscilación media diaria (máxima-mínima diaria) de los días en los que alguna de sus horas están dentro del percentil del 99%.

HUMcoin: Humedad relativa media coincidente (%) (se da a la vez que se tiene el nivel percentil del 99% en temperatura seca).

TA: temperatura seca media mensual.

TASOL: temperatura seca media mensual durante las horas de sol.

TTERR: temperatura media mensual del terreno a una profundidad de 20 cm.

RADH: radiación media diaria sobre superficie horizontal en forma mensual (kWh/m^2).

GD15/15: grados día de calefacción con base 15/15 en forma mensual. Suma mensual del valor horario de la temperatura seca con respecto a 15 °C dividido por 24 y únicamente contabilizando los valores negativos, pero expresando el resultado en valor absoluto. En cierta medida, sería un indicador del tiempo de calefacción necesario mensualmente. Supongamos que en un caso hipotético, simplemente para que sea mas fácil de entender, tuvimos durante todo un día una temperatura exterior de 10 °C. Si nuestra temperatura base para grados día es de 15 °C, nos dará que ese día tuvo 5 °C o grados día calefacción.

GD20/20C: grados día de calefacción con base 20/20 en forma mensual. Suma mensual del valor horario de la temperatura seca con respecto a 20°C dividido por 24 y únicamente contabilizando los valores negativos (Igual explicación que en GD 15/15, pero para una temperatura mayor). en el ejemplo anterior obtendríamos un valor de $\text{GD}_{20/20} = 10\text{ °C}$

Ejercicios Para Resolver

1.- Averigua la diferencia entre las temperaturas ambientes secas en enero de Zaragoza y Bilbao. Halla la temperatura del terreno en Zaragoza en ese mes y las direcciones del viento dominante en invierno.

Mostrar retroalimentación

Solución: $\Delta T = 3\text{ }^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{terreno}} = 6,9\text{ }^{\circ}\text{C}$; Zaragoza WNW 9% días con una velocidad media entre 4 y 8 m/s, Bilbao NW 6% días y velocidad media entre 2 y 4 m/s

2.- Determina las temperaturas de proyecto para una instalación de calefacción en Pontevedra

Mostrar retroalimentación

Solución: La temperatura interior según el RITE estará comprendida entre $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Normalmente utilizaremos la menor, es decir $21\text{ }^{\circ}\text{C}$. En cuanto a la temperatura exterior, en la tabla corresponde a Pontevedra una temperatura de proyecto de $2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, cubriendo el 99,6% de los días

3.- El informe CR 1752 determina las condiciones térmicas recomendadas para diferentes espacios ¿qué temperaturas recomienda en invierno en un aula y una guardería, categoría B, y para un centro comercial, categoría A.

Table A.5 — Example design criteria for spaces in various types of building

Type of building/space	Activity W/m ²	Category	Operative temperature °C		Maximum mean air velocity ^a m/s	
			Summer (cooling season)	Winter (heating season)	Summer (cooling season)	Winter (heating season)
Single office	70	A	$24,5 \pm 1,0$	$22,0 \pm 1,0$	0,12	0,10
Landscape office		B	$24,5 \pm 1,5$	$22,0 \pm 2,0$	0,19	0,16
Conference room						
Auditorium		C	$24,5 \pm 2,5$	$22,0 \pm 3,0$	0,24	0,21 ^b
Cafeteria/restaurant						
Classroom	81	A	$23,5 \pm 1,0$	$20,0 \pm 1,0$	0,11	0,10 ^b
Kindergarten		B	$23,5 \pm 2,0$	$22,0 \pm 2,5$	0,18	0,15 ^b
		C	$23,5 \pm 2,5$	$22,0 \pm 3,5$	0,23	0,19 ^b
Department store	93	A	$23,0 \pm 1,0$	$19,0 \pm 1,5$	0,16	0,13 ^b
		B	$23,0 \pm 2,0$	$19,0 \pm 3,0$	0,20	0,15 ^b
		C	$23,0 \pm 3,0$	$19,0 \pm 4,0$	0,23	0,18 ^b

^a The maximum mean air velocity is based on a turbulence intensity of 40 % and air temperature equal to the operative temperature according to 6.2 and Figure A.2. A relative humidity of 60 % and 40 % is used for summer and winter, respectively. For both summer and winter a lower temperature in the range is used to determine the maximum mean air velocity.

^b Below 20 °C limit (see Figure A.2).

Mostrar retroalimentación

Solución: Aula y guardería con temperaturas de $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectivamente. En el centro comercial $19^{\circ}\text{C} \pm 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

4.- ¿Qué temperatura exterior hay que considerar en Melilla en el percentil 99,6?

Mostrar retroalimentación

Solución: 7,4 °C

5.- ¿Qué oscilación media diaria de temperatura hay en Granada (aeropuerto) en invierno?

Mostrar retroalimentación

Solución: 17,9 °C

6.- Averigua la temperatura de cálculo de calefacción para Zaragoza en el percentil 99

Mostrar retroalimentación

Solución: - 1,1 °C

7.- ¿Cuál ha sido la temperatura mínima histórica registrada en invierno en Pamplona?

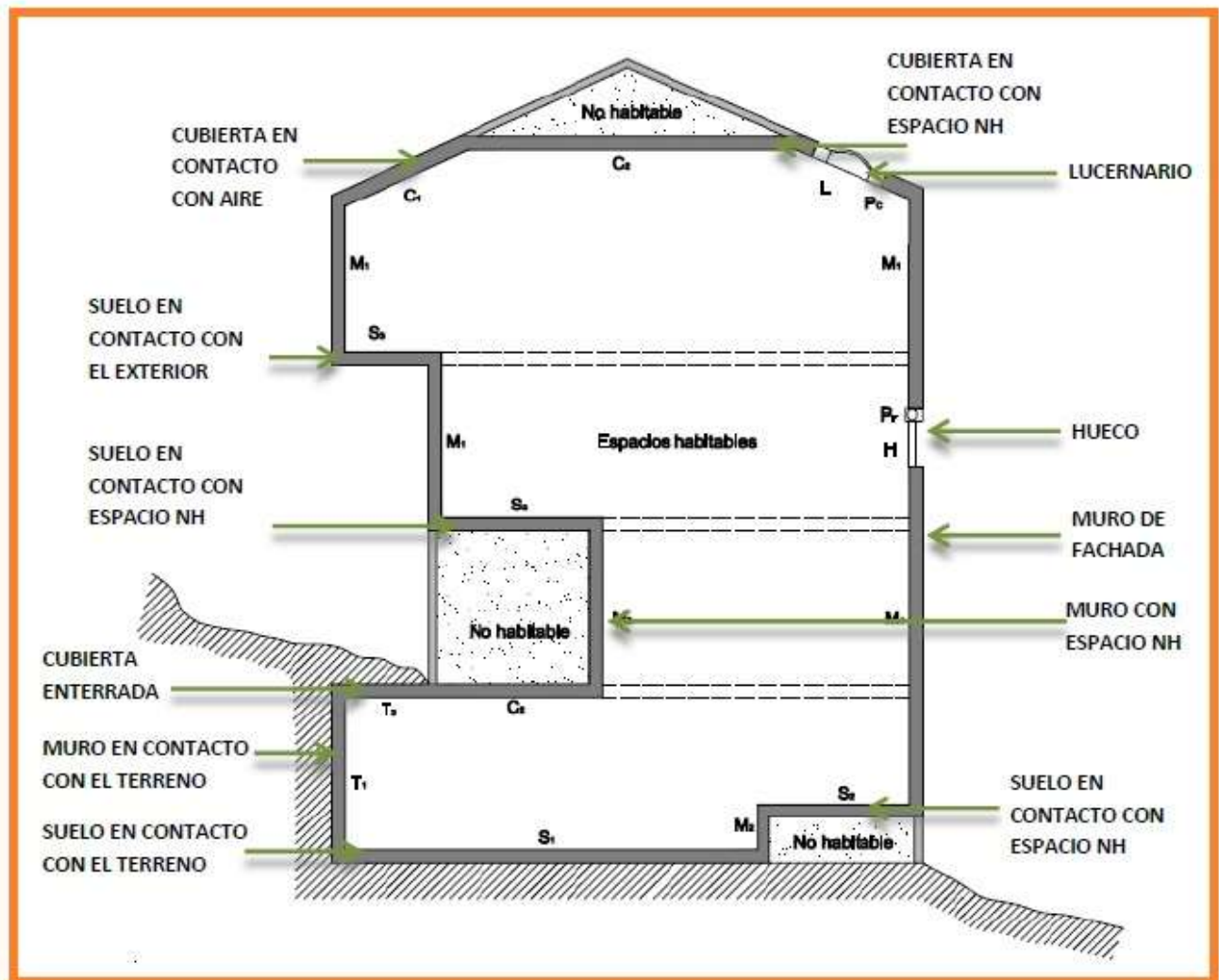
Mostrar retroalimentación

Solución: - 11,6 °C

1.2.- Pérdidas de calor a través de los cerramientos.

Podemos distinguir los siguientes tipos de cerramientos a efectos de cálculo:

- Cerramientos en contacto con aire exterior: se incluyen en este apartado los cerramientos opacos en contacto con el ambiente exterior, tales como muros de fachada, cubiertas y suelos.
- Cerramientos en contacto con el terreno: se incluyen aquí los suelos, los muros y las cubiertas en contacto con el terreno.
- Particiones interiores en contacto con locales no calefactados: se incluyen aquí los muros, paredes, suelos, y techos en contacto con otros locales de edificios no calefactados.
- Huecos y lucernarios: Los huecos son los elementos semitransparentes de la envolvente del edificio tales como ventanas y puertas acristaladas. Los lucernarios son huecos situados en una cubierta.



Partes singulares de los cerramientos de un edificio

En este apartado estudiarás las pérdidas de calor en los distintos tipos de cerramientos. Para ello, deberás recordar las fórmulas vistas en la primera unidad de trabajo de este módulo:

$$\dot{Q} = U \cdot S \cdot (t_1 - t_2)$$

$$\dot{Q} = \frac{\lambda}{e} \cdot S \cdot (t_1 - t_2)$$

donde:

$\dot{Q}$: Pérdidas de calor por transmisión en cerramientos (W).

U : Transmitancia térmica (W/m²K).

λ : Conductividad térmica (W/mK)

e : Espesor de la pared (m)

S : Superficie del cerramiento (m²)

$\Delta t = t_1 - t_2$: Diferencia de temperatura entre la temperatura interior y la exterior (K) →

Recuerda que la diferencia de temperaturas da el mismo valor numérico en K que en °C

De cara al cálculo, los locales adyacentes se consideran no calefactados (podría ocurrir que no conectaran la calefacción o que estuviera la vivienda o el local desocupado. Siempre se pone la condición más desfavorable). La temperatura en el interior de esos locales, lógicamente, depende de la temperatura exterior. La siguiente tabla nos proporciona esas temperaturas, dependiendo de la temperatura exterior de proyecto.

Temperaturas locales no calefactados

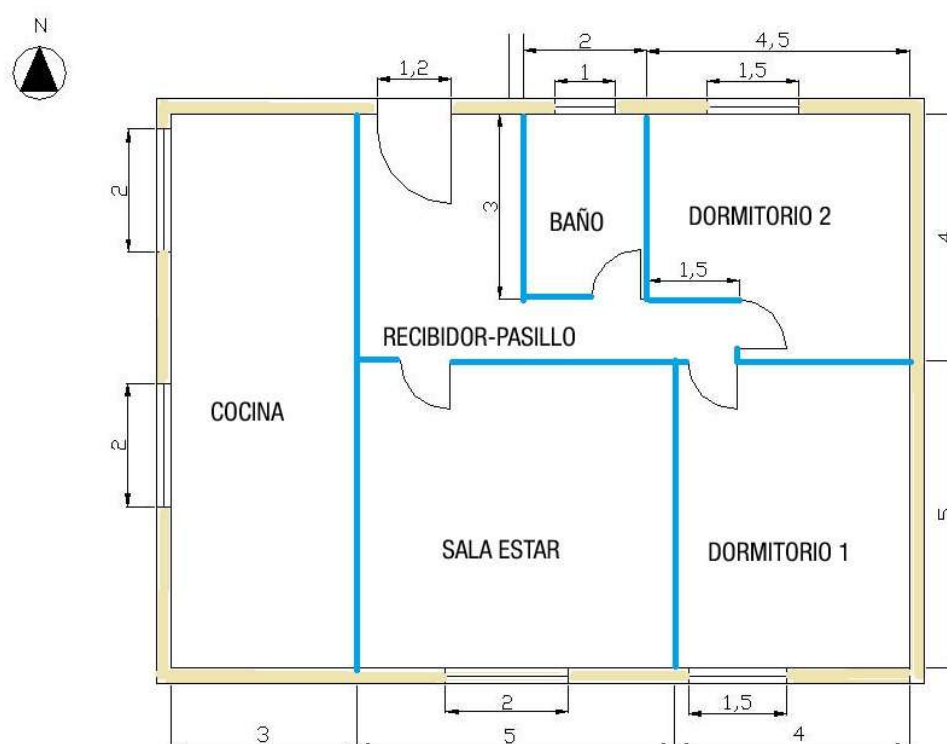
Tipo de local	Temperaturas exteriores de proyecto			
	+3	0	-4	-8
Locales no caldeados, rodeados de otros que lo están	12	10	8	5
Terreno debajo del piso del sótano enterrado	12	10	8	7
Sótanos no calentados	13	13	10	7
Terreno contiguo a paredes exteriores debajo de la superficie del terreno	7	5	2	0
Ático no calentado debajo del tejado	10	8	5	0

Vamos a estudiar este cálculo mediante un ejemplo resuelto.

Ejercicio resuelto

Determina las pérdidas por transmisión de la sala de estar de una vivienda situada en la tercera planta de un edificio de 6 plantas situado en Pontevedra.

Para obtener las dimensiones de los diferentes cerramientos utiliza el siguiente plano de una vivienda.



Las características del edificio son:

- ✓ Altura de las paredes: 2,5 m.
- ✓ Transmitancias:
 - Muros en contacto con el exterior: $0,56 \text{ W/m}^2\text{K}$.
 - Muros de particiones interiores: $0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$.
 - Ventanas: $2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.
 - Puertas: $2 \text{ W/m}^2\text{K}$.
 - Suelos: $0,54 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- ✓ Altura de las ventanas: 1,5 m.
- ✓ Altura de las puertas y puertas/balcón: 2,2 m.
- ✓ Anchura de la puerta: 1 m.

Mostrar retroalimentación

La sala tiene una pared al exterior de 5 m con una ventana de 2 m. La superficie de la ventana es de $2 \times 1,5 = 3 \text{ m}^2$. La del muro descontando la ventana es de $9,5 \text{ m}^2$. El salto térmico entre el interior a $21 \text{ }^\circ\text{C}$ y el exterior a $2 \text{ }^\circ\text{C}$ es de $19 \text{ }^\circ\text{C}$. La temperatura de las viviendas, superior e inferior, al considerarse locales no calefactados, es de $12 \text{ }^\circ\text{C}$ (obtenida de la tabla), por lo que el salto térmico es de $9 \text{ }^\circ\text{C}$.

Como la vivienda está toda ella a la misma temperatura, por las paredes interiores no hay pérdida de calor.

El resultado de los cálculos se refleja en la siguiente tabla.

Resultado de los cálculos

Tipo cerramiento	U (W/m ² K)	Superficie (m ²)	Salto térmico (°C)	Potencia (W)
Muro exterior	0,56	9,5	19	101,08
Ventana ext	2,4	3	19	136,8
Suelo	0,54	25	9	121,5
Techo	0,54	25	9	121,5
Total				480,88

1.3.- Pérdidas de calor por ventilación e infiltraciones.

El cálculo de pérdidas de calor por ventilación deberás tener en cuenta lo que marcar el RITE para la ventilación de locales y lo que indica el CTE para viviendas, que ya vimos en la segunda unidad de trabajo. Su valor es proporcional al volumen de aire introducido así como a diferencia entre la temperatura del aire exterior y la temperatura ambiente interior. Recuerda que el calor ganado o perdido por un cuerpo viene dado por la fórmula ya vista de:

$$Q = m \cdot c \cdot (t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}}) = m \cdot c \cdot \Delta t$$

El calor es positivo cuando se absorbe (aumenta la temperatura ($t_2 > t_1$)) y negativo cuando se cede ($t_2 < t_1$)

Si la anterior fórmula la aplicamos al caudal másico del aire frío que hay que introducir a una vivienda o local para renovar el aire viciado, tendremos la siguiente expresión:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_a \cdot (t_2 - t_1) = q_a \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot (t_{\text{interior}} - t_{\text{exterior}})$$

Ya sabemos que los calores perdidos son negativos, y para evitar el signo negativo, ponemos las temperaturas de tal manera que nos salga positivo. Sustituimos también el caudal másico por el caudal volumétrico, más usual en los cálculos. Es decir,

$\dot{Q}$: pérdidas de calor por ventilación (W).

q_a : Caudal de aire nuevo introducido (m^3/s).

c_a : Calor específico del aire ($1\,010 \text{ J/kg K}$).

ρ_a : Peso específico del aire ($1,2 \text{ kg/m}^3$).

Δt : Diferencia de temperatura entre la temperatura interior y la exterior (K).

Sustituyendo los valores fijos de las propiedades del aire estándar y poniendo el caudal en m^3/h , por lo que tendremos que dividir por 3 600, obtendremos la ecuación simplificada:

$$\dot{Q} = q_a \cdot 1\,010 \cdot 1,2 \cdot \Delta t = 1\,212 \cdot q_a \cdot \Delta t$$

$$\dot{Q} = 0,336 \cdot q_a \cdot \Delta t$$



q_a : m^3/h

$\dot{Q}$: W

Para cálculos de viviendas o para aquellos locales, en donde se desconozca o no sea de aplicación un caudal de ventilación, puede optarse por calcular las pérdidas en base al número de renovaciones de aire previstas según la fórmula:

$$\dot{Q} = 0,336 \cdot V \cdot n \cdot \Delta t$$

donde:

V: Volumen del local, correspondiente a la cantidad de aire de renovación (m³)

n: Número de renovaciones de aire por hora previstas. Puede tomarse 1 en general, en baños y salas de estar 1,5 y en locales con un volumen grande 0,5.

INFILTRACIONES

Las infiltraciones son las entradas de aire que se producen en un local debido fundamentalmente al viento y al efecto chimenea en los edificios. Todos los edificios se ven afectados en mayor o menor medida por estas infiltraciones. El aire circula por una diferencia de presión, ya sea la que provoca el viento o la que resulta de la distinta densidad del aire en el efecto chimenea. En los locales en los que existe un sistema de aire acondicionado, ese fenómeno es menor, ya que la presión interior suele ser algo mayor de la exterior. El cálculo se realiza del mismo modo que en el caso anterior.

Existen tablas para determinar las diferentes infiltraciones que se producen en un local o vivienda, pero también puedes adoptarse las que señala el CTE en su HE 1, Apartado 3.1.3. Este apartado dice que la permeabilidad al aire de las carpinterías, tendrá unos valores inferiores a los siguientes (medida con una sobrepresión de 100 Pa):

Tabla 3.1.3.a-HE1 Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica, $Q_{100,lim}$ [m³/h·m²]

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Permeabilidad al aire de huecos ($Q_{100,lim}$) [*]	≤ 27	≤ 27	≤ 27	≤ 9	≤ 9	≤ 9

^{*} La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa, Q_{100} .

Los valores de permeabilidad establecidos se corresponden con los que definen la clase 2 (≤27 m³/h·m²) y clase 3 (≤9 m³/h·m²) de la UNE-EN 12207:2017.

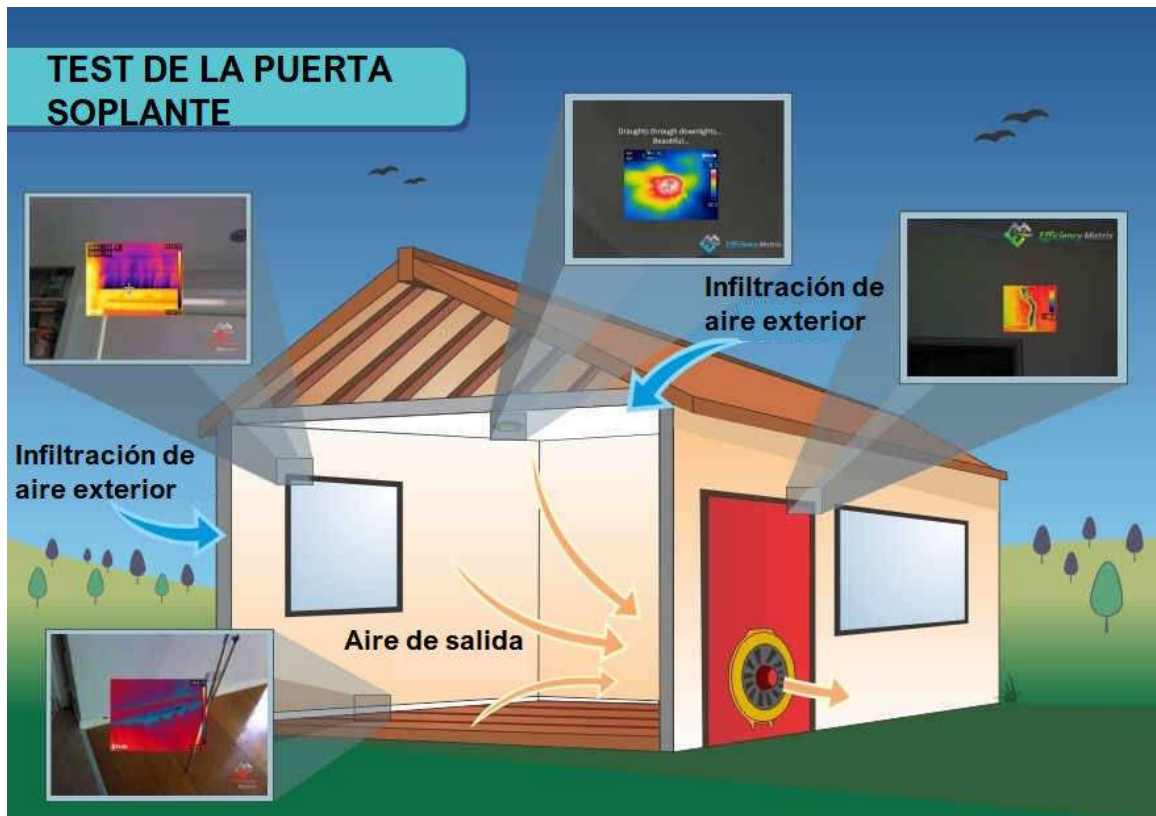
La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana.

Como ya se ha visto, se establecen zonas climáticas identificadas mediante seis letras (α , A, B, C, D, E) correspondientes a la división de invierno (siendo E la zona más fría), y cuatro números (1, 2, 3, 4), correspondientes a la división de verano (siendo 4 la zona más cálida).

Test de estanqueidad

El test de estanqueidad tiene por objetivo eliminar las infiltraciones no deseadas. Lo mejor es hacerlo en el periodo de obra, antes de cerrar la envolvente, justo después de poner la carpintería.

1. Localización de infiltraciones (cámara termográfica, generador de humo, con la mano, anemómetro de precisión)
2. Medición del flujo V_{50} (m^3/h) (a 50 Pa)



Test de puerta soplante (Blower door)

Test de estanqueidad (Blower door)

Recuperadores de calor

Ejercicio resuelto

Determina las pérdidas térmicas por ventilación de una vivienda situada en Pontevedra cuyas características son las de la tabla. Para baños y

salón considera 1,5 renovaciones/h y para el resto de estancias 1 renovación/hora. La altura de las paredes es de 2,5 m.

Superficies habitaciones del ejercicio

Habitación	Superficie (m ²)
Dormitorio 1.	12,25
Baño dormitorio 1.	4,05
Dormitorio 2.	11,95
Dormitorio 3.	11,85
Estar-comedor.	25,80
Cocina.	11,15
Baño 2	4,15
Distribuidor.	6,65
Vestíbulo.	6,65

Mostrar retroalimentación

Lo primero que tenemos que hacer es averiguar cuál es el caudal máximo, si el de salida o el de entrada, ya que el caudal de entrada en habitaciones y salón debe ser igual al de salida en cocina y baños. Recibidores, pasillos y otras estancias de paso no requieren más ventilación que la aportada a dormitorios y salones.

Caudal de entrada:

$$\text{Dormitorio 1: } 12,25 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 1 \text{ renv/h} = 30,625 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Dormitorio 2: } 11,95 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 1 \text{ renv/h} = 29,875 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Dormitorio 3: } 11,85 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 1 \text{ renv/h} = 29,625 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Salón: } 25,80 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ renv/h} = 96,75 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{TOTAL: } 186,875 \text{ m}^3/\text{h}$$

Caudal de salida:

$$\text{Baño 1: } 4,05 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ renv/h} = 15,187 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Baño 2: } 4,15 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ renv/h} = 15,563 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Cocina 3: } 11,15 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 1 \text{ renv/h} = 27,875 \text{ m}^3/\text{h}$$

TOTAL: 58,625 m³/h

Con estos datos, el caudal a considerar es el de entrada, al ser mayor. Tendríamos que distribuir el caudal de 186,875 m³/h en baños y cocina, de forma proporcional a los valores calculados. No obstante, desde el punto de vista térmico, sólo habría que calentar el caudal de entrada, ya que este caudal de aire, una vez calentado, es el caudal de salida en baños y cocinas (y no hay que calentarlo nuevamente).

Conviene señalar, que el caudal de ventilación mínimo que establece el CTE, para una vivienda como la indicada, es de 118,8 m³/h, tal como comprobó en el ejercicio resuelto de la unidad de trabajo anterior.

La potencia necesaria para los dormitorios y el salón sería, aplicando la fórmula y utilizando directamente los caudales (V·n):

$$\dot{Q} = 0,336 \cdot V \cdot n \cdot \Delta t$$

El resultado de cada habitación se refleja en la siguiente tabla.

Solución ejercicio

HABITACIÓN	$\dot{q}$ (m ³ /h)	Δt (°C)	Q (W)
Dormitorio 1	30,625	19	195,5
Baño dormitorio 1	Caudal de paso. No requiere calentamiento		
Dormitorio 2	29,875	19	190,72
Dormitorio 3	29,625	19	189,13
Estar-comedor	96,75	19	617,65
Cocina	Caudal de paso. No requiere calentamiento		
Baño 2	Caudal de paso. No requiere calentamiento		
Distribuidor	Caudal de paso. No requiere calentamiento		
Vestíbulo	Caudal de paso. No requiere calentamiento		

Para saber más

El IDAE ha publicado una [guía sobre eficiencia energética en ventilación](#) que puede resultar de interés para quienes deseéis profundizar más en los sistemas de recuperación y en el enfriamiento gratuito (adiabático). Los conceptos necesarios para entender las recomendaciones que se hacen ya se han adquirido a lo largo del curso.



Guía sobre eficiencia energética en ventilación

1.4.- Suplementos.

Al margen de las pérdidas anteriormente citadas hay también que considerar suplementos debidos a la orientación y a la intermitencia de uso de la calefacción.

- ✓ **El suplemento por orientación:** tiene por objeto considerar la diferente exposición del local a la radiación solar, dando lugar a diferentes valores de intercambio de calor por radiación del edificio con el exterior, según las distintas orientaciones. En nuestro caso la orientación más favorable es la del sur, con lo cual la vamos a considerar como factor suplemento cero y a partir de ésta todos los valores serán positivos. Oscila entre 0 y 0,15
- ✓ **El suplemento por intermitencia:** se conoce también como suplemento por arranque. Es debido a la potencia adicional que se debe instalar para poner a régimen la instalación (alcanzar la temperatura de confort) en un período breve de tiempo, ya que si se instalase únicamente la potencia necesaria para compensar las pérdidas de calor, en el momento de la puesta en marcha de la instalación, se requeriría un tiempo muy largo, en condiciones exteriores extremas para alcanzar dichas condiciones de confort. Este suplemento es mayor en función del tiempo que permanezca parada la instalación. El valor oscila entre 0 y 0,15
- ✓ **El suplemento por paredes frías:** hay que aplicarlo en las viviendas que están en las plantas bajas o en los últimos pisos de los edificios y en aquellos casos con más de un muro exterior. También en el caso de viviendas con grandes ventanales. Su valor oscila entre 0 y 0,10

Los valores de los factores de los suplementos pueden variar según las circunstancias y el criterio del proyectista. El resultado total de la suma de los distintos suplementos es el tanto por uno que debe aumentarse la carga térmica calculada por conducción y por ventilación.

Autoevaluación

¿Es cierto que si mantenemos la misma temperatura día y noche no hay que añadir ningún suplemento al cálculo de la instalación?

- ☐ Es cierto.
- ☐ No es cierto.

Es correcto de cara al cálculo, pero el ahorro de energía que se obtiene con una reducción nocturna compensa el aumento de potencia. Mantener la temperatura se hace únicamente en instalaciones singulares, como puede ser un hospital.

Estás en un error. Sólo suplementaremos la instalación cuando hagamos una reducción nocturna o apaguemos la instalación durante la noche. De cara al ahorro de energía es imprescindible hacer al menos una reducción nocturna.

Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto

Caso práctico

Hay muchos programas para el cálculo de cargas térmicas. Los programas más completos, lógicamente, no son gratuitos. No obstante, hay programas de cálculo que son gratuitos y pueden servir para propósitos de formación. Vamos a ver dos de ellos que, además de calcular cargas térmicas, nos sirve para simular diferentes posibilidades de funcionamiento. Uno es online (WICA) y otro es descargable (CLIMA). En ambos se requiere solicitud para acceder a su uso.

CLIMA WICA

CLIMA

El programa CLIMA, de distribución gratuita, previa solicitud y registro, permite hacer un cálculo de cargas térmicas de refrigeración y calefacción y calcular la demanda energética del edificio. Se puede proceder mediante la definición de la geometría del edificio por sus diferentes elementos o bien a partir de archivos CAD. Al final pueden obtenerse informes de resultados editables. También está disponible una Hoja de Cálculo de Cargas muy completa. En ambos casos podemos utilizar ambos programas para calcular las cargas térmicas de cualquier vivienda o local.

El programa se descarga de la web <http://www.calculaconatecyr.com/> y no necesita instalación, es una carpeta que hay que descomprimir en cualquier ruta del ordenador. Es aconsejable utilizar la ruta C:\ para evitar en Windows problemas de permisos de administrador.

Está disponible también una presentación y tutorial en la misma web mencionada o en [este enlace](#)



Programa CLIMA de la Universidad Politécnica de Valencia y ATECYR

WICA

Otro programa gratuito que nos permite hacer cálculos y configuración de instalaciones térmicas es el que ha editado el fabricante BAXI. Este programa, denominado [WICA](#), permite hacer pequeños proyectos de instalaciones térmicas, en el que se integran diferentes tecnologías en una única plataforma. Es un programa online, que solo requiere registrarse para poderlo usar, con almacenamiento de proyectos en la propia plataforma.

A diferencia del programa anterior (CLIMA), no está especializado en el cálculo de cargas térmicas y demanda energética, sino que enfatiza la integración tecnológica de distintas instalaciones y equipos. Lógicamente, como las cargas térmicas son el dato preliminar necesario para cualquier otro cálculo, también tiene una herramienta, menos especializada que en CLIMA, para calcular estas cargas. Esta última utilidad es la que emplearemos en esta unidad. Posteriormente volveremos a emplear este programa en unidades posteriores.

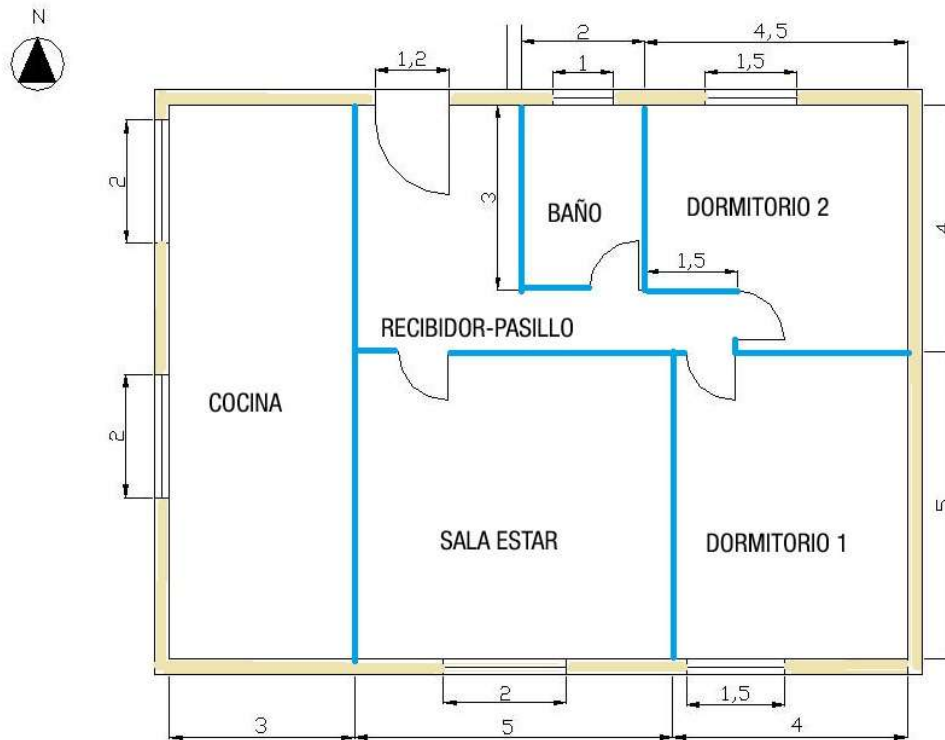
<https://www.youtube.com/embed/bHlwYJ97Nvg?amp;showinfo=0&rel=0>

Presentación general del programa WICA

Ejercicio Resuelto

Calcular la carga térmica en invierno de la vivienda del plano, situada en Reus (Tarragona). Suponer que es una vivienda que tienen otras viviendas encima, debajo y en la fachada sin ventanas. Suponer que la temperatura es la misma en todas las habitaciones (por lo que no se

producirán pérdidas entre estancias). Suponer también que aplicamos un caudal de ventilación a toda la vivienda correspondiente al valor mínimos exigido por el CTE que, como sabemos para una vivienda de de dos dormitorios y de este tipo es de $86,4 \text{ m}^3/\text{h}$. Comparar los resultados obtenidos con los programas CLIMA y WICA.



Las características del edificio son:

- ✓ Altura de las paredes: 2,5 m.
- ✓ Transmitancias:
 - Muros en contacto con el exterior: $0,56 \text{ W/m}^2\text{K}$.
 - Muros de particiones interiores: $0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$.
 - Ventanas: $2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.
 - Puertas: $2 \text{ W/m}^2\text{K}$.
 - Suelo y techo: $0,54 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- ✓ Altura de las ventanas: 1,5 m.
- ✓ Altura de la puerta: 2,2 m.
- ✓ Anchura de la puerta: 1 m.

Mostrar retroalimentación

PROGRAMA CLIMA

Introduciendo todos los valores en el programa CLIMA, encontramos que la carga térmica total es de 4,28 kW. Un valor bastante razonable para Tarragona. La distribución por tipos de cargas térmicas y por habitaciones puede verse a continuación.

WICA - Condiciones Exteriores - Uso del Edificio - Entrada de datos - Resultados - Informes

Vistas del árbol: Plantas, Zonas Ventilación, Zonas Demanda

Nombre: Planta vivienda

Añadir local

Nombre	Dormitorio 1	Dormitorio 2	Baño	Sala de estar	Cocina	Recibidor-Pasillo
Superficie [m2]	20.00	16.50	6.00	25.00	27.00	13.50
Altura [m]	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Volumen [m3]	50.00	41.25	15.00	62.50	67.50	33.75
Tipo de local	Acondicionado	Acondicionado	Acondicionado	Acondicionado	Acondicionado	Acondicionado
Planta	Planta vivienda	Planta vivienda	Planta vivienda	Planta vivienda	Planta vivienda	Planta vivienda
Zona demanda	Zona demanda	Zona demanda	Zona demanda	Zona demanda	Zona demanda	Zona demanda
Zona ventilación	Zona ventilación	Zona ventilación	Zona ventilación	Zona ventilación	Zona ventilación	Zona ventilación
Coef. mayoración [%]	5.00	10.00	10.00	5.00	10.00	10.00

Cargas de calefacción

Fecha máxima carga:	Febrero	Hora: 6
CARGAS EDIFICIO	Total	Sensible
Total[kW]	-4.56	-4.28
Ratio[W/m2]	-42.23	-39.61
Ocupantes [kW]	0.00	0.00
Luces [kW]	0.00	0.00
Equipos [kW]	0.00	0.00
Ventilación [kW]	-0.94	-0.68
Cerramientos [kW]	-2.40	-2.40
Huecos [kW]	-0.88	-0.88
Puentes térmicos [kW]	0.00	0.00
Mayoración [kW]	-0.34	-0.32
LOCALES		
Local:Dormitorio 1[bae62e95] [kW]	-0.81	-0.76
Local:Dormitorio 2[953ce1a9] [kW]	-0.75	-0.71
Local:Baño[5b05b7ea] [kW]	-0.53	-0.52
Local:Sala de estar[3af9ad73] [kW]	-0.82	-0.75
Local:Cocina[f36887f5] [kW]	-1.37	-1.29
Local:Recibidor-Pasillo[66a36141] [kW]	-0.29	-0.25

PROGRAMA WICA

En este caso obtenemos los resultados siguientes, de forma más rápida. Algunos datos de los que disponemos no son necesarios y otros hay que transformarlos para poderlos interpretar dentro de este programa. La carga térmica, en este caso es de 4,326 kW. Como vemos, muy aproximado a los cálculos anteriores.

Tipología de estancia	Descripción	Superficie [m2]	Altura [m]	Volumen [m3]	Demanda [W/m3]	Aislamiento [factor]	Paredes exteriores [factor]	Renovaciones aire	Potencia
		[m2]	[m]	[m3]	[W/m3]	[factor]	[factor]	n°pers [pers]	[m3/h] [1/h] [W] [W]
Dormitorio/Vestidor	Dormitor	20	2.5	50	27.67	0.5	2	1.1	2 36 72% 241.12 1002.05
Dormitorio/Vestidor	Dormitor	16.5	2.5	41.25	27.67	0.5	2	1.1	2 36 87% 241.12 868.88
Baño/Lavabo	Baño	6	2.5	15	27.67	0.5	1	1	0 0 0% 0 207.53
Comedor/Sala de estar	Sala de e	25	2.5	62.5	30.93	0.5	1	2	21.6 35% 144.67 1111.23
Cocina/Lavadero/Desván	Cocina	27	2.5	67.5	21.81	0.5	3	1.3	0 0 0% 0 956.91
Pasillo/Recibidor	Recibido	13.5	2.5	33.75	10.64	0.5	1	1	0 0 0% 0 179.55
Total		Nº estancias 6		Superficie [m2] 108		Potencia [W] 4326.15			

2.- Cálculo de cargas térmicas en refrigeración.

Caso práctico: frío de verdad

Seguramente habrás oído hablar de la crioterapia y de la criogenia. Ambas palabras tienen que ver con el frío: kryos (frío) y geno (producir, generar)

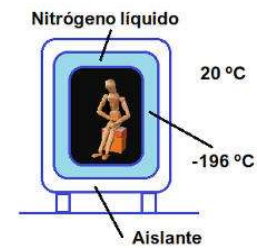
La crioterapia utiliza nitrógeno líquido o gas argón para crear un frío intenso para congelar y destruir tejido enfermo, incluyendo las células cancerosas. Sin embargo, no está claro si la crioterapia de cuerpo entero tiene algún efecto sobre el dolor muscular, la recuperación después de un ejercicio intenso o como terapia para el alzheimer, la fibromialgia, las migrañas, la artritis reumatoide, la esclerosis múltiple, el estrés o la ansiedad, como algunos de sus promotores dicen. Este tratamiento de cuerpo entero implica exponer al individuo a aire seco extremadamente frío (por debajo de -100°C) durante dos a cuatro minutos. Para lograr las temperaturas bajo cero requeridas, normalmente se utiliza la evaporación de nitrógeno líquido. Pero no está claro si se producen efectos adversos.

Por otro lado, la hipótesis de la criogenización surgió en la década de los 60 del siglo pasado. La doctora Ettinger, profesora de Física en el Highland Park College de Detroit dijo que “La muerte, de momento, debe considerarse una enfermedad incurable”. Y acto seguido, anunció que un cuerpo podría permanecer sumergido a la temperatura de ebullición del nitrógeno líquido (-196°C) a la espera de que “la ciencia tenga armas para curar esa enfermedad sin tratamiento”.

El principio de la conservación a muy bajas temperaturas está basado en que, si a la temperatura de nuestro cuerpo una reacción biológica se produce en dos diezmilésimas de segundo, a la temperatura de ebullición del nitrógeno líquido esa misma reacción tarda más de dos millones de años. La idea despertó las ilusiones de miles de personas, hasta el punto de que algunas de ellas crearon sociedades criogénicas para conseguir que sus gobiernos autorizaran la posibilidad de congelar los cuerpos.

El nitrógeno se mantiene en ebullición, a 196°C bajo cero, en un compartimento separado del cuerpo, y al evaporarse, produce un enfriamiento constante de la cápsula a esa temperatura. Es como un frigorífico, pero con un ciclo abierto, en el que el nitrógeno líquido se evapora y se extrae expulsándolo a la atmósfera (la atmósfera tiene un 78 % de nitrógeno y es un gas inerte). Para ello, hay que suministrar líquido continuamente. Cada cápsula, en la que hay uno o dos pacientes, necesita alrededor de 20 litros de nitrógeno diariamente. Esta cantidad de fluido necesario tiene que ver con la carga térmica de refrigeración de este dispositivo. Es decir, ¿qué cantidad de calor penetra por conducción del exterior a 20°C ? Pero, lógicamente, cuando se introduce un cuerpo a la temperatura ambiente, se necesitará evacuar más calor: el del propio cuerpo hasta dejarlo a -196°C y el que entra por conducción. De este tipo de cargas va a tratar este apartado.

El mayor problema reside en que la criogenización carece de una base científica, lo que impide que las personas puedan resucitar. Y, además ¿qué oscuro futuro le espera al resucitado sin su familia o amigos? Al final, esta parece ser la utopía de gente con cierto nivel económico a la que le cuesta creer que pueda morir. ¿Qué piensas tú de todo ello?



[U.S. Department of Agriculture \(Flickr\)](#) (Dominio público)

Los sistemas frigoríficos y las cámaras frigoríficas tienen un amplio espectro de uso. Especialmente las de ciclo cerrado y compresión, que estudiaremos posteriormente. Se utilizan con multitud de productos, tanto alimenticios como industriales. El rango de temperaturas también es muy grande, desde lo que se conoce como cámaras positivas, las que están por encima de cero grados, pasando por las negativas y las de muy baja temperatura.

Cuando se diseña o estudia el funcionamiento de una cámara frigorífica siempre se empieza por el estudio del producto y sus condiciones de conservación o congelación. Inmediatamente después se calcula su carga térmica, para la cual, debemos conocer todas las fuentes de calor que penetran en ella. Estas fuentes las podemos agrupar en:

1. Ganancias exteriores a través de sus cerramientos

- Por convección y conducción
- Por radiación solar
- Por ventilación e infiltraciones

2. Ganancias interiores del recinto

- Iluminación
- Ocupación
- Producto
- Equipos

Las ganancias de calor que entran o se generan en un local, se presentan en forma de calor sensible (variación de la temperatura) y/o en forma de calor latente (variación de humedad). Tradicionalmente, se calcula la carga térmica instantánea de refrigeración, es decir, la carga térmica a una hora determinada y en un mes determinado, generalmente en las condiciones globales más desfavorables. Por ejemplo, en la ciudad de Barcelona, el cálculo de la carga térmica instantánea de refrigeración suele darse en los meses de julio y agosto a las 15 h.

Los parámetros básicos que forman parte del cálculo de cargas en refrigeración industrial son:

- Características de los productos y temperatura de almacenamiento. Condiciones higrotérmicas.
- Condiciones climáticas de la zona.
- Orientación del edificio (radiación solar y viento), edificios próximos (sombra), superficies reflectantes.
- Dimensiones físicas de los cerramientos y materiales de construcción empleados. Características del edificio (color, espacios no ventilados, espacios no climatizados)
- Puertas. Infiltraciones
- Equipos eléctricos. Alumbrado. Motores, ventiladores y accesorios de trabajo que consumen energía.
- Ventilación y renovación higiénica del aire.
- Movimiento de operarios.
- Funcionamiento (diurno, continuo, puntual).

Ejercicio Resuelto

Averiguar las condiciones interiores de diseño relacionadas con una cámara frigorífica que debe almacenar queso durante unas semanas.



[pxHere](#). Cámara frigorífica con quesos (Dominio público)

Mostrar retroalimentación

Consulta de tablas

Orientaciones conservación

La temperatura y humedad interna de la cámara vienen dadas por las características del producto y el sistema de almacenamiento. Existen tablas con datos recomendables para los distintos productos. La primera cosa que debemos saber es que no es lo mismo un queso fresco que un queso curado. Y tampoco es lo mismo conservar unos quesos que mantenerlos en una cámara para que se curen (sequen). Las temperaturas y el control de humedad son diferentes en cada caso.

Los parámetros de conservación podemos sacarlos de tablas de manuales especializados, como la siguiente:

Temperatura de conservación: Entre 2 °C y 4 °C

Humedad relativa: Entre 70 % y 75 %

Volumen de almacenamiento: 5 m³/tn

2.1.- Transmisión de calor a través de paredes y techo.

Para calcular el calor que penetra en la cámara por conducción, recurriremos a la fórmula conocida siguiente:

$$\dot{Q} = U \cdot S \cdot (t_1 - t_2)$$

Donde:

Q: Pérdidas de calor por transmisión en cerramientos (W).

U: Transmitancia térmica (W/m²K).

S: Superficie del cerramiento (m²).

Δt = (t₁ - t₂): Diferencia de temperatura entre la temperatura exterior y la interior. (K)

La temperatura exterior para aquellos paramentos que lindan directamente con el exterior se suele tomar la media ponderada entre la temperatura máxima (en el percentil correspondiente) y la media del mes más desfavorable. Estos valores, para cada zona, los podemos encontrar en las [Tablas de Condiciones Climáticas del IDAE](#)

$$T_e = 0,6 T_{\max} + 0,4 T_{\text{med}}$$

Donde:

T_{max}. Temperatura máxima de la zona en el tiempo de funcionamiento de la cámara (usualmente percentil 0,4 o 1; es decir, sólo el 0,4% o el 1% de los días ha hecho más calor).

T_{med}. Temperatura media de la zona en el tiempo de funcionamiento de la cámara (temperatura media del mes más caluroso).

En el caso de paramentos **expuestos al sol** deberían tomarse una serie de factores de corrección. En todo caso, en el cálculo de cámaras frigoríficas se pueden tomar las siguientes temperaturas exteriores:

TECHO: $T_{\text{techo}} = T_e + 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (si no tienen techos aislados por cámara de aire), en caso contrario $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Si la cámara, a su vez, está encerrada dentro de un recinto de un volumen bastante mayor, habría que determinar la temperatura previsible en el interior o, en su caso utilizar la temperatura señalada en el caso de un local anexo ($3,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ menos que la temperatura exterior de cálculo).

SUELO: $T_{\text{suelo}} = (T_e - 15) / 2$

PAREDES AL OESTE: $T_{\text{oeste}} = T_e + 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$

PAREDES AL SUR O AL ESTE: $T_{\text{sur-este}} = T_e + 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

PAREDES NORTE: La misma que la exterior

Las temperaturas exteriores consideradas para aquellos paramentos que limiten con otro local será la temperatura de los mismos. Si el local está climatizado se utilizará la temperatura de climatización. Si no está climatizado la temperatura a utilizar será

$$T_{\text{anexo}} = T_e - f_c$$

Donde f_c es un valor entre 2 y 5 (normalmente se toma 3,5)

El valor de Q_t por unidad de superficie oscila entre 6 W/m^2 y 8 W/m^2 para las cámaras negativas y entre 8 W/m^2 y 10 W/m^2 para las positivas. Algunos programas de cálculo parten de este dato para definir el espesor y las características de sus cerramientos.

Ganancias térmicas por transmisión

Las ganancias de calor por transmisión en cámaras frigoríficas se calcularán del mismo modo que en caso visto de pérdidas térmicas en calefacción. La diferencia evidente es que el flujo calorífico irá en sentido contrario: de fuera hacia adentro. Las siguientes fórmulas, ya conocidas, permiten realizar estos cálculos:

$$\dot{Q} = \sum U \cdot S \cdot (T_c - t_i)$$

Donde:

Q: Pérdidas de calor por transmisión en cerramientos (W)

U: Transmitancia térmica ($\text{W/m}^2\text{K}$)

S: Superficie del cerramiento (m^2)

T_c : Temperatura exterior de cálculo, según a donde dé el cerramiento. Por ejemplo, si es al Norte, se toma la T_e y si da al Sur, se toma $T_e + 5$ (K ó $^{\circ}\text{C}$)

Ejercicios Resueltos

1. ¿Qué temperaturas exteriores de cálculo se tomarán para el diseño de una cámara frigorífica en Huesca con la orientación señalada? Determinar la temperatura de muros, suelo (sobre espacio aireado) y techo.



Mostrar retroalimentación

De la tabla adjunta obtenemos las dos temperaturas exteriores de referencia para determinar la temperatura exterior de cálculo, por lo que:

Tabla climática Huesca

$$T_{\max} = T_{S0,4} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{med}} = T_{\text{ASOLjulio}} = 25,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_e = 0,6 \cdot 35 + 0,4 \cdot 25,9 = 31,36 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Pared N 31,36 °C

Pared S 36,36 °C

Pared E 36,36 °C

Pared O 39,36 °C

$$\text{Suelo } (31,36 + 15)/2 = 23,18 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Techo 46,36 °C

2.- Calcular el calor, por unidad de tiempo, que pasa a través de la pared sur del almacén frigorífico emplazado en Huesca, que mide 50 x 8 m y tiene una transmitancia de 0,25 W/m²K. La temperatura interior es -10 °C.

Mostrar retroalimentación

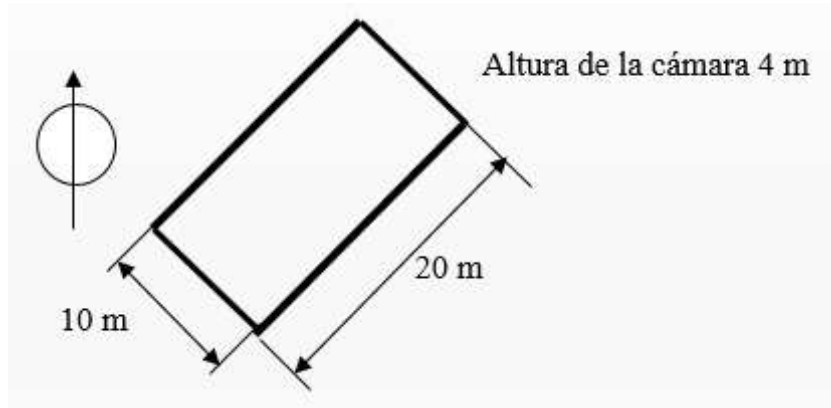
Tomaremos como temperatura de la pared sur la determinada en el ejercicio anterior, por lo que: $\Delta T = 36,36 - (-10) = 46,36 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Aplicando la fórmula vista:

$$Q = 0,25 \cdot (50 \cdot 8) \cdot 46,36 = 4\,636 \text{ W} = 4,6 \text{ kW}$$

Ejercicios Para Resolver

1.- Averigua las temperaturas exteriores de cálculo de un edificio frigorífico en Bilbao que funciona los meses de verano, con el emplazamiento señalado en el plano. El techo de la cámara está semi-aislado, por lo que a la temperatura ambiente se le añadirán 10 °C. Al no tener orientaciones puras, deberás hallar la media de los factores de corrección.



Mostrar retroalimentación

Solución: $T_e = 27,68\text{ °C}$ $T_{NE} = 30,18\text{ °C}$; $T_{SE} = 32,68\text{ °C}$; $T_{NO} = 31,68\text{ °C}$; $T_{SO} = 34,18\text{ °C}$; $T_{techo} = 37,65\text{ °C}$; $T_{suelo} = 21,34\text{ °C}$

2.- Calcula las pérdidas por transmisión en la pared Suroeste del ejercicio anterior, si la transmitancia es de 0,20 W/m²K. La temperatura interior de la cámara es de -15 °C.

Mostrar retroalimentación

Solución: $Q = 393\text{ W}$

2.2.- Carga térmica por renovación de aire.

El aire de la cámara frigorífica debe ser renovado periódicamente con una frecuencia que depende del tipo de producto que se almacene. Por ejemplo, en el caso de carnes refrigeradas, quesos en maduración y huevos el número de renovaciones será de 2 a 4 cada día. En el caso de centrales hortofrutícolas el número puede ser menor, aunque dependerá del tipo de producto almacenado y de si se realiza, o no, algún tratamiento químico. En general, dependiendo del producto, la tasa diaria de renovación de aire para grandes cámaras oscila entre 1 y 5. Igualmente, también se producen infiltraciones por las rendijas y con la apertura de puertas para la entrada y salida de productos del almacén. Existen tablas que determinan las renovaciones diarias, cada 24 h, para diferentes productos.

El aire que entra en la cámara se enfría (calor sensible) y se seca (calor latente), produciéndose por tanto dos cargas por renovación de aire. En el cálculo de las mismas resulta útil el conocimiento de las propiedades psicrométricas del aire, así como la utilización del diagrama psicrométrico. En el enfriamiento intervendrá la diferencia de temperaturas entre el aire externo y el interno, mientras que la condensación del agua aporta un cierto calor latente. Ambas contribuciones se encuentran reunidas en la definición de entalpía del aire:

$$\dot{Q}_{\text{renovaciones}} = n \cdot m_a \cdot \Delta h = n \cdot V \cdot \rho \cdot \Delta h$$

Donde:

$\dot{Q}_{\text{renovaciones}}$: Carga térmica debido a la renovación del aire en la cámara (kW)

n: número de renovaciones de aire por segundo (por lo que si tenemos las renovaciones diarias, habrá que dividir por 86 400)

m_a : masa del aire en la cámara (kg)

Δh : diferencia de entalpía entre el aire exterior y el interior de la cámara (kJ/kg)

V: puede considerarse el caso más desfavorable en el que el producto ocupa un volumen muy pequeño en relación al volumen total de la cámara. Es decir, se toma el volumen total del interior de la cámara (m³)

ρ : densidad del aire interior (kg/m³). Recordar que en el diagrama psicrométrico solemos tener el volumen específico (m³/kg), por lo que habrá que calcular el valor inverso: $\rho = 1/v_e$

Las Tablas de Renovaciones, indican el número de cambios de aire (renovaciones) en 24 horas, para cámaras positivas y negativas.

Renovación del aire diario por las aberturas de puertas para las condiciones normales de explotación "cámaras negativas" y "cámaras por encima de 0 °C" (según K. Breidenbach).

Volumen de la cámara (m ³)	Renovación de aire diario 1/d		Volumen de la cámara (m ³)	Renovación de aire diario 1/d		Volumen de la cámara (m ³)	Renovación de aire diario 1/d		Volumen de la cámara (m ³)	Renovación de aire diario 1/d	
	t ^a <0	t ^a >0		t ^a <0	t ^a >0		t ^a <0	t ^a >0		t ^a <0	t ^a >0
2,5	52	70	20	16,5	22	100	6,8	9	600	2,5	3,2
3,0	47	63	25	14,5	19,5	150	5,4	7	800	2,1	2,8
4,0	40	53	30	13,0	17,5	200	4,6	6	1 000	1,9	2,4
5,0	35	47	40	11,5	15,0	250	4,1	5,3	1 500	1,5	1,95
7,5	28	38	50	10,0	13,0	300	3,7	4,8	2 000	1,3	1,65
10,0	24	32	60	9,0	12,0	400	3,1	4,1	2 500	1,1	1,45
15,0	19	26	80	7,7	10,0	500	2,8	3,6	3 000	1,05	1,30

Autoevaluación

¿Cuál es el número de renovaciones de aire en una cámara de congelación de 500 m³?

Utiliza la tabla de renovaciones de más arriba

- ☐ 2,8.
- ☐ 3,6.

Es correcto, se trata de una cámara negativa.

Estás en un error. Fíjate que la cámara de la que hablamos es de congelación, por lo tanto es una cámara negativa.

Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto

Ejercicio Resuelto

Calcular la carga térmica de una cámara frigorífica de 8 000 m³ debido a la renovación del aire. El producto requiere 2 renovaciones diarias. Las condiciones interiores son - 8 °C y 70 % de humedad relativa. Si la cámara está ubicada en Oviedo, determinar:

- a) Temperatura y humedad exteriores en el momento más desfavorable
- b) Entalpías, exterior e interior
- c) Las pérdidas por renovación de aire

Mostrar retroalimentación

Solución:

a) De las tablas de condiciones climáticas exteriores obtenemos para Oviedo: $T_{S0,4} = 28\text{ °C}$; $T_{HC0,4} = 22,5\text{ °C}$

En el diagrama psicrométrico, encontramos para estas temperaturas $H_r = 62,64\%$:

b) Las entalpías que encontramos con ayuda del diagrama psicrométrico son:

Exterior: $h_e = 66\text{ kJ/kg as}$

Interior: $h_i = -4,68\text{ kJ/kg as}$

c) La potencia de la cámara frigorífica por renovación de aire, en el momento más desfavorable, será:

$$\dot{Q}_{\text{renov}} = n \cdot V \cdot \rho \cdot \Delta h = \frac{2}{86\,400} \cdot 8\,000 \cdot 1,3287 \cdot [66 - (-4,68)] = 17,4 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 17,4\text{ kW}$$

2.3.- Carga térmica por el calor cedido por el producto por enfriamiento.

Al hablar del calor debido al almacenamiento de productos tenemos que distinguir dos partes, en primer lugar el **calor del producto para llevarlo a la temperatura del espacio refrigerado** y en segundo lugar el **calor de respiración** generado por parte de los productos refrigerados y los ya almacenados. Lógicamente, el calor de respiración (maduración, fermentación,...) se produce en cámaras positivas (temperatura mayor de 0 °C).

Calor de refrigeración

La cantidad de calor a extraer de un producto para llevarlo a la temperatura de la zona de refrigeración consta de uno o tres tramos, según sea la temperatura de entrada y la de la cámara. Si el producto entra a una temperatura positiva y hay que congelarlo, deberemos tener en cuenta que, en primer lugar, hay que bajar su temperatura hasta el punto de congelación, posteriormente habrá que congelarlo y finalmente habrá que rebajar su temperatura hasta la temperatura de almacenamiento. Por el contrario, si es una cámara positiva a, por ejemplo, 2 °C y el producto entra a 20 °C, sólo tendremos que bajar su temperatura sin necesidad de congelación. Veamos los detalles y las fórmulas ya conocidas:

Calor de refrigeración (sensible) a extraer, para enfriar el producto, desde su temperatura inicial hasta la de congelación.

$$\dot{Q}_r = \dot{m} \cdot c_e \cdot (t_2 - t_1) = \frac{m}{86\,400} \cdot c_e \cdot (t_{\text{entrada}} - t_{\text{congelación}})$$

Donde:

$\dot{Q}_r$ = Calor refrigeración (kW).

m = Masa de producto (kg/día). Si en una cámara hay una entrada diario de producto, será ese valor, pero si entra un día determinado (por ejemplo en un mes), habrá que considerar toda la masa en el mismo día, no dividirlo entre 30 días. Es decir, se toma el día con la mayor entrada de producto.

c_e = Calor específico (kJ/kg K).

Δt = Salto térmico (K). Es la diferencia de temperatura entre el valor que tiene el producto antes de entrar en la cámara y la temperatura de congelación (en la mayor parte de los casos, muy próxima a 0°C)

Calor de congelación (latente) a extraer, para congelar el producto.

$$\dot{Q}_L = \dot{m} \cdot c_L = \frac{m}{86\,400} \cdot c_L$$

Donde:

Q_L = Calor de congelación (kW).

m = Masa de producto (kg/día).

c_L = Calor latente de congelación (kJ/kg). Cada producto tiene un valor determinado.

Calor de enfriamiento (sensible) a extraer, para enfriar el producto desde su temperatura de congelación hasta la temperatura final deseada.

$$\dot{Q}_e = \frac{m}{86\,400} \cdot c_{ec} \cdot (t_{\text{congelación}} - t_{\text{cámara}})$$

Donde:

Q_e = Calor de enfriamiento (kW).

m = Masa de producto (kg/día).

c_{ec} = Calor específico del producto congelado (kJ/kg K).

Δt = Salto térmico (K). Es la diferencia de temperatura entre el valor que tiene el producto cuando se congela y la temperatura de almacenamiento de la cámara

Sumando las anteriores cargas térmicas, tendremos (sacando factor común la masa de almacenamiento):

$$\dot{Q}_R = \frac{m}{86\,400} \cdot [c_e \cdot (t_{\text{entrada}} - t_{\text{congelación}}) + c_L + c_{ec} \cdot (t_{\text{congelación}} - t_{\text{cámara}})]$$

Debes conocer

Para realizar los cálculos de calor cedido por los productos almacenados deberás utilizar alguna de las tablas existentes. A continuación tienes los parámetros de algunos productos de alimentación. Observa que el calor está expresado en kcal (1 kcal = 4,18 kJ)

Pescados y carnes

Lácteos y vegetales

Frutas

Varios

Parámetros de algunos productos (varios)

Tabla 11.3- Calor específico, composición, temperatura de congelación y de almacenamiento, volumen de almacenamiento, movimiento del aire, humedad relativa y período de conservación para diversos alimentos (Continuación)

Concepto	Calor específico		Calor latente de congelación Kcal/Kg	Contenido de agua %	Temperatura de congelación °C	Volumen aproximado de almacenamiento m³/tn	Temperatura de almacenamiento °C	Movimiento del aire	Humedad relativa %	Período de almacenamiento aproximado
	Sobre punto de congelación Kcal/Kg°C	Debajo punto de congelación Kcal/Kg°C								
VARIOS										
Aceites vegetales	-	-	-	15	-	-	+2/-10	-	-	6-12 m.
Aceitunas frescas	0,80	0,42	60	75	-2	-	+8/-10	-	85-90	1-2 m.
Achúcar entelado	0,64	-	-	36	-2,2	6,2	+1/+3	-	75-80	1-2 m.
Amaro	0,26	-	-	10	-1,7	7,5	+2/+4	-	65-70	6-8 m.
Arroz	0,20	0,20	40	0,5	-	-	+8/-10	-	45-50	1-3 a.
Cerveza	0,90	0,45	72	90	-2	6/10	0/+5	l	80-85	6-8 m.
Chocolate (sin olat.)	0,76	0,25	-	1,6	-	5,6	+4/+6	-	70-75	6-8 m.
Champón	0,93	0,47	72	91	-1	-	0/+2	l	80-85	10-12 d.
Flores	-	-	-	-	-	-	+1/+3	l	85-90	12-15 d.
Harinas	0,26	-	-	10	-1,7	9,4	+2/+4	-	60-65	6-8 m.
Hielos	0,78	0,45	67	100	-	18,7	-20/-30	-	80-85	1-4 m.
Hielo	1,00	0,48	80	100	0	6,2	-6/-8	-	75-80	-
Huevos	0,76	0,40	54	70	-2,2	-	-1/+1	f	80-85	6-8 m.
Huevos secados	0,25	0,21	5	6	-	6,9	+2/+4	l	90-95	6-8 m.
Huevos congelados	-	0,42	38	73	-2,2	-	-18/-30	-	-	10-12 m.
Levaduras	0,77	0,41	56	-	-	-	0/+2	f	75-80	12-15 d.
Maíz	0,79	0,42	39	74	-0,8	-	0/+2	-	80-85	20-25 d.
Malta	-	-	-	-	-	-	+1/+3	l	70-75	6-8 m.
Margarinas	0,80	0,36	30	17	-	5,0	+1/+3	l	75-80	6-8 m.
Mermeladas	0,48	-	-	36	-	8,1	+1/+3	-	70-75	6-8 m.
Miel	0,35	0,26	15	18	-	8,1	+1/+3	-	70-75	6-8 m.
Niños de flores	0,39	-	-	80	-2,2	9,4	+1/+3	-	70-75	1-5 m.
Pan	0,79	0,34	30	-	-8	-	-20/-30	-	-	20-30 d.
Piel	-	-	-	-	-	-	+2/-4	-	50-55	-
Plasma sanguíneo	-	-	-	-	-	5,6	+2/-4	-	70-75	-
Sangre	-	-	-	-	-	10,6	-3/-1	-	70-75	6-8 d.
Tabaco embalado	-	-	-	-	-	-	+1/+3	-	70-75	6-8 m.
Vino	-	-	-	-	-	7,5	+6/-10	-	75-80	6-8 m.
Yemas de huevo seco	-	0,25	5	-	-	-	+2/+4	-	50-55	6-8 m.

FUENTE: Industrias H.V.H. S.A., 1992

Nota d: días, m: meses, a: años, f: gran renovación de aire, l: ligera renovación de aire.

Calor de conservación

Por otra parte, las frutas y los vegetales continúan con vida después de su recolección. Uno de los aspectos que tenemos que considerar es la respiración. Las frutas, como el resto de los seres vivos, sufren un proceso de oxidación, en el que se combinan los carbohidratos con oxígeno, liberando CO_2 y produciendo calor. Este calor debe ser considerado como una parte de la carga del producto.

La carga debida al calor de respiración se calcula:

$$\dot{Q}_{\text{resp}} = \frac{m}{86\,400} \cdot c_R$$

Donde:

$\dot{Q}_{\text{resp}}$ = Calor de respiración (kW).

m = Masa de producto (kg/día).

c_R = Calor específico de respiración (kJ/kg).

Debes conocer

Como en el caso anterior, debemos conocer el calor de respiración o maduración de diferentes productos. Los procesos que generan este calor son los que tienen relación con la conservación de plantas (por ejemplo planteros), la maduración de algunos productos (por ejemplo, al conservar naranjas, estas van madurando), la fermentación (por ejemplo, la cerveza, el queso y otros productos). La tabla adjunta nos aporta algunos valores de referencia. Observa que el calor está expresado en kcal (1 kcal = 4,18 kJ)

Calor de respiración de algunos vegetales

Calor de respiración y producción de CO ₂ de productos de origen vegetal (Continuación)			
Frutas	Temperatura (°C)	Nivel respiratorio Kcal/tn 24h	Cantidad de CO ₂ m ³ /tn h
Melocotón	0	463	0,093
	2	618	0,125
	5	851	0,171
	7	1.236	0,250
Membrillo	0	237	
	5	384	
	15	1.584	
Naranja	0	123	0,025
	2	153	0,031
	5	233	0,047
	7	386	0,078
Plátano	12	930-2.659	0,187-0,536
	15	1.263-4.254	0,252-0,858
	20	1.994-8.642	0,402-1,748
	25	2.991-14.958	0,602-3,012
	31	4.587-23.368	0,924-4,682
Pera	0	166-232	0,034-0,047
	1	664-2.160	0,134-0,437
Tomate	12	997-1.462	0,200-0,296
	15	1.329-1.728	0,268-0,349
Zarzamora	0	1.196-1.329	0,240-0,268
	5	2.127-2.792	0,427-0,562
	10	5.318-6.448	1,067-1,304
	18	10.636-13.163	2,141-2,653
Uva	0	309	0,062
	2	384	0,078
	5	495	0,1
	7	777	0,156

Ejercicios Resueltos

1.- Calcular la carga térmica de una cámara frigorífica que congela 5 000 kg de bacalao fresco, que entra a 1 °C y debe rebajarse hasta -15 °C, en 24 horas ¿cuál sería la carga térmica si nos dicen que la temperatura debe alcanzarse en 4 horas? Obtener los datos necesarios de las tablas.

Mostrar retroalimentación

Solución:

En primer lugar, de la tabla adjunta obtenemos los valores necesarios. Podemos considerar que el calor específico de congelación y el calor latente de congelación del bacalao son muy similares al del pescado fresco.

Calor específico, composición, temperatura de congelación y de almacenamiento, volumen de almacenamiento, movimiento del aire, humedad relativa y periodo de conservación para diversos alimentos

Concepto	Calor específico		Calor latente de congelación Kcal/Kg	Contenido de agua %	Temperatura de congelación °C	Volumen aproximado de almacenamiento m³/tn	Temperatura de almacenamiento °C	Movimiento del aire	Humedad relativa %	Periodo de almacenamiento aproximado
	Sobre punto de congelación Kcal/Kg°C	Bajo punto de congelación Kcal/Kg°C								
PESCADOS										
Anchoas ahumadas	0,36	-	-	83	-	-	-100	-	80-85	1-2 m.
Bacalao	0,29	-	-	83	-1,7	12,5	-10/-4	I	80-85	12-18 d.
Bacalao salado	-	-	-	-	-	-	-20	-	80-85	4-6 m.
Bogaventa cocida	0,81	0,42	58	-	-	-	+1/-2	-	85-90	10-15 d.
Bogaventa cruda	0,81	0,42	58	-	-	-	+2/+4	-	90-95	4-6 d.
Langosta cocida	0,81	0,42	58	-	-	-	0/+2	-	81-90	10-15 d.
Langosta viva	0,81	0,42	58	-	-	-	+2/+4	-	90-95	4-6 d.
Oscuro	0,84	0,44	64	80	-2,2	-	-1/-1	I	85-90	1-2 m.
Pescado fresco	0,82	0,43	58	73	-1/-2	12,5	0/+2	-	90-95	10-15 d.
Pescado seco	0,56	0,34	36	45	-	-	-100	-	75-80	3-4 m.
Pescado congelado	-	-	-	-	-	7,5	-12/-20	I	90-95	6-10 m.
Pescado poco salado	-	-	-	-	-	-	-20	I	85-90	4-6 m.
Pescado ahumado	0,76	-	-	-	-	-	+4/+6	-	60-65	6-8 m.

$$\begin{aligned}
 \dot{Q}_{R24h} &= \frac{m}{t} \cdot [c_e \cdot (t_{\text{entrada}} - t_{\text{congelación}}) + c_L + c_{ec} \cdot (t_{\text{congelación}} - t_{\text{cámara}})] = \\
 &= \frac{5\,000}{86\,400} \cdot [0,76 \cdot (1 - (-1,7)) + 58 + 0,43 \cdot (-1,7 - (-15))] \\
 &= \frac{5\,000}{86\,400} \cdot [2,052 + 58 + 5,719] = \frac{5\,000}{86\,400} \cdot 65,771 = 3,806 \frac{\text{kcal}}{\text{s}} = 15,91 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \\
 &= \mathbf{15,91 \text{ kW}}
 \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{R4h} = \frac{5\,000}{4 \cdot 3\,600} \cdot 65,771 = 22,836 \frac{\text{kcal}}{\text{s}} = 95,45 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = \mathbf{95,45 \text{ kW}}$$

Es decir, si queremos refrigerar el bacalado en 4 h, en lugar de a lo largo de un día, la potencia térmica de la cámara es 6 veces mayor.

2.- Calcular la carga térmica derivada del proceso de conservación de 100 tn de uva a 7 °C.

Mostrar retroalimentación

Solución:

Como el calor de respiración nos lo dan por tonelada, la masa la pondremos en esa misma unidad:

$$\dot{Q}_{\text{resp}} = \frac{100}{86\,400} \cdot 777 = 0,899 \frac{\text{kcal}}{\text{s}} = 3,759 \text{ kW}$$

2.4.- Carga térmica interna y carga total.

Dentro de este apartado incluimos las cargas por personas que entran en la cámara, la iluminación y los motores de los ventiladores de los evaporadores.

Cargas debidas a las personas.

Las personas que trabajan dentro de la cámara, cargando y descargando género suponen una fuente de calor suplementario. El valor de ese aporte de calor dependerá de la temperatura de la cámara como puede verse en la siguiente tabla.

Ganancia por personas

Temperatura de la cámara (°C)	Potencia liberada por la persona (W)
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390
-25	420

La potencia total debida a las personas será:

$$\dot{Q}_p = \frac{n \cdot q \cdot t}{24}$$

Donde:

Q_p: Carga térmica debido a las personas (W)

n. Número medio de personas que entran en la cámara

p: Potencia disipada, según tabla anterior (W)

t: Tiempo medio de permanencia en horas al día (h)

Cargas debidas al alumbrado

Si se conoce la potencia del alumbrado instalado el valor será:

$$\dot{Q}_a = \frac{P \cdot t}{24}$$

Donde:

$\dot{Q}_a$: Carga térmica debido al alumbrado (W)

P: Potencia media de funcionamiento (W)

t: Tiempo de funcionamiento diario (h)

Para los fluorescentes se toma entre un 10% y un 25 % de incremento de la potencia instalada en los casos en que tengan reactancia o balasto electromagnético. Si se desconoce la potencia instalada se puede tomar 6 W/m² para zonas de almacenamiento y 15 W/m² para zonas de trabajo.

Cargas debidas a los motores

La potencia de los ventiladores se desconoce a priori. Su valor se calcula posteriormente junto con el resto de componentes del circuito frigorífico. Para el cálculo de la carga térmica supondremos que es un 10 % de la suma del resto de factores.

Carga total.

La carga total de la instalación será la suma de todas las cargas parciales que hemos visto. Al resultado se le añade un 10-15 % como factor de seguridad.

Caso práctico

Hay muchos programas para el cálculo de cargas térmicas en sistemas frigoríficos. Los programas más completos, lógicamente, no son gratuitos. No obstante, hay programas de cálculo que son gratuitos y pueden servir para propósitos de formación. Vamos a ver dos de ellos que, además de calcular cargas térmicas, sirven para simular diferentes posibilidades de funcionamiento. Uno es online (Intarcon) y otro es descargable (FRIO). El primero es de un fabricante y libre acceso online y el segundo requiere solicitud para acceder a su uso.

Intarcon

Frío



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Asociación Técnica Española
de Climatización y Refrigeración

Programa de descarga gratuita en la web propiedad de la Fundación de Atecyr de acuerdo con el contrato firmado
Valencia en la web:

www.calculaconatecyr.com



FRIIO_v2_1_2



☒ Refrigerantes

☒ Balance

☒ Diagrama

☒ Tuberías

☒ Cielos

☒ Salir

Archivo Ver Imprimir

Proyecto | Productos | Diseño Cámara | Otras Cargas | Resultados

Datos Generales

Empresa:

Título:

Autor:

Fecha:

Condiciones Exteriores

Reemplazar con:

☒ GUIA ☐ UNE ☐ ASHRAE ☐ Usuario

Localidad:

T_{o, est, max}: °C % Th, est: 23.6 °C

Temp. terreno: °C Nivel percentil anual (%):

Datos Globales

☒ Cámara Conservación

☐ Cámara Congelación

☐ Otras

Hora diaria de funcionamiento del equipo: ?

Coef. de majoración/seguridad:



Ejercicios Resueltos

1.- Determinar la carga térmica de una cámara que tiene los siguientes equipos eléctricos:

*** 7 ventiladores extractores de una potencia de 2 kW cada uno que funcionan 2 horas diarias**

*** 20 pantallas fluorescentes de 120 W cada una, que están encendidas durante 8 horas diarias**

*** 50 bombillas de bajo consumo de 20 W cada una que están permanentemente funcionando**

Mostrar retroalimentación

Aplicando la fórmula vista, teniendo la precaución de aumentar un 25% la potencia de los fluorescentes debido a al balasto o reactancia (tomamos el valor superior):

$$\dot{Q}_a = \frac{(7 \cdot 2 \cdot 2 + 0,12 \cdot 1,25 \cdot 20 \cdot 8 + 50 \cdot 0,2 \cdot 24)}{24} = 3,17 \text{ kW}$$

2.- ¿Cuál será el calor a tener en cuenta en una cámara de refrigeración en la que introducen género durante dos horas diarias, un total de 12 personas, con un tiempo de permanencia medio de 30 minutos? La temperatura de la cámara es de - 20 °C

Mostrar retroalimentación

Solución:

$$\dot{Q}_p = \frac{12 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 0,39}{24} = 0,195 \text{ kW}$$

3.-Un recinto frigorífico en Zaragoza, de 20 m x 10 m x 3 m, está dentro de una nave y almacena 200 tn de naranjas a 1 °C y 90 % de humedad. Calcular la carga térmica para la situación más desfavorable del verano, a partir de los datos complementarios siguientes. Utiliza el programa online Intarcon. Decide los valores complementarios que sean necesarios:

- Diariamente hay una entrada-salida de producto de 15 tn a una temperatura de 20 °C, las cuales deben alcanzar la temperatura de almacenamiento en 24 horas.
- Las paredes, puerta y techo son de poliuretano inyectado de 12 cm ($\lambda=0,025 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$) y dan a una nave interior
- El suelo no está apenas aislado ($U = 1 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)
- Los ventiladores con un total de 5,96 kW funcionan una media de 12 horas diarias y los 50 fluorescentes de 40 W lo hacen 8 horas al día.
- El resto de cargas ascienden a 400 W de media diaria (operarios, sistemas de desescarche y carretilla eléctrica). La puerta, de 2 m x 2,5 m permanece abierta 30 minutos diarios en total y hay 2,5 renovaciones de aire diarias.
- Los palets que contienen las naranjas pesan alrededor del 5% del peso del producto (unos 16 kg/m^3)

Mostrar retroalimentación

En primer lugar ponemos los datos de temperaturas y dimensiones. Si seleccionamos España nos aparece una temperatura que no corresponde con las de las tablas climáticas. Por ello, podemos tomar la temperatura predeterminada por el programa, podemos cambiarla o podemos cambiarla y poner otro valor. Por el momento utilizaremos esta.

El valor de la temperatura interna que tomamos es de 1 °C (ya que en tablas vemos que la temperatura de conservación están entre 0 °C y 2 °C). El valor de respiración vemos que es de 123 kcal/tn·día (a 0 °C), que equivale a 0,514 kJ/kg·día. Igualmente, vamos variando el % de renovación de producto hasta que obtenemos aproximadamente los 15 000 kg.

Las temperaturas exteriores en Zaragoza son las de la tabla:

Provincia		Estación		Indicativo			
Zaragoza		Zaragoza (Aeropuerto)		9434			
UBICACIÓN: AEROPUERTO			Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
247	41 ⁰ 39'43"	01 ⁰ 00'29" W	87.600 (1998-2007)	(2) 18.980 (1998-2007)	13.140 (1998-2006)		
CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)							
TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)		
-9,5	-3,0	-1,1	9,3	89	39,2		
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)							
TSMAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
42,3	36,2	21,8	34,5	21,7	32,8	21,5	17,1
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)							
TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)		
23,3	33,7	22,5	33,4	21,8	32,7		

Sustituyendo en la siguiente pantalla los valores obtenidos y otros del enunciado, tenemos:

Transformando algunos valores del problema para poderlos introducir en el programa, tenemos:

Item	Unitary power		Total power	
- People:	272 W/person	x 0 people	0 W	$\Rightarrow \frac{40 \times 50 \times 1,25 \times 8}{24} = 833 \text{ W}$
- Lighting:	4.165 W/m²	x 200 m²	833 W	
- Door heating:	0 W/ml	x 9 m door frame	0 W	
- Other:			400 W	
- Defrost:		0 % total	0 W	
- Evaporator fans:		13.05 % total	2979 W	$\Rightarrow \frac{5\,960 \times 12}{24} = 2\,980 \text{ W}$

Finalmente, con un funcionamiento del compresor de la cámara de 20 h sobre las 24 horas diarias (en los momentos de mayor carga térmica), tendremos una carga térmica total de 33,466 kW

Start Goods Cold room Loads **Results** Selection ? Close

Daily refrigeration needs:

Load Category	Value (kJ/day)	Percentage
- Goods refrigeration load:	1131796	52%
- Heat transfer through enclosure:	611748	28%
- Heat input due to air renewal:	105300	5%
- Internal heat load:	341640	16%
TOTAL REFRIGERATION NEEDS:	2190483	

Cooling capacity needed:

- Safety margin:	+10 %
- Operation time per day:	20 hours/day
RATED COOLING CAPACITY :	33466 W

4.- Resolver el problema anterior con el programa FRIO

Mostrar retroalimentación

Introducimos los valores, tal como vemos en las siguientes pantallas. Vemos que el calor de respiración es mayor en este programa y, además considera el calor de respiración de las naranjas cuando entran a 20°C y hasta que, al cabo de 24 h, han alcanzado la temperatura de la cámara. En resumen, nos debería salir una carga térmica algo mayor que con el programa Intercon, como así vemos: 37.2 kW.

Proyectos | Productos | Directorio Cámaras | Otras Cargas | Resultados

Datos Generales:

Empresa: EIT

Título: Cámara frigorífica Zanopora

Autor:

Fecha: 17/05/2020

Condiciones Exteriores:

Ref: **CA**

GUÍA **UNE** **ASHRAE** **Usuario**

Localidad: Zanopora (Elemental) (90M)

Tem ambiente: 34.0 °C ± 25 % Tem máx: 21.3 °C

Temp interior: 25.00 °C: No (0 percent anual) (%)

Datos Globales

☒ Cámara Conservación

☐ Cámara Congelación

☐ Otros

Hora de inicio de funcionamiento del equipo: 20

Cost. de mano de obra / seguridad: % 10

Base de datos de productos

Fruta	Melón
Fruta	Manzana
Fruta	Naranja
Fruta	Nuez
Fruta	Papa
Fruta	Papa madura
Fruta	Papa verde
Fruta	Pimiento maduro
Fruta	Pimiento verde
Fruta	Pimiento
Fruta	Sandía
Fruta	Uva
Lácteos	Holanda
Lácteos	Leche
Lácteos	Mozzarella
Lácteos	Queso
Molinos	Molinos
Pescado	Pescado fresco
Pescado	Pescado congelado
Pescado	Pescado salado
Verduras	Zanajo

Colores Específicos

☒ Correo (Temperatura)

Cu (KJ/kg°C)

Antes con: 3.0

Temperatura (KJ/kg°C)

T=25°C: 9.21

T=40°C: 9.04

Almacenamiento Refrigerado

Densidad de almacenamiento: 333 g/kg

Presión Color: 4

Temperatura (°C): 4

Tiempo: 2 meses

Habitabilidad: 05

☒ Acepta

Presión Color: 4

Temperatura (°C): 4

Tiempo: 4 meses

Habitabilidad: 30

☒ Acepta

Densidad = 200 000 kg = 333 kg/m³

600 m³

Proyecto | Productos | Diseño Cámara | Otras Cargas | Resultados

Características físicas del producto

Denominación: ?
 Densidad de almacenamiento: kg/m³ Temperatura congelación: °C
 Producto refrigerado, tiempo largo de almacenaje
 Temperatura recomendada=1°C Hr recomendada=90 %

Calores Específicos

Cp antes Cong. kJ/kg°C
☒ Contar Carga Respiración ?
 C.respiración a 25°C kJ/kg día
 C.respiración a 0°C kJ/kg día

Calor kW-h/producto

Antes de Congelar	301.63
Congelación	0.00
Después de congelar	0.00
Resp prod. entrante	31.40
Resp. prod. almacenado	60.37

Condiciones interiores de la cámara

? ☒ Temp. y humid. función del producto
 Temperatura °C Hum. relativa %

Características del producto en la cámara

Temperatura de entrada °C ? Tiempo de regimen horas ?
 Capacidad cámara Tn Porcentaje entrada diario %
☐ Existe embalaje
☒ Existe palet peso % Calor específico kJ/kg°C

Potencias térmicas/producto

Enfriamiento producto	12.57 kW	12.57 kW
Respiración	3.82 kW	3.82 kW
Enfriamiento embalaje	----- kW	0.00 kW
Enfriamiento palets	0.45 kW	0.45 kW
TOTAL	16.84 kW	16.84 kW

Total Cámara

16.84 kW

Datos Productos en el interior de la cámara

Denominación	T.ca	Hr	t(h)	T on.ca	T_ent	%_dia	Embalaje	Cp_emba	%_emba	Pot.Embalaje	Palets
Naranja	1	90	24	200	20	7.5	False	2.72	3	0.00	True

Proyecto | Productos | Diseño Cámara | Otras Cargas | Resultados

Condiciones térmicas de la cámara

Humedad relativa 90.00 % Humedad relativa: %

Dimensiones interiores

Alto m Ancho propuesto 11.60 m Ancho real m
 Largo propuesto 17.40 m Largo real m

Diseño constructivo

☒ Paredes y techos iguales

Características Techos

☒ Ver paredes h= w/m² °C h= w/m² °C
 Interior Teq= °C
 Poluretano en placas 12 cm U= W/m²°C
 Superficie: 200.00 m² 7.0 W/m² Potencia térmica perdida: 1.41 kW

Características Paredes

☒ Ver paredes h= w/m² °C h= w/m² °C
 Interior Teq= °C
 Poluretano en placas 12 cm U= W/m²°C
 Superficie: 180.00 m² 7.0 W/m² Potencia térmica perdida: 1.26 kW

Características Suelo

☒ Ver Suelos h= w/m² °C h= w/m² °C
 Con vacío sanitario Teq= °C
 Indeterminado U= W/m²°C
 Superficie: 200.00 m² 17.0 W/m² Potencia térmica perdida: 3.38 kW

Material

Material	Conductividad W/mK
Poluretano expandido	0.023
Poluretano en placas	0.023
Poliestireno	0.028
Fibra de vidrio con poliestireno	0.031

Espeor Asilante cm

h.int W/(m²K)
 h.ext W/(m²K)
 K= W/(m²K)

Proyecto | Productos | Diseño Cámara | Otras Cargas | Resultados

Renovación aire

Condición de trabajo: NRenovación/da sugerida: 2.00 Volumen de aire renovado: 62.50 m³/h
 Aire de renovación T= °C s= % Potencia térmica Perdida: 1.05 kW

Otras cargas

Nº personas Potencia térmica personas: 0.00 kW
 Iluminación (W/m²) Potencia térmica iluminación: 0.83 kW
 Máquinas/herramientas kW Potencia térmica Total: 1.23 kW

Ventiladores

☒ Potencia eléctrica kW
☐ % del total
 Potencia térmica perdida: 2.38 kW

Carga Productos

Enfriamiento producto	12.6 kW
Respiración del producto	3.82 kW
Enfriamiento embalajes	0 kW
Enfriamiento palets	0.45 kW
Total Productos	16.8 kW

Cargas Propias de la Instalación

Pérdidas por las paredes, techo y suelo de la cámara	6.95 kW
Pérdidas debidas a ventiladores	2.38 kW
Pérdidas debidas a renovación de aire	1.05 kW
Pérdidas debidas a iluminación	0.83 kW
Pérdidas debidas a personal	0 kW
Pérdidas debidas a otros factores	0.4 kW
Total Cargas Propias	11.3 kW

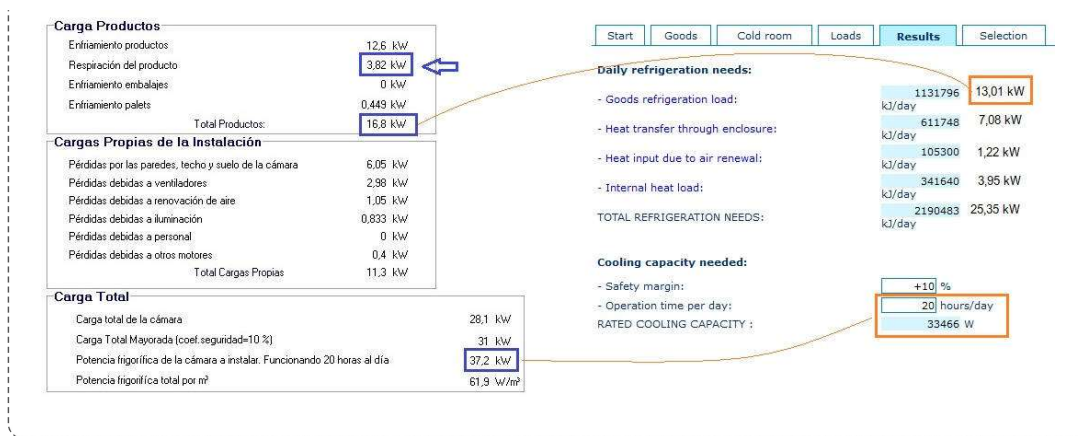
Carga Total

Carga total de la cámara	28.1 kW
Carga Total/Megawatt (por segundos=10.3)	31 kW
Potencia hipotética de la cámara a instalar: Funcionando 24 horas al día	37.2 kW
Potencia hipotética total por m²	61.8 W/m²

5.- Comparar los resultados de los dos problemas anteriores y ver si las diferencias son consistentes

Mostrar retroalimentación

Como ya se ha indicado, las diferencias son debidas, esencialmente al calor de respiración de los productos, ya que el programa Frío es más preciso. Este programa computa el calor de respiración de los productos mientras están siendo refrigeradas a la temperatura de la cámara, lo cual cuesta 24 h. En el programa Intarcon, se ha considerado el calor de respiración constante a 0 °C (0,514 kJ/kg).



Ejercicios Para Resolver

1.- Tenemos una cámara frigorífica de preenfriamiento para carne de ternera, en donde el producto entra a una temperatura de 5 °C y se enfría hasta la temperatura de almacenamiento. Calcular la cantidad máxima de carne de ternera que puede preenfriarse si el tiempo máximo para realizar este tratamiento es de 3 horas y la potencia del grupo refrigerador es de 10 kW, sabiendo que para el resto de pérdidas se emplean 3 kW.

Mostrar retroalimentación

Solución: 6 368 kg para una temperatura de almacenamiento de 1 °C

2.- Propón un enunciado de un pequeño proyecto para mantener pescado fresco congelado. Decide los diferentes datos, partiendo del marco siguiente:

- Almacenar 300 tn de pescado con un embalaje que supone el 3% del peso
- Se renueva el 10% del género un día a la semana

Decide las dimensiones, la composición de las paredes, el emplazamiento, los tiempos, la temperatura de conservación,... y calcula la carga térmica con ambos programas y, si quieres rizar el rizo, también puedes hacerlo analíticamente con las fórmulas que hemos visto. Luego puedes comparar resultados.

Mostrar retroalimentación

Solución: Como este ejercicio es abierto, su solución depende del planteamiento y de los datos que se tomen. De todos modos, al calcular la carga térmica mediante métodos diferentes, ésta será la

manera de comparar resultados y comprobar que se aproximan.
Proceder como en el ejemplo resuelto y comparar resultados.

3.- Cálculo de cargas térmicas en climatización.

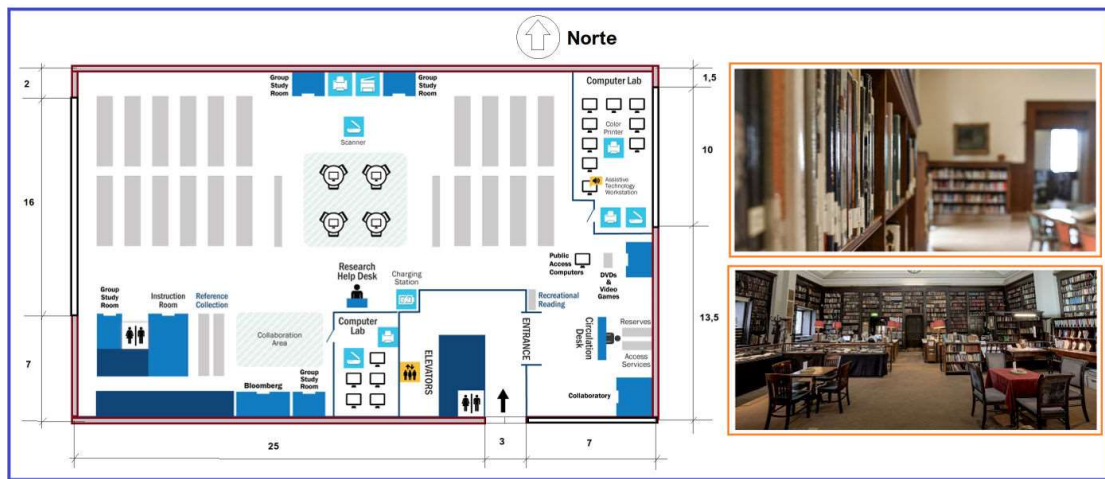
Caso práctico: acondicionamiento de un espacio escolar polivalente

En la unidad anterior hemos visto los problemas de altas temperaturas que hay en muchos centros escolares del sur. Además de no tener una arquitectura pasiva acorde con el clima, salvo algunas excepciones, no tienen sistemas de climatización. Pues bien, en este caso práctico vamos a dar solución a este problema. En un centro escolar de Sevilla se va a **reconvertir un gimnasio, que apenas se usa, en un espacio polivalente-biblioteca innovador en el que se va a trabajar con el alumnado por proyectos en los meses finales de curso que, además son los más calurosos**. Pero resulta imprescindible colocar algún tipo de climatización y, lo primero que hay que hacer, como sabes, es calcular la carga térmica. Este problema lo podremos resolver al final de esta unidad y, lo que es más importante, podrás calcular la carga térmica de climatización de cualquier espacio y en cualquier lugar.

En unidades posteriores veremos los equipos y tipos de instalaciones apropiados, pero siempre se empieza a plantear una instalación de este tipo, a partir del cálculo de cargas térmicas. Y eso es lo que vas a aprender a hacer en esta unidad. Podrás determinar la potencia térmica que debería tener un equipo de acondicionamiento para refrigerar uno o varios espacios. En este apartado recurriremos al caso práctico planteado y que se concreta en el siguiente plano.

Datos complementarios son:

- Los ventanales son de doble vidrio (6 + cámara de argón de 16 + 4), con transmitancia de $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ y 0,33 de factor solar, con una altura de 2 m y marcos metálicos.
- La puerta de entrada es acristalada, con las mismas características térmicas de los ventanales y una altura de 2,5 m.
- La altura de techos es de 4 m.
- Todas las transmitancias de paredes, suelo y techo son las máximas legales permitidas en Sevilla. La densidad superficial de muros y techo es, respectivamente, de 300 kg/m^2 200 kg/m^2
- Tiene 4 claraboyas, de 2 m^2 cada una, de vidrio doble de 6 mm, con cortinas protectoras que consiguen un factor de atenuación de 0,2. Su transmitancia es de $2 \text{ W/m}^2\text{K}$
- La ocupación es en horario de 8 h hasta las 15 h.
- El número de personas es de 3 aulas, con un total de 85 alumnos y 5 adultos, entre profesores y personal de biblioteca



[Piqsels](#). Biblioteca (Dominio público)

La carga térmica total de climatización se calcula de manera muy similar a las cargas que se han calculado hasta ahora (calefacción y refrigeración) y resulta de la suma de varios factores, siendo nuevo el correspondiente a la radiación solar, un cálculo más preciso en la transmisión, así como contemplar el calor emitido por las personas y la actividad que realizan en el interior del local o vivienda. Estas diferencias obligan a realizar los cálculos a una hora determinada, ya que hay que encontrar el momento más desfavorable y este se producirá cuando el nivel de actividad en el local sea el máximo y la radiación solar sea también la mayor posible.

La actividad en un local, comercio, empresa, etc. varía o largo del día o, incluso, de la semana o momento del año. Pensemos, por ejemplo, en una instalación de climatización de un centro comercial en el que a la hora punta puede haber 500 clientes, cada uno de los cuales puede desprender un calor sensible y latente superior a 100 W, lo que supone la previsión de una carga térmica de 50 kW.

Por otro lado, la radiación solar puede variar extraordinariamente la necesidad de refrigeración o calefacción a lo largo del día. Mientras que la radiación solar no se tenía en cuenta al calcular la carga térmica máxima en calefacción (ya que esta radiación disminuiría este valor, y no olvidemos que estamos calculando la demanda máxima de calefacción y ello se produce sin radiación solar), en climatización hay que considerarla, ya que puede aumentar notablemente la necesidad de refrigeración a determinadas horas.

Finalmente, las condiciones de confort y calidad del aire, que han sido tratadas en la unidad de trabajo anterior, hay que tenerlas en cuenta en la determinación de los datos de partida, por lo tanto, en el cálculo de las cargas térmicas en climatización se aplicarán directamente conceptos, procedimientos, fórmulas y tablas ya vistas con anterioridad. Cualquier duda debe remitir a la unidad de trabajo mencionada.

Debes conocer

En recursos dispones de las tablas necesarias para los cálculos de climatización, en este documento:

Para saber más

Si se desea profundizar más, puede consultarse la Parte Primera (Estimación de la carga térmica) del libro "Manual de aire acondicionado. Carrier. Ed. Marcombo. Barcelona, 2009, págs. 3 a 106". En este libro se aplica el denominado **Método Carrier**.

3.1.- Temperatura de proyecto.

Condiciones exteriores

Lo primero que tenemos que decidir son las condiciones exteriores e interiores del proyecto. Las condiciones exteriores a tener en cuenta son, como ya se ha visto, la temperatura (exterior y terreno), la humedad, el viento y la radiación solar. Esta última es especialmente importante en el cálculo de las cargas térmicas en verano e, incluso, en invierno. Muchos de estos datos pueden obtenerse de tablas como las que se han utilizado hasta ahora y siguiendo procedimientos de cálculo similares.

Hay que comenzar fijando la fecha para la que se efectúa el cálculo. Se suele hacer para la situación más desfavorable. Se establece en general que esto sucede a las 15 h solar de la tarde del mes de julio (serían las 17 h oficiales). Las tablas parten de esa situación, pero se puede calcular también para otras fechas y horas. Por ejemplo, puede ocurrir que sea necesario hacer un cálculo complementario de la situación térmica de un edificio, con gran superficie de acristalamiento, para que en invierno no comience a funcionar el aire acondicionado cuando en el exterior pueda haber 5 °C (cosa posible debido a la radiación solar en las primeras horas de la mañana).

Como se ha visto, hay que trabajar con un porcentaje de días en los que nuestra instalación no va a ser capaz de responder a ciertas exigencias extremas (percentil). Este percentil, en climatización puede ser de 0,4 %, 1%, 2,5 %. Ello supondrá un dimensionamiento de los equipos bastante más favorable a costa de que, por ejemplo, un día o dos días concretos, la temperatura interior, en verano, ascienda a 26 °C en lugar de a 25 °C. Esta pequeña desviación de la situación de confort ideal nos puede permitir, por ejemplo, disponer de un equipo un 15 % más pequeño.

Los casos más exigente, 0,4 % y 1%, se suelen plantear para hospitales, salas de ordenadores u otros lugares en los que sea importante mantener una temperatura constante.

Condiciones interiores

Las condiciones interiores son las que marca el RITE, tal como se ha visto en la anterior unidad de trabajo.

Estación	Temperatura operativa	Humedad relativa	Criterios de diseño de instalaciones
VERANO	23 °C a 25 °C	45 % a 60 %	25 °C para sistemas de refrigeración
INVIERNO	21 °C a 23 °C	40 % a 50 %	21 °C para sistemas de calefacción Se podrá admitir una humedad relativa del 35 % en las condiciones extremas de invierno durante cortos períodos de tiempo.

Por otro lado, en locales de trabajo o industriales, las normas sobre condiciones de seguridad en centros de trabajo también obligan a que la temperatura en talleres e industrias esté dentro de los márgenes de temperatura, entre 17 a 27 °C y de humedad relativa de 30 a 70%.

El proceso que vamos a seguir va a ser mediante el caso práctico presentado y que iremos desarrollando en cada apartado.

Ejercicio resuelto

Determina las condiciones del proyecto de la biblioteca de Sevilla.

Mostrar retroalimentación

En primer lugar vamos a fijar la temperatura exterior seca y húmeda consultando la tabla de condiciones climáticas en Sevilla. Tenemos dos opciones, considerar la temperatura más alta del año, en el percentil correspondiente, o calcular la temperatura y humedad en junio (ya que en julio y agosto no hay clases). Vamos a optar por el primer caso, sabiendo que nos dará una carga térmica más alta. Posteriormente, cuando utilicemos el programa CLIMA para comparar resultados, nos costará poco tomar las temperaturas de junio (las podemos obtener de Climate Consultant y Energy Plus)

Provincia	Estación		Indicativo				
Sevilla	Sevilla (Aeropuerto)		5783				
UBICACIÓN: AEROPUERTO			Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
26	37°25'26"	05°54'13" W	73.654	14.591			
CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)							
TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoín (%)	OMA (°C)		
-3,5	3,1	4,5	12,9	79,4	36,1		
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)							
TSMAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
45,2	39,2	24,3	37,6	23,6	36,1	23,3	17,4
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)							
TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)		
25,6	25,6	24,6	24,6	23,8	23,8		

La temperatura interior es a criterio del proyectista, siempre que se cumplan los límites marcados por el RITE. Escogemos un valor medio, es decir, 24 °C. La humedad relativa la fijaremos en un 45 %

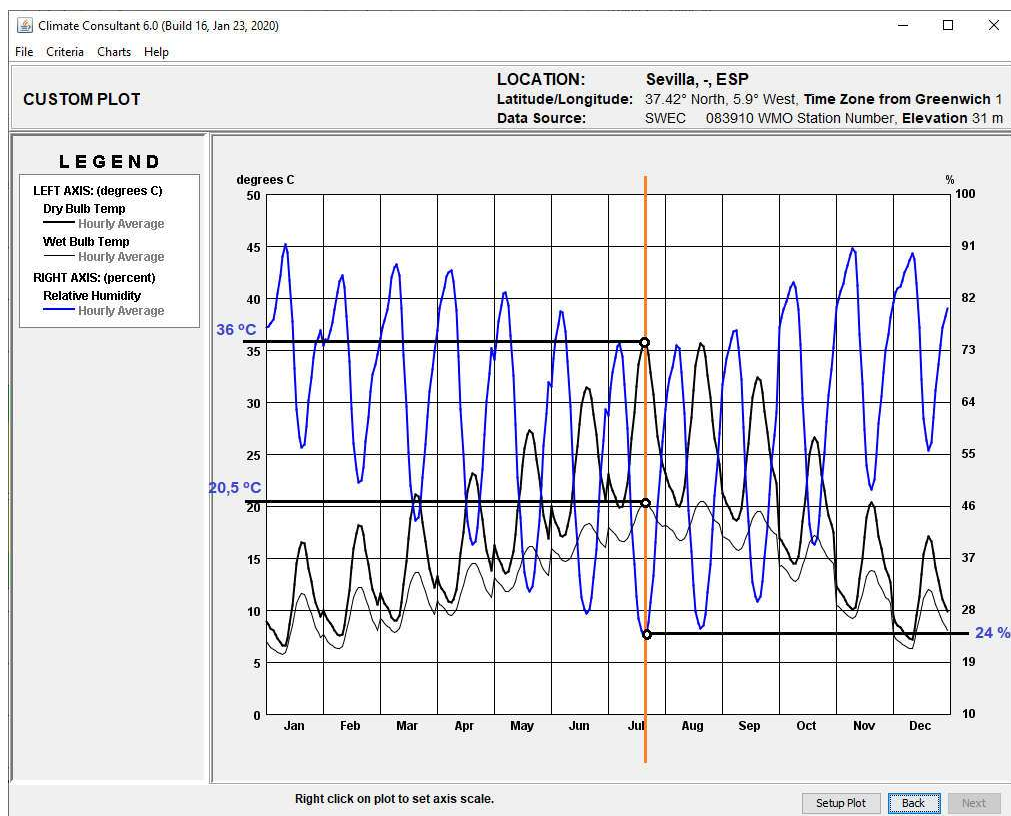
Para saber más

Si utilizamos el programa Climate Consultant y descargamos la base de datos climática de Sevilla en Energy Plus, obtenemos datos más detallados, como

los que se ven en los gráficos siguientes:

Temperaturas y humedad en Sevilla

En el gráfico, customizado en el programa Climate Consultant, vemos que las temperaturas máximas medias en julio son de 36 °C, la de bulbo seco y de 20,5 °C la de bulbo húmedo, con una humedad relativa del 24 %. Conviene distinguir, que estas temperaturas no están basadas en percentiles, sino la media de las temperaturas máximas en julio en las últimos años. Lo mismo respecto a la temperatura de bulbo húmedo, es la media de julio. Son valores algo diferentes a los de la tabla del IDAE, pero también son buenos datos de partida, que podríamos adoptar en nuestro proyecto.



3.2.- Ganancia solar a través de las ventanas.

Dependiendo de la latitud, la ganancia térmica debido a la radiación solar será una u otra. Por ello, existen tablas y programas que permiten determinar cuánta energía incide, en un momento dado, sobre una superficie vertical (u horizontal) que esté con una orientación determinada. La tabla que se emplea en nuestra situación geográfica es la correspondiente a 40° de Latitud Norte. En ella, se encuentra la aportación solar a través de vidrios sencillos y sobre los valores obtenidos aplicaremos unos coeficientes correctores debidos al tipo de cristal, a la existencia de persianas, etc. Para ello utilizaremos las [tablas ya mencionadas al inicio de la unidad](#) y veremos su uso en el ejercicio resuelto relacionado con la biblioteca de Sevilla.

La hora solar es la hora real, es decir, son las 12 del mediodía cuando el Sol está en el cénit (lo más alto). La hora oficial (que determina el gobierno) añade una hora (o dos en el horario de verano). Es decir, en invierno, la hora del reloj a las 13 h equivale a las 12 h solares y en verano, a las 14 h de reloj son las 12 h solares.

El Código Técnico de la Edificación, en su documento técnico de apoyo DA DB-HE / 1 plantea una serie de factores de corrección en función del tipo de huecos, tal como se ve en las imágenes de los siguientes casos y que están trasladadas a los diferentes programas informáticos de cálculo de instalaciones térmicas:

Voladizos

Retranqueos

Tabla 17 Factor de sombra para obstáculos de fachada ($F_{sh,obst}$): Retranqueo

ORIENTACIONES DE FACHADAS

		$0,05 < R/W \leq 0,1$	$0,1 < R/W \leq 0,2$	$0,2 < R/W \leq 0,5$	$R/W > 0,5$
S	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,82	0,74	0,62	0,39
	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,76	0,67	0,56	0,35
	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,56	0,51	0,39	0,27
	$R/H > 0,5$	0,35	0,32	0,27	0,17
SE/SO	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,86	0,81	0,72	0,51
	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,79	0,74	0,66	0,47
	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,59	0,56	0,47	0,36
	$R/H > 0,5$	0,38	0,36	0,32	0,23
E/O	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,91	0,87	0,81	0,65
	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,86	0,82	0,76	0,61
	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,71	0,68	0,61	0,51
	$R/H > 0,5$	0,53	0,51	0,48	0,39

NOTA: En los huecos orientados a norte se puede considerar como valor simplificado 1

Ejercicio resuelto

Determina la ganancia solar que se produce en la biblioteca de Sevilla, el 21 de junio a las 14 h del horario oficial. Como sabemos que en julio no habrá clases, optamos por alguno de los últimos días de junio a una hora en la que todavía el alumnado está en clase.

Mostrar retroalimentación

Podríamos tomar, al igual que se ha hecho con las temperaturas, la radiación solar coincidente con las temperaturas máximas, que suele ser el 21 de julio a las 15 h). No obstante mucho no variará. Se deja este cálculo alternativo como ejercicio. En la tabla adjunta se seleccionan las horas y orientaciones para la fecha señalada, obteniendo los valores indicados.

40°		TABLA 1 - APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE VIDRIO SENCILLO - W/(m² de abertura) - (continuación)																40°	
0° LATITUD NORTE		HORA SOLAR																0° LATITUD SUR	
Época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época			
21 Junio	N	100,92	62,64	37,12	40,6	44,08	44,08	44,08	44,08	44,08	40,6	37,12	62,64	99,76	S	22 Diciembre			
	NE	371,2	417,6	351,48	229,68	93,96	44,08	44,08	44,08	44,08	40,6	37,12	31,32	18,56	SE				
	E	395,56	505,76	509,24	446,6	298,12	138,04	44,08	44,08	44,08	40,6	37,12	31,32	18,56	E				
	SE	160,08	276,08	342,2	349,16	310,88	222,72	106,72	44,08	44,08	40,6	37,12	31,32	18,56	NE				
	S	18,56	31,32	37,12	59,16	109,04	138,04	169,36	138,04	109,04	59,16	37,12	31,32	18,56	N				
	SO	18,56	31,32	37,12	40,6	44,08	44,08	106,72	222,72	310,88	349,16	342,2	276,08	160,08	NO				
	O	18,56	31,32	37,12	40,6	44,08	44,08	138,04	298,12	446,6	509,24	505,76	395,56	O					
	NO	18,56	31,32	37,12	40,6	44,08	44,08	44,08	93,96	229,68	351,48	417,6	371,2	SO					
	Horizontal	97,44	257,52	421,08	562,6	660,04	729,64	744,72	729,64	660,04	562,6	421,08	257,52	97,44	Horizontal				

Los factores de atenuación los obtenemos de las características dadas al inicio de este apartado y de las tablas correspondientes. El resumen de todo ello se presenta en la siguiente tabla:

Carga por radiación en ventanas

Elemento	Orientación	Superficie (m ²)	Radiación unitaria (W/m ²)	Factor de atenuación	Total (W)
Ventanal	Oeste.	32	44,08 1,15 (marco) = 50,69	0,33	535,3
Ventanal	Sur	14	169,36 1,15 (marco) = 194,76	0,33	899,8
TOTAL					3 443,3

Elemento	Orientación	Superficie (m ²)	Radiación unitaria (W/m ²)	Factor de atenuación	Total (W)
Ventanal	Este	20	44,08 · 1,15 (marco) = 50,69	0,33	334,6
Puerta	Sur	7,5	169,36 · 1,15 (marco) = 194,76	0,33	482
Claraboya.	Horizontal.	8	744,72	0,2	149,6
TOTAL					3443,3

Autoevaluación

¿A qué hora del día tendremos mayor aportación solar a través de una ventana orientada al Sur un 22 de julio en una localidad de latitud 40°?

Utiliza las tablas de climatización:

- ☐ A las 12 horas.
- ☐ A las 15 horas.

Es correcto, ten en cuenta que a las 12 horas el sol se encuentra justamente al Sur.

No es correcto. A esa hora la mayor radiación se recibe en la orientación Oeste.

Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto

Ejercicios Para Resolver

1.- ¿A qué hora del día tendremos mayor aportación solar a través de una ventana orientada al Sur un 22 de julio en una localidad de latitud 40°?

Mostrar retroalimentación

Solución: A las 12 h solares (serían las 14 h oficiales, con el cambio de hora) con un valor de $216,92 \text{ W/m}^2$. Date cuenta que justo a esa hora el Sol se encuentra exactamente al Sur.

2.- Tenemos un local de 300 m^2 que consta de un frente de cristalera, sin marco, de 25 metros por 1,5 metros orientado al Este. La cristalera es de vidrio doble; el vidrio interior es ordinario y el exterior tiene un coeficiente de absorción de 0,5. También tiene, en su fachada Sur, 3 ventanas de 2 metros por 1,5 metros con vidrios dobles ordinarios y una cortina de tela clara interior. Por último, dispone de 4 claraboyas de 1 m^2 cada una de vidrio doble de 6 mm. Calcula la carga térmica debida a la radiación solar a través de los cerramientos acristalados, a las 15 h del mes de julio.

Mostrar retroalimentación

Solución: En la tabla siguiente vamos colocando cada una de las ventanas descritas en el enunciado. Elegimos la segunda franja correspondiente al 22 de julio y 21 de mayo. Buscamos los valores con la orientación dada, a las 15 horas. La cristalera no tiene marco por lo que debemos incrementar el valor obtenido en la tabla en un 15% (el máximo sería, según tabla, del 17 %). Para la claraboya buscaremos el valor que corresponde a la radiación horizontal.

Elemento	Orientación	Superficie (m ²)	Radiación (W/m ²)	Factor Atenuación	Total (W)
Cristalera	Este	37,5	40,6 x 1,15	0,52	910,46
Ventanas	Sur	9	81,2	0,54	394,63
Claraboya	Horizontal	4	537,08	0,80	1718,66
TOTAL					3023,75 W

3.3.- Ganancia por transmisión y radiación a través de paredes y techo.

Otro aspecto que tenemos que considerar para el cálculo de las cargas térmicas, es la transmisión a través de los muros y techos. A diferencia de las cámaras frigoríficas, el resto de locales y viviendas suelen tener acristalamientos y el funcionamiento de los sistemas de climatización no suele ser continuo, por ello, la influencia de la radiación solar hay que contemplarla de un modo diferente.

Las superficies exteriores reciben la radiación del sol y acumulan calor. Por otra parte también hay una diferencia de temperatura entre el aire interior y el exterior y por lo tanto una transmisión de calor. El cálculo no es sencillo ya que ambos fenómenos se producen de forma independiente interactuando de forma compleja. Ello ha llevado a la adopción de las diferencias de temperaturas equivalentes ($\Delta T = DTE$) que se encuentran en forma de tabla y simplifican el cálculo. Es algo muy similar a la temperatura de cálculo que se ha definido en el cálculo de cargas en cámaras frigoríficas: por ejemplo, a una fachada Sur se le sumaban 5 °C a la temperatura máxima del aire exterior y así, aumentando esta temperatura teníamos en cuenta el calor añadido debido a la radiación solar que se proyecta sobre una pared vertical orientada al Sur.

Las diferencias de temperaturas equivalentes son unos saltos térmicos ficticios que producirían, en ausencia de radiación sobre los cerramientos, el mismo flujo que se produce en la realidad. Simplifica en un salto térmico los complejos factores de radiación, convección e inercia térmica. De esta forma la transmisión de calor a través de cerramientos se puede calcular utilizando la ecuación fundamental de transmisión de calor, que ya hemos visto.

La selección de la diferencia de temperatura equivalente implica el uso de dos tablas. La primera tabla, a su vez, se divide en dos, una para muros y otra para techos. La primera tabla está elaborada para una situación determinada. Si los cálculos que vamos a realizar difieren de esta situación deberemos utilizar la segunda tabla que sirve para corregir esa desviación.

La tabla DTE está elaborada para una temperatura exterior de proyecto de 35 °C y una temperatura interior 27 °C. El intervalo de variación en 24h de la temperatura seca exterior considerado es de 11 °C, es decir su oscilación térmica diaria. Para el uso de la tabla deberemos conocer la densidad superficial del muro o techo, medido en kg/m^2 . En el ejercicio resuelto veremos su uso

$$\dot{Q} = \sum U \cdot S \cdot DTE$$

Donde:

Q: Pérdidas de calor por transmisión en cerramientos (W)

U: Transmitancia térmica ($\text{W/m}^2\text{K}$)

S: Superficie del cerramiento (m^2)

DTE: Diferencia de temperaturas ΔT ficticia (K ó °C)

Las diferentes tablas de cálculo que vemos a continuación, puedes descargarlas en el apartado de recursos o en el enlace del apartado 3.2 de esta unidad.

Tablas DTE muros y techos

Tabla correctora DTE

Tabla 3 - CORRECCIONES DE LAS DIFERENCIAS EQUIVALENTES DE TEMPERATURA (°C)																					
Temperatura exterior a las 15 h para el mes considerado menos temperatura interior	VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA EXTERIOR EN 24 HS																				
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
-16	-21,2	-21,7	-22,3	-22,8	-23,3	-23,8	-24,2	-24,7	-25,1	-25,6	-26	-26,5	-27	-27,4	-27,9	-28,8	-29,3	-29,8	-30,3	-30,8	-31,3
-12	-17,2	-17,7	-18,3	-18,8	-19,3	-19,8	-20,2	-20,7	-21,1	-21,6	-22	-22,5	-23,4	-23,4	-23,9	-24,8	-25,3	-25,8	-26,3	-26,8	-27,3
-8	-13,2	-13,7	-14,3	-14,8	-15,3	-15,8	-16,2	-16,7	-17,1	-17,6	-18	-18,5	-19	-19,4	-19,9	-20,8	-21,3	-21,8	-22,3	-22,8	-23,3
-4	-9,2	-9,7	-10,3	-10,8	-11,3	-11,8	-12,2	-12,7	-13,1	-13,6	-14	-14,5	-15	-15,4	-15,9	-16,8	-17,3	-17,8	-18,3	-18,8	-19,3
0	-5	-5,5	-6,1	-6,6	-7,1	-7,6	-8	-8,5	-8,9	-9,4	-9,8	-10,3	-10,8	-11,2	-11,7	-12,6	-13,1	-13,6	-14,1	-14,6	-15,1
+2	-3,1	-3,6	-4,2	-4,7	-5,2	-5,6	-6,1	-6,6	-7	-7,5	-7,9	-8,4	-8,9	-9,3	-9,8	-10,6	-11,1	-11,7	-12,2	-12,7	-13,2
+4	-1,1	-1,6	-2,2	-2,7	-3,2	-3,6	-4,1	-4,6	-5	-5,5	-5,9	-6,4	-6,9	-7,3	-7,8	-8,6	-9,1	-9,7	-10,2	-10,7	-11,2
+6	0,8	0,3	-0,3	-0,8	-1,3	-1,7	-2,2	-2,7	-3,1	-3,6	-4	-4,5	-5	-5,4	-5,9	-6,7	-7,2	-7,8	-8,3	-8,8	-9,3
+8	2,8	2,3	1,7	1,2	0,7	0,3	0	-0,7	-1,1	-1,6	-2	-2,5	-3	-3,4	-3,9	-4,7	-5,2	-5,8	-6,3	-6,8	-7,3
+10	4,7	4,2	3,6	3,1	2,6	2,2	1,7	1,2	0,8	0,3	-0,1	-0,6	-1,1	-1,5	-2	-2,8	-3,3	-3,9	-4,4	-4,9	-5,4
+12	6,8	6,3	5,7	5,2	4,7	4,3	3,8	3,3	2,9	2,4	1,8	1,3	0,8	0,4	-0,1	-0,7	-1,2	-1,8	-2,3	-2,8	-3,3
+14	8,8	8,3	7,7	7,2	6,7	6,3	5,8	5,3	4,9	4,4	3,8	3,3	2,8	2,4	1,9	1,3	0,8	0,2	-0,3	-0,8	-1,3
+16	10,8	10,3	9,7	9,2	8,7	8,3	7,8	7,3	6,9	6,4	5,8	5,3	4,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2	-0,3	-0,8	-1,3
+18	12,8	12,3	11,7	11,2	10,7	10,3	9,8	9,3	8,9	8,4	7,8	7,3	6,8	6,4	5,9	5,3	4,8	4,2	-0,3	-0,8	-1,3
+20	14,8	14,3	13,7	13,2	12,7	12,3	11,8	11,3	10,9	10,4	9,8	9,3	8,8	8,4	7,9	7,3	6,8	6,2	-0,3	-0,8	-1,3
+22	16,9	16,4	15,8	15,3	14,8	14,4	13,9	13,4	13	12,5	11,9	11,4	10,9	10,5	10	9,4	8,9	8,3	-0,3	-0,8	-1,3

Ejercicio resuelto

Hallar las ganancias térmicas por conducción que se originan en la biblioteca en todos sus muros, techo y suelo

Mostrar retroalimentación

La diferencia de temperaturas en el muro y techo, sin tener en cuenta la radiación solar, sería la temperatura exterior del percentil 1, que era $t_{\text{ext}} = 37,6$ °C menos la temperatura interior que hemos definido en $t_{\text{int}} = 24$ °C. Es decir $\Delta t = 13,6$ °C. También podríamos haber tomado el valor de temperatura de 36 °C que obtuvimos en Climate Consultant para Sevilla.

MURO ESTE

El muro de la fachada Este tiene una parte de cristalera. La transmisión por el cristal no se calcula en este apartado, lo dejaremos para el siguiente. Descontando la cristalera, el muro tiene una superficie de: $100 - 20 = 80 \text{ m}^2$. La DTE para un muro de 300 kg/cm^2 , orientación Este y el cálculo a las 12 horas (15 h hora oficial en verano) es 17,2.

Para corregir la DTE tenemos que considerar que la diferencia de temperaturas, como hemos establecido en las condiciones de proyecto es 13,6 y que la oscilación térmica media diaria en Sevilla (OMD) es de 17,4 °C. Con esos dos valores (redondeamos a 14 y a 17, ya que

son cálculos aproximados. Incluso la tabla está prevista para las 15 h solares y, sin embargo, nosotros hemos tomado las 12 h) en la tabla de corrección de las diferencias equivalentes de temperatura, nos sale una corrección de 2,8. La DTE que utilizaremos para el cálculo será $17,2 + 2,8 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

MURO SUR

La pared Sur tiene una superficie total de 140 m^2 , que quitando la superficie de los ventanales y de la puerta queda $140 - 14 - 7,5 = 118,5\text{ m}^2$

La DTE es $6,7 + 2,8 = 9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

MURO OESTE

La pared Oeste tiene una superficie total de 100 m^2 , que quitando la superficie de los ventanales queda $140 - 32 = 108\text{ m}^2$

La DTE es $2,2 + 2,8 = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

TECHO

La superficie del techo es 875 m^2 menos las claraboyas, tenemos $875 - 8 = 867\text{ m}^2$. Para el cálculo de la DTE, suponemos el techo soleado y utilizamos la tabla DTE para techos. El valor obtenido es $8,9 + 2,8 = 11,7\text{ }^{\circ}\text{C}$

Las transmitancias para muros y techo, son las máximas permitidas en el Código Técnico para la zona climática B4, a la que pertenece Sevilla, y que se recogen en la tabla siguiente

Carga por transmisión y radiación

Elemento	Orientación	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² *K)	DTE (°C)	Total (W)
Muro	E	80	0,56	20	896
Muro	S	118,5	0,56	9,5	630,4
Muro	O	108	0,56	5	302,4
Techo.		867	0,44	11,7	4463,3
TOTAL					6292,1

3.4.- Carga por transmisión a través de ventanas, paredes interiores y suelo.

Antes hemos calculado la carga térmica por radiación a través de los cristales de las ventanas, pero los cristales además también transmiten el calor por conducción, como hacen el resto de cerramientos. Los vidrios tienen una transmitancia superior a las paredes. Una ventana bien aislada, con doble vidrio de calidad y una cámara de gas inerte, puede bajar hasta valores de transmitancia de $1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Valores más bajos requieres triple vidrio.

También se produce una carga térmica por la transmisión a través de techos, suelos y paredes a otros locales, si éstos no están climatizados. Para estos locales no climatizados utilizaremos un salto térmico atenuado en unos 3 grados, en relación al salto térmico con el exterior, ya que la temperatura de esos locales es inferior a la que podamos tener en el exterior.

Para la temperatura del suelo pueden utilizarse los datos de las tablas del IDAE o las bases de datos de Energy Plus en Climate Consultant.

La fórmula del cálculo es la ya conocida de la transmitancia:

$$\dot{Q} = U \cdot S \cdot (t_1 - t_2)$$

Autoevaluación

Si tenemos una ventana que da a un patio interior abierto ¿qué temperatura exterior tendremos que tomar para los cálculos?

- ☐ La temperatura exterior del proyecto atenuada en tres grados, ya que es una ventana interior.
- ☐ La temperatura exterior del proyecto.

No es correcto. El patio es abierto al exterior.

Correcto, al estar el patio abierto, la temperatura en el mismo será la del exterior.

Solución

1. Incorrecto
2. Opción correcta

Ejercicio resuelto

Calcular las ganancias de calor por transmisión en ventanas, muros y suelo en la biblioteca de Sevilla.

Mostrar retroalimentación

En estos cálculos, la diferencia de temperatura a considerar es la del ambiente menos la interior ($37,6 - 24 = 13,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$), excepto en el suelo, que hay que averiguarla. En las tablas del IDAE esta casilla está vacía en Sevilla, por lo que deberemos recurrir a los datos de Energy Plus sobre la temperatura del terreno a 0,5 m de profundidad. Tal como vemos en el gráfico, podemos considerar que $T_{\text{terreno}}: 25,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$



PAREDES INTERIORES

No hay ganancias ni pérdidas, ya que toda la biblioteca es la misma zona climática, a idéntica temperatura.

SUELO

La superficie es 875 m^2 y $\Delta t = 25,5 - 24 = 1,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

VENTANALES

La superficie total de todos los ventanales es: $(10 + 7 + 16) \cdot 2 = 66 \text{ m}^2$
y $\Delta t = 13,6 \text{ }^\circ\text{C}$

PUERTA

Su superficie es $7,5 \text{ m}^2$ y $\Delta t = 13,6 \text{ }^\circ\text{C}$

CLARABOYAS

Su superficie es 8 m^2 y $\Delta t = 13,6 \text{ }^\circ\text{C}$

Carga por transmisión

Elemento	Superficie (m ²)	Coefficiente de transmisión (W/m ² *K)	T ^a (°C)	Total (W)
Ventanas	66	1	13,6	897,6
Claraboyas	8	2	13,6	217,6
Puerta	7,5	1	13,6	102
Suelo	875	0,75 (valor máximo CTE)	1,5	984,4
Total				2 201,6

3.5.- Ganancia por infiltraciones y ventilación.

Las infiltraciones son las entradas de aire que se producen en un local debido fundamentalmente al viento y al efecto chimenea en los edificios. Todos los edificios se ven afectados en mayor o menor medida por estas infiltraciones. El aire circula por una diferencia de presión, ya sea la que provoca el viento o la que resulta de la distinta densidad del aire en el efecto chimenea.

En los locales en los que existe un sistema de aire acondicionado, ese fenómeno es menor, ya que la presión interior suele ser algo mayor de la exterior. En estos locales el factor fundamental es la ventilación. Tanto el CTE, para instalaciones de viviendas y garajes, como el RITE para el resto de instalaciones, exigen una calidad del aire interior que se logra mediante la ventilación.

El aire exterior difiere del interior en temperatura y humedad. Cuando este aire pasa por la unidad de tratamiento de aire hay que actuar en esos dos aspectos, por un lado reducir su temperatura y por otra parte su humedad. Para el cálculo de la carga térmica debida a la humedad utilizaremos el diagrama psicrométrico, que has estudiado en la Unidad de Trabajo anterior: "Determinación de las condiciones de confort".

Para conocer las necesidades de ventilación nos fijaremos en el RITE que especifica la calidad del aire necesaria dependiendo del uso del local y distingue las 4 categorías siguientes:

IDA 1: aire de óptima calidad. Se usa en centros hospitalarios, guarderías y laboratorios.

IDA 2: aire de buena calidad. Se utiliza en oficinas, residencias, museos, aulas de enseñanza y piscinas.

IDA 3: aire de calidad media. Se utiliza en centros comerciales, locales de ocio, locales de restauración, locales deportivos y salas de ordenadores.

IDA 4: aire de baja calidad.

El caudal mínimo que establece, se recoge en la siguiente tabla:

Caudal de aire mínimo establecido por el RITE (l/s·persona)

Categoría	Rango	Por defecto
IDA 1	≥ 15	20
IDA 2	10 ... 15	12,5
IDA 3	6 ... 10	8
IDA 4	≤ 6	5

La potencia térmica sensible es, como sabemos (Tomando unas condiciones aproximadas de densidad y calor específico del aire):

$$\dot{Q} = q_a \cdot 1\,010 \cdot 1,2 \cdot \Delta t = 1\,212 \cdot q_a \cdot \Delta t$$

$$\dot{Q} = 0,336 \cdot q_a \cdot \Delta t$$



$q_a: \text{m}^3/\text{h}$

$\dot{Q}: \text{W}$

La potencia térmica latente es la siguiente.

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_L = (w_1 - w_2) \cdot q_a \cdot \rho_a \cdot c_L$$

$$\dot{Q} = 0,83 \cdot q_a \cdot (w_1 - w_2)$$



$q_a: \text{m}^3/\text{h}$

$w: \text{g/kg as}$

$\dot{Q}: \text{W}$

Hay que tener en cuenta que se toma una densidad del aire de $1,2 \text{ kg/m}^3$ (en rigor habría que tomar la correspondiente al caudal de aire interior que se renueva, a la temperatura de $24 \text{ }^\circ\text{C}$). También, debemos tomar el calor latente del agua a temperaturas del entorno de $20 \text{ }^\circ\text{C}$, que es algo mayor que el calor latente de vaporización del agua a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ($2\,260 \text{ kJ/g}$), ya que la condensación del vapor de agua se produce a temperaturas mucho más bajas que los $100 \text{ }^\circ\text{C}$ y ello significa que también desprende un calor sensible para bajar hasta, por ejemplo $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Normalmente, se toma el valor de $2\,478 \text{ J/g}$.

Debes conocer

Para conocer la ocupación se puede utilizar el CTE. En su sección SI3 Evacuación de ocupantes nos ofrece una tabla de ocupación en función del tipo de local a considerar. En el siguiente enlace tienes la tabla de densidades de ocupación.

La potencia térmica sensible, que supone este caudal es, como sabemos:

$$\dot{Q} = q_a \cdot 1\,010 \cdot 1,2 \cdot \Delta t = 1\,212 \cdot q_a \cdot \Delta t$$

$$\dot{Q} = 0,336 \cdot q_a \cdot \Delta t$$



$$q_a: \text{m}^3/\text{h}$$

$$\dot{Q}: \text{W}$$

Carga sensible

Caudal m ³ /h	Δt (°C)	Total (W)
4 050	37,6 - 24 = 13,6 °C	18 507

La **carga térmica latente** será la consecuencia de eliminar el exceso de humedad en el aire de ventilación. Utilizando el diagrama psicrométrico obtenemos las humedades absolutas específicas de los aires exterior e interior, cuya diferencia es $\Delta w = 4,177$ g/kg as

Psicrometría

Datos
Unidades: ☒ SI ☐ Ing.
Parámetros: Valor Unidad
Temperatura: 37.6 °C
Temp. h. húmedo: 23.6 °C
Humedad relativa: 30.84256716 %
Punto de rocío: 17.53432914 °C
Altitud SNM: 0.0 m
Calcular

Resultados
Presión Atmosférica: 1.013238759 bar
Pv sat: 64.89293248 mbar
Pv: 20.01461544 mbar
Humedad absoluta: 0.012534019 kg/kg
Entalpía: 69.99525316 kJ/kg
Volumen específico: 0.897174339 m³/kg

Psicrometría

Datos
Unidades: ☒ SI ☐ Ing.
Parámetros: Valor Unidad
Temperatura: 24 °C
Temp. h. húmedo: 16.18764744 °C
Humedad relativa: 45 %
Punto de rocío: 11.38194168 °C
Altitud SNM: 0.0 m
Calcular

Resultados
Presión Atmosférica: 1.013238759 bar
Pv sat: 29.85119467 mbar
Pv: 13.43303760 mbar
Humedad absoluta: 0.0083568972 kg/kg
Entalpía: 45.39671668 kJ/kg
Volumen específico: 0.852155132 m³/kg

Aire exterior $w = 12,534$ g/kg as

Aire interior $w = 8,357$ g/kg as

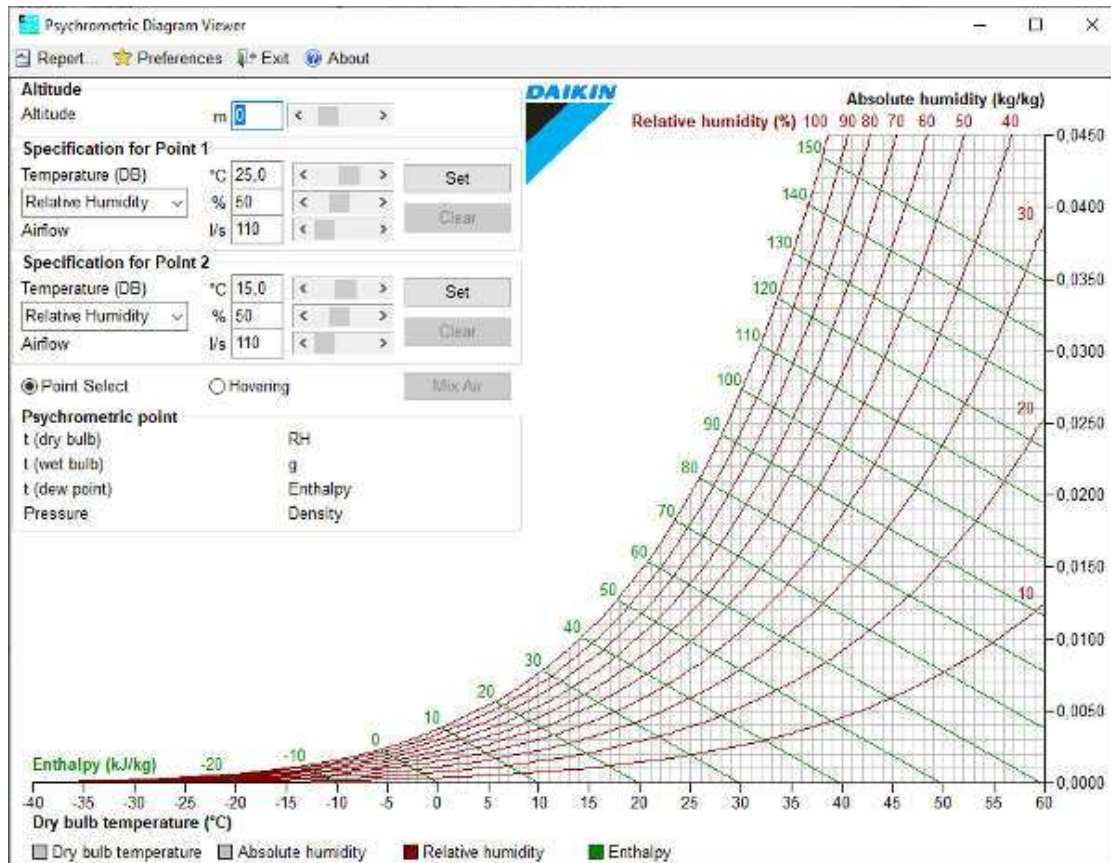
Tenemos que multiplicar el caudal en m³/h por el incremento de agua y por el factor 0,83 que engloba el calor latente de vaporización del agua (2 478 J/g), la densidad del aire (1,2 kg/m³) y los factores de conversión de unidades.

Carga latente

Falta	Caudal	Δ Humedad	Total (W)
Aire de ventilación	4 050	4,177	14 041

Para saber más

Además de los programas de cálculos psicrométricos online vistos en la Unidad anterior, puedes descargarte un programa gratuito de Daikin, que además tiene la virtud de ser gráfico:



Programa con diagrama psicrométrico Daikin

3.6.- Ganancia por iluminación y otras cargas sensibles.

Una fuente importante de calor es la iluminación del local. Hay que tener en cuenta que del consumo eléctrico de las lámparas la mayor parte se traduce en calentamiento y una pequeña parte sirve para la iluminación. La lámpara de incandescencia, por ejemplo, tiene un rendimiento luminoso del 5 %, el resto de la energía se va en forma de calor; razón por la cual está prohibida su venta desde 2012, lo mismo que las lámparas halógenas de incandescencia, que también fueron prohibidas en 2018. Pero todavía hay lámparas en las instalaciones de estos dos tipos. Por ello, es una medida de eficiencia muy rentable su sustitución por lámparas LED.

Las lámparas fluorescentes tienen un ligero mejor rendimiento pero también tienen un mayor consumo, estimado en un 20 %, debido a que utilizan un balasto electromagnético que se calienta con el uso. Esto está llevando a su sustitución por otro tipo de lámparas, fluorescentes con balasto electrónico, que no se calienta, o lámparas led que tienen un rendimiento mucho mejor que las anteriores.

Conversión de lúmenes a vatios							
 Potencia lumínica (Lm)		450	800	1100	1600	Vida útil	
							
	Menos Eficiente	Incandescente	40W	60W	75W	100W	1 Year
		Halógena	28W	42W	53W	70W	1-3 Years
		CFL	9W	12W	15W	20W	6-10 Years
Más Eficiente	LED	6-8W	9-11W	13-15W	18-20W	10-25 Years	

Equivalencia de duración y consumo de distintos tipos de lámparas

Otra fuente de calor son los equipos ofimáticos: ordenadores, impresoras, escáneres. Los ordenadores, las pantallas y los periféricos se calientan con el uso. Dependiendo del tipo de local, el número puede ser considerable y debe tenerse en cuenta.

También tendrás que tener en cuenta cualquier otra máquina que esté en el local, por ejemplo cafeteras, televisiones, frigoríficos, cocinas, etc. Para nuestros cálculos supondremos que toda la energía se disipa en forma de calor. Tendrás que determinar su potencia y agregarla a la carga térmica, sea sensible o latente.

Como los cálculos de climatización se hacen para una hora determinada, hay que definir el uso de los equipos en ese espacio de tiempo. Por ejemplo, en los restaurantes y bares coincide el uso de cafeteras, cocinas, lavavajillas a las horas de cálculo de cargas (normalmente a las 15 h solares). Por el contrario, en una oficina que se cierra a las 15 h (es decir a las 12 h solares en verano), la mayor carga de estos equipos se producirá unas horas antes que la hora de cálculo. Por ello, si son bastantes equipos, convendría realizar el cálculo de la carga térmica a dos horas diferentes. Esto lo resuelven los programas profesionales de cálculo, donde se introducen horarios de uso de espacios, equipos, personas, seleccionando la situación más desfavorable de todas ellas. Esto lo veremos después con el programa CLIMA que ya hemos utilizado en el cálculo de cargas térmicas de calefacción.

Ejercicio resuelto

Determinar las cargas internas de la biblioteca de Sevilla debidas al alumbrado, a sistemas informáticos y a otros posibles equipos.

Mostrar retroalimentación

ALUMBRADO

La biblioteca cuenta con tres grandes cristaleras y cuatro claraboyas que pueden aportar en la hora a la que se están calculando las diferentes cargas, la iluminación natural necesaria. No obstante, se va a computar la carga de alumbrado para mayor seguridad.

El dato de la energía consumida en el alumbrado, lo sacamos de las tablas de un documento de la Unión Europea sobre las [condiciones de contratación del alumbrado interior](#) de sus edificios. Utiliza criterios ecológicos y de eficiencia energética, sin renunciar a los niveles de alumbrado exigibles en los diferentes usos. En la tabla, vemos que 12 W/m^2 es un valor suficiente.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

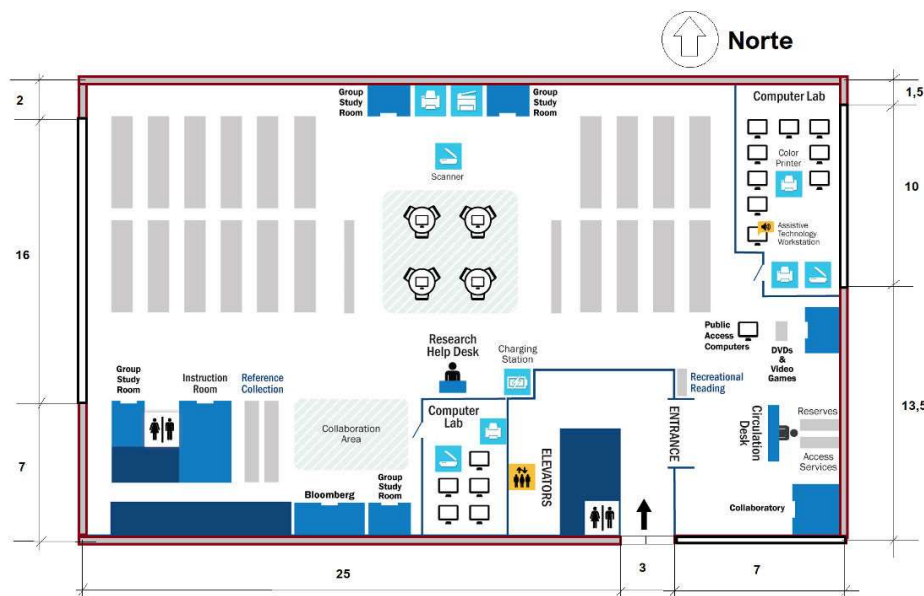
Cuando vaya a instalarse un sistema de alumbrado en todo un edificio, la potencia luminosa máxima consumida en todo el edificio, dividida por su superficie total, no deberá sobrepasar los valores siguientes:

Tipo de construcción	Densidad de potencia luminosa W/m ²
Estacionamiento	2,5
Patio	14
Espacio de exposición, museo	9
Parque de bomberos	12
Educación complementaria	13
Hospital	12
Biblioteca	12
Oficina (mayoritariamente compartimentada)	13
Oficina (mayoritariamente diáfana)	11
Comisaría de policía	14
Oficina de correos	14
Centro penitenciario	9
Centro público	9
Vivienda	11
Vivienda (únicamente zonas comunes)	6
Escuela	8
Centro deportivo	9
Casa consistorial	13

Densidades de potencia luminosa de diferentes espacios

EQUIPOS OFIMÁTICOS

A la vista del plano de la biblioteca, y suponiendo que en las mesas redondas centrales hay ordenadores, así como en los mostradores, podemos calcular que hay alrededor de 25 ordenadores, con una potencia media de 60 W. Podemos sumar también 5 escáneres y fotocopidores, que funcionan intermitentemente, por lo que les asignamos una potencia de 40 W a cada uno.



Carga por iluminación y otros equipos

Ratio ocupación CTE

Ejercicio resuelto

Averiguar las cargas térmicas, sensible y latente, correspondientes a la ventilación necesaria de la biblioteca de Sevilla. Partimos de los datos de ocupación mencionados, de un total de 90 personas y de las condiciones higrométricas del aire exterior e interior ya determinadas:

Aire Interior: Temperatura seca 24 °C y 45 % humedad relativa

Aire exterior: Temperatura seca 37,6 °C y 23,6 °C temperatura húmeda

Mostrar retroalimentación

Para calcular la carga térmica sensible, en primer lugar vamos a calcular el número de personas que ocupan las oficinas. Según la tabla del CTE en bibliotecas hay una persona por cada 2 m², pero en este caso no va a ser una biblioteca ordinaria, sino que está organizada de forma diferente y, además, tenemos el dato de que habrá 90 personas en un mismo momento.

En segundo lugar tenemos que establecer la calidad del aire requerida. Según el RITE para bibliotecas y centros la calidad tiene que ser IDA2. El caudal requerido para conseguir un aire de esa calidad es entre 10 y 15 l/s por persona. Vamos a seleccionar un término medio, es decir, 12,5 l/s.

Por lo tanto, el caudal de aire a introducir será de $12,5 \times 90 = 1\,125$ l/s = 4 050 m³/h

Tipo iluminación	W	Total (W)
Alumbrado	875·12	10 500
Ordenadores	25·60	1 500
Otras fuentes.	5·40	200
TOTAL		12 200

3.7.- Ganancia debido a las personas

Las personas presentes en el local son otra fuente de calor. Dependiendo de su actividad desprenden más o menos energía. Es evidente que una persona que se encuentra en reposo emite menos energía que otra que está en movimiento o corriendo. Las personas además de la carga térmica sensible aportan una carga térmica latente, debido a la sudoración y respiración. La cantidad de calor emitido depende, entre otros aspectos, de la actividad y de la temperatura del local. Para conocer el número de personas previsto en un local, dependiendo de su uso, puedes utilizar algunas de las tablas existentes de densidades de ocupación, , como la ya mencionada del CTE (Sección SI3) o disponer de información precisa sobre las personas que pueden ocupar un local.

Degree of activity	Typical building	Total rate of heat emission for adult male / W	Rate of heat emission for mixture of males and females / W		
			Total	Sensible	Latent
Seated at theatre	Theatre, cinema (matinee)	115	95	65	30
Seated at theatre, night	Theatre, cinema (night)	115	105	70	35
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	130	115	70	45
Moderate office work	Offices, hotels, apartments	140	130	75	55
Standing, light work; walking	Department store, retail store	160	130	75	55
Walking; standing	Bank	160	145	75	70
Sedentary work	Restaurant	145	160	80	80
Light bench work	Factory	235	220	80	140
Moderate dancing	Dance hall	265	250	90	160
Walking; light machine work	Factory	295	295	110	185
Bowling	Bowling alley	440	425	170	255
Heavy work	Factory	440	425	170	255
Heavy machine work; lifting	Factory	470	470	185	285
Athletics	Gymnasium	585	525	210	315

[ASHRAE](#). Handbook: Fundamentals (Copyright (cita))

Ejercicio resuelto

Averiguar las cargas térmicas originadas por el calor de las personas en la biblioteca de Sevilla.

Mostrar retroalimentación

En primer lugar calculamos la potencia debida al calor sensible. En la tabla anterior, vemos que el calor sensible de un adulto en una actividad asimilable a la de una biblioteca o aula es de 70 W, lo que supone un calor total, para las 90 personas, **6 300 W**

En cuanto al calor latente, tenemos 45 W por persona, lo que hace un total de **4 050 W**

Estas cargas térmicas están sobredimensionadas, ya que el calor emitido por un niño es menor que el de un adulto, no obstante, también podría ocurrir que el alumnado fuera de los últimos cursos de la ESO, Bachillerato o Formación Profesional, en cuyo caso, los valores adoptados serían los correctos.

Autoevaluación

Utilizando la tabla contenida en la sección SI3 del CTE determina cuántas personas calculamos para un aula de un Instituto de Secundaria de 60 m².

- ☐ 30.
- ☐ 90.
- ☐ 40.

Incorrecto. ¿Has dividido por 1.5?

No es correcto. Has multiplicado por 1,5 en lugar de dividir.

Es correcto, 60 dividido por 1,5 nos da 40 personas.

Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Opción correcta

3.8.- Carga térmica total y programas de cálculo

Antes de proceder a la suma total de la carga térmica de un local hay que tener en cuenta si hay algún otro tipo de carga adicional. Ésta puede ser sensible o latente. Puede tratarse de motores, elementos de cocina, etc. Además de esas cargas supondremos que puede existir alguna otra que no se ha tenido en cuenta en el proyecto o que en el futuro pueda originarse, por lo que suele aplicarse un factor de seguridad de un 10 %. No obstante, cuando se conocen perfectamente las condiciones y usos del local, este porcentaje puede disminuir y, en sentido contrario, si hay sospechas o certezas de que en el futuro pueda haber un aumento de cargas, habrá que tenerlo en cuenta. Como siempre, la persona que proyecta la instalación tiene la última palabra.

La carga térmica total, será entonces:

$$\dot{Q}_T = \sum \dot{Q} + \% \text{ seguridad}$$

Hay varios programas profesionales y otros gratuitos que sirven, con mayor o menor precisión, para el cálculo de cargas y la simulación de los distintos factores. Uno de ellos, el programa CLIMA, que se ha utilizado en el cálculo de cargas de calefacción y con el que ya estarás familiarizado, nos permite hacer todos los cálculos de nuestro ejemplo de manera más rápida. E, incluso, nos permitirá variar algunos factores para analizar su influencia en la carga térmica.

Ejercicios resueltos

1.- Calcular la carga térmica total de la biblioteca de Sevilla, a las 12 h del 21 de junio, en las condiciones prefijadas en el enunciado de este caso práctico.

Mostrar retroalimentación

Tipo de carga térmica	Sensible	Latente	Total
Ganancia solar	3 443	-	3 443
Transmisión	6 292	-	6 292

paredes y techo			
Transmisión ventanas, puerta y suelo	2 202	-	2 202
Ventilación e infiltraciones	18 507	14 041	32 548
Iluminación y equipos	12 200	-	12 200
Personas	6 300	4 050	10 350
TOTAL	48 944	18 091	67 035

Estos valores son bastante elevados y, sobre todo destacan tres puntos clave de ahorro y con los que la eficiencia sería mucho mayor:

- El sistema de ventilación debería tener un recuperador, para aprovechar la baja temperatura del aire a renovar en refrescar el aire que introduciríamos a 37,6 °C.
- Se haría muy conveniente el disponer de un sistema de ventilación controlado mediante sondas de CO₂, para que realmente se renovara el aire cuando se alcanza un cierto grado de contaminación.
- El sistema de alumbrado debería disponer de un automatismo que lo desactivara o regulara, teniendo en cuenta la luz natural que penetra.

Todos estos factores los analizaremos en el uso del programa CLIMA para resolver este supuesto práctico.

2.- Realizar los mismos cálculos con el programa CLIMA y comparar resultados

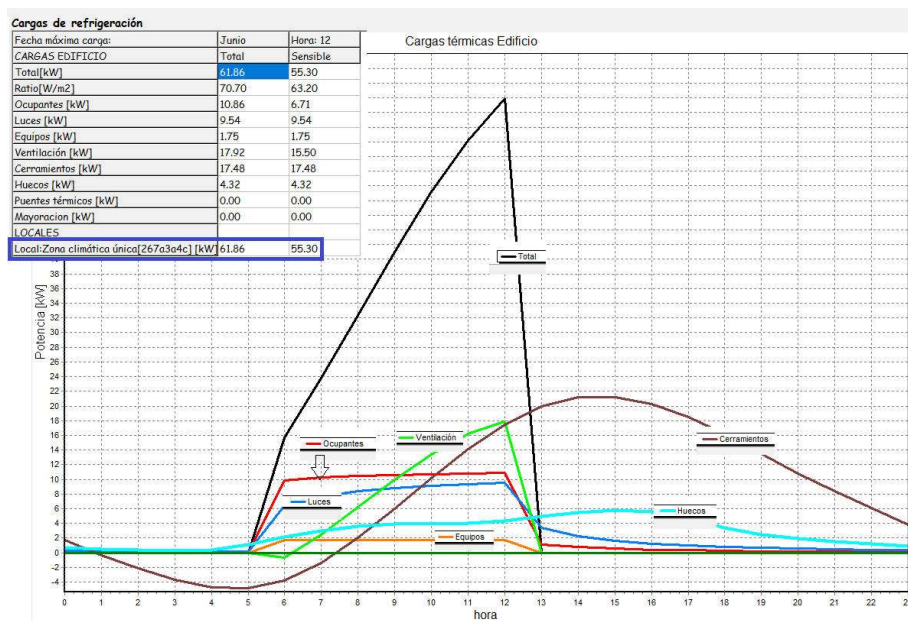
Mostrar retroalimentación

Introducimos todos los datos en el programa CLIMA, según el proceso que vemos en las sucesivas pantallas. Al final vemos el resultado de las cargas térmicas para el mes de junio, a las 12 h. Hay que destacar dos cosas. La primera es que el horario oficial del centro-biblioteca, de 8 h a 15 h, hay que trasladarlo a horario solar, de 6 h a 13 h. El programa baja paulatinamente las cargas internas y de ventilación en la última hora, por lo que la punta máxima la determina para las 12 h solar (14 h oficiales) en lugar de las 13 h (15 horas oficiales). Si quisiéramos tener conectados los sistemas hasta el último momento (habitualmente no se hace) podríamos ampliar los horarios una hora más y el programa determinaría el pico máximo para las 13 h solares.

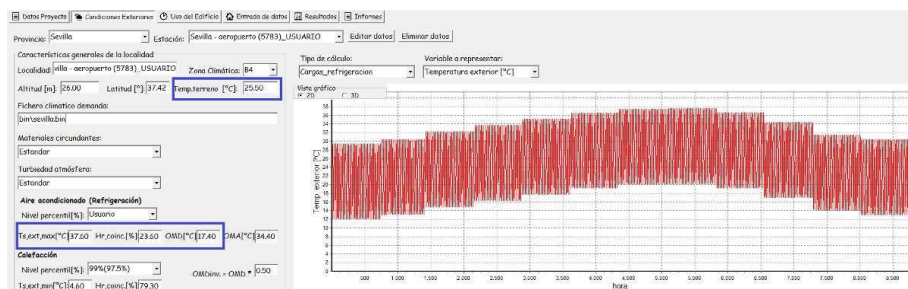
Por otro lado, en el cálculo analítico-manual hemos tomado dos temperaturas fijas (la máxima seca del año 37,6 °C y la húmeda coincidente de 23,6 °C), mientras que en el programa, se seleccionan las temperaturas medias hora a hora. Por ello, a las 12 h del mes de junio las temperaturas que toma CLIMA son bastante diferentes que las mencionadas y ello origina una diferencia de cargas por ventilación llamas, especialmente en el calor latente: las temperaturas de bulbo húmedo y de bulbo seco se aproximan tanto más cuanto más pronto es por la mañana.

◀ 1 2 3 4 5 6 ▶

Resultado final



Temperaturas de partida



Cargas internas y horarios de uso

Si queremos que el programa seleccione el mes de junio para el cálculo de cargas, seleccionamos este mes en la pantalla de informes.

Tipo de informe:

- ☐ Informe del edificio
- ☒ Informe de cargas térmicas
- ☐ Informe de demanda energética
- ☐ Informe completo del edificio y resultados

☒ Abrir informe en Word ☒ Recalcular cargas

Selección meses cálculo de cargas

Refrigeración:

- ☐ Enero
- ☐ Febrero
- ☐ Marzo
- ☐ Abril
- ☐ Mayo
- ☒ Junio
- ☐ Julio
- ☐ Agosto
- ☐ Septiembre
- ☐ Octubre
- ☐ Noviembre
- ☐ Diciembre

Calefacción:

- ☐ Enero
- ☐ Febrero
- ☐ Marzo
- ☐ Abril
- ☐ Mayo
- ☐ Junio
- ☐ Julio
- ☐ Agosto
- ☐ Septiembre
- ☐ Octubre
- ☐ Noviembre
- ☐ Diciembre

3.- Plantea algunas mejoras para reducir la carga térmica y, en consecuencia el consumo energético. Utiliza el programa CLIMA y compara los resultados globales.

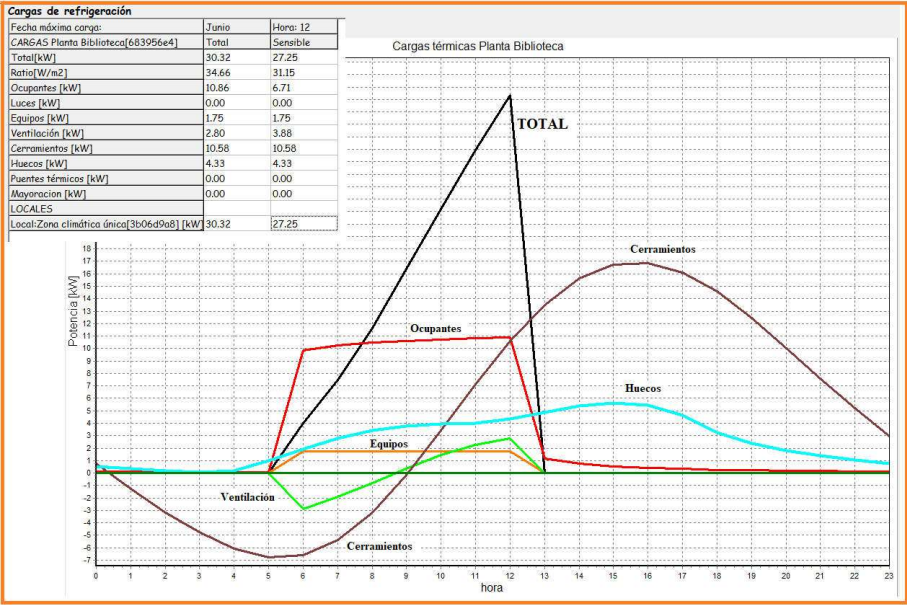
Mostrar retroalimentación

Recalcular algunas mejoras es fácil con los programas informáticos, los cuales nos permiten simular distintos escenarios.

En primer lugar, podemos incorporar un recuperador de calor en el sistema de ventilación. En segundo lugar, como la cubierta da al exterior, podríamos utilizar la técnica del techo ajardinado, después de un estudio de resistencia y de selección de las plantas más adecuadas en la zona, con el estudio del consumo de agua y los aspersores y drenajes correspondientes. Ello podría rebajar la transmitancia a $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. En tercer lugar, si se colocan detectores de luminosidad, casi seguro que las cargas térmicas de alumbrado desaparecerían a última hora de la mañana. Como cuarta mejora, podría subirse la temperatura interior de 24°C hasta 26°C , a última hora de la mañana de un día caluroso de junio es perfectamente soportable. Se deja como ejercicio el colocar un voladizo en el ventanal y puerta de la fachada sur.

Si introducimos todas estas mejoras, el resultado final es el que vemos en las siguientes copias de pantalla:

Resultado con medidas de eficiencia



CARGAS TÉRMICAS	Sensible	Latente	Total
Cálculo analítico-manual	48 944	18 091	67 035
Cálculo CLIMA	55 300	6 560	61 860
Cálculo CLIMA con medidas eficiencia	27 250	3 070	30 320
Carga térmica CLIMA con eficiencia y mayoración 10%	29 980	3 380	33 360

Recuperador, temperatura y control de luz

Uso del edificio
 Docencia Biblioteca Sevilla

Editar datos Elimina actividad Vapores

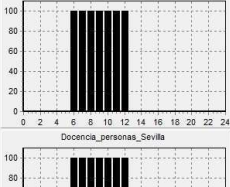
Sombra:
 Docencia Biblioteca Sevilla Temperatura seca [°C] 26 Invierno
 Humedad relativa [%] 45 40

Ventilación [m³/h persona] 45.0

Actividad
 Sentado trabajo muy ligero m² por persona 9.7

Tipo de luces
 Led Luces [W/m²] 0

Equipos sensible [W/m²] 2 Equipos latente [W/m²] 0

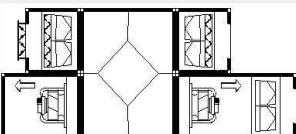


The four charts show thermal loads (W/m²) over a 24-hour period for different building components:

- Docencia_personas_Sevilla:** Shows a constant load of approximately 100 W/m² from 6 AM to 12 PM.
- Docencia_personas_Sevilla:** Shows a constant load of approximately 100 W/m² from 6 AM to 12 PM.
- Docencia_luces_Sevilla:** Shows a constant load of approximately 100 W/m² from 6 AM to 12 PM.
- Docencia_equipos_Sevilla:** Shows a constant load of approximately 100 W/m² from 6 AM to 12 PM.

Sistema de ventilación
 Toma de aire exterior Directa local

Recuperación Sensible Eficiencia recuperador [%] 70.0 Norma UNE EN 308



The floor plan diagram illustrates the room layout and ventilation system. It shows two rooms with windows and doors, connected by a central corridor. Arrows indicate the direction of air flow, entering through the windows and exiting through the doors. The diagram also shows the location of the ventilation system components, including the air intake and distribution units.

Cubierta ajardinada

Tipo de cerramiento

Largo[m] Ancho[m] Superficie neta[m2]

☐ En sombra

Orientación Inclinación [0-90°]

Base datos Composición

Definir por propiedades U [W/m2K]

Peso

Añadir hueco



Nombre	Claraboya
Tipo de hueco	Claraboya
Composición	
Transmitancia. U[W/m2K]	2.00
Factor solar	0.20
Ancho [m]	4.00
Alto [m]	2.00
Inclinación[°]	0.00
Orientación	Sur

Autoevaluación

¿Cuánto se añade a modo de seguridad al cálculo de la carga térmica de un local?

- ☐ 5 %.
- ☐ 10 %.
- ☐ Usualmente 10%, pero puede variar

Incorrecto. Repasa este punto.

Incorrecto

Opción correcta

Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Opción correcta