

INSTALACIONES TÉRMICAS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

En este capítulo se tratan algunas maneras de aplicar la tecnología existente para obtener instalaciones de acondicionamiento térmico eficientes, es decir, que aprovechen la energía involucrada en procesos de refrigeración y calefacción industriales y residenciales de la forma más económica y rentable posible. La manera de lograrlo consiste en calcular con el mayor detalle las necesidades térmicas y procurar, después, la forma de satisfacerlas sin incurrir en errores de dimensionamiento. Además se estudiará el método moderno de configurar las construcciones residenciales en España para que sus pérdidas y ganancias térmicas sean lo más pequeñas posible. Finalmente, se explicará el método habitual de cálculo de las instalaciones solares de calentamiento de agua para consumo o calefacción.

1 CLIMATIZACIÓN RESIDENCIAL Y TERCIARIA

1.1 Normativa técnica aplicable

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, *por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)*, BOE 207, de 29 de agosto de 2007.

Normas UNE-EN en vigor.

1.2 Objetivos

Según el art. 12 del RITE 2007 las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se reduzca el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, mediante la utilización de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables y de las energías residuales, cumpliendo los requisitos siguientes:

1. Rendimiento energético: los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos, se seleccionarán en orden a conseguir que sus prestaciones, en cualquier condición de funcionamiento, estén lo más cercanas posible a su régimen de rendimiento máximo.
2. Distribución de calor y frío: los equipos y las conducciones de las instalaciones térmicas deben quedar aislados térmicamente, para conseguir que los fluidos portadores lleguen a las unidades terminales con temperaturas próximas a las de salida de los equipos de generación.
3. Regulación y control: las instalaciones estarán dotadas de los sistemas de regulación y control necesarios para que se puedan mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados, ajustando, al mismo tiempo, los consumos de energía a las variaciones de la demanda térmica, así como interrumpir el servicio.
4. Contabilización de consumos: las instalaciones térmicas deben estar equipadas con sistemas de contabilización para que el usuario conozca su consumo de energía, y para permitir el reparto de

los gastos de explotación en función del consumo, entre distintos usuarios, cuando la instalación satisface la demanda de múltiples consumidores.

5. Recuperación de energía: las instalaciones térmicas incorporarán subsistemas que permitan el ahorro, la recuperación de energía y el aprovechamiento de energías residuales.
6. Utilización de energías renovables: las instalaciones térmicas aprovecharán las energías renovables disponibles, con el objetivo de cubrir con estas energías una parte de las necesidades del edificio.

1.3 Método de cálculo

1.3.1 Criterios generales

El diseño de la instalación de climatización, de acuerdo con la normativa señalada, exige determinar previamente las cargas térmicas de los locales a acondicionar, para luego, aplicando determinados criterios de diseño, elegir los equipos que configuren la solución técnica adoptada.

De acuerdo con el art. 5 ITE 03.5 *Cargas térmicas*, para realizar el cálculo de las cargas térmicas de los sistemas de calefacción o climatización de un edificio o parte de un edificio, una vez fijadas las condiciones arquitectónicas de diseño, se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- Características constructivas y orientaciones de fachadas.
- Factor solar y protección de las superficies acristaladas.
- Influencia de los edificios colindantes o cercanos.
- Horarios de funcionamiento de los distintos subsistemas.
- Ganancias internas de calor.
- Ocupación y su variación en el tiempo y espacio.
- Índices de ventilación y extracciones.

El cálculo se efectuará independientemente para cada local, aunque los locales de grandes dimensiones se dividirán en zonas teniendo en cuenta su orientación, ocupación, uso, ganancias internas etc.

Para la estimación de las cargas máximas se distinguirá entre el régimen de calefacción y el de refrigeración:

En régimen de calefacción, la máxima carga sensible se obtiene como suma de las cargas de cada local, considerando la simultaneidad debida a diferencias de horario.

En régimen de refrigeración, la máxima carga térmica total se obtiene como suma de las cargas simultáneas de cada local, considerando las variaciones, en el espacio y en el tiempo, de las ganancias de calor debidas a radiación solar y cargas interiores.

En ambos casos se estudian distintas situaciones de demanda térmica del sistema al variar la hora del día y el mes del año. Esta búsqueda, además de conducir al hallazgo de la demanda térmica simultánea máxima, permite estudiar el fraccionamiento de potencia de los equipos en cuanto se refiere al tamaño de las unidades.

Tratándose de sistemas de acumulación de energía térmica, el cálculo de cargas se efectúa para cada hora a lo largo del tiempo de funcionamiento establecido para el sistema en el día de máxima demanda, determinándose la capacidad necesaria de acumulación para satisfacer en estas condiciones los niveles de bienestar fijados más adelante.

En cuanto a la ventilación y las infiltraciones de aire exterior, se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

La ventilación de los locales se obtiene por medios mecánicos y los caudales son los indicados en la norma UNE 100 011.

Para evitar infiltraciones de aire exterior, por lo menos en las condiciones normales de presión dinámica del viento, se estima el nivel de sobrepresión necesario de acuerdo con la estanqueidad de los cerramientos exteriores. El aire sobrante será expulsado al exterior.

En régimen de calefacción, si no se adopta la ventilación mecánica, se parte de un número de

renovaciones horarias superior a una, en función del uso de los locales, de su exposición a los vientos y de la estanqueidad de los huecos exteriores.

Por último, y en lo que se refiere al aislamiento térmico de los cerramientos exteriores, se distingue entre los locales de nueva construcción de los ya existentes:

Los datos para calcular el aislamiento en los edificios de nueva planta se obtienen del proyecto de edificación, y se contrastan, además, con los de la Norma Básica de la Edificación NBE-CT "Condiciones térmicas en los edificios" vigente, que según el art. ITE 03.4 *Aislamiento térmico del edificio* todos ellos deben cumplir.

En el caso de reforma de locales existentes, el aislamiento real de los cerramientos se estima por medio de cálculos teóricos a partir de la observación minuciosa de sus características constructivas y el empleo de tablas validadas por la práctica. Si fuera pertinente, además, en el proyecto se hacen recomendaciones para mejorar en lo posible el aislamiento existente, con el fin de obtener la mejor relación coste-beneficio de la instalación diseñada.

1.3.2 Procedimiento seguido

Teniendo en cuenta los métodos anteriores, el procedimiento normalmente seguido es el siguiente:

Obtención de los parámetros básicos de cálculo:

- Fijar el uso de los locales a climatizar.
- Establecer los niveles de bienestar requeridos para los usuarios de la instalación.
- Delimitar las zonas a climatizar.
- Obtener las superficies de locales, muros exteriores, tabiques y ventanas.
- Determinar las características constructivas de los muros, suelos, tabiques y ventanas.
- Estimar otras fuentes de calor sensible y latente.

Calcular la carga térmica total a partir de:

- El calor incorporado por radiación a través de las ventanas.
- El calor incorporado o cedido por transmisión a través de ventanas, muros exteriores, techos, suelos y tabiques.
- El calor asociado a la ventilación e infiltraciones de aire exterior en los locales

Estudiar las variaciones de esa carga y obtener la carga térmica máxima:

- Calcular la carga total a intervalos de 1h entre las 8:00 y las 20:00h en función de la radiación solar y los vientos dominantes.
- Consolidar los cálculos para determinar analíticamente y gráficamente la hora diaria más desfavorable y calcular la carga térmica máxima.

Obtener la potencia mínima de la instalación.

1.3.3 Fundamento teórico

1.3.3.1 *Calor absorbido por radiación sobre las ventanas*

El calor sensible aportado al local desde el exterior como consecuencia de la radiación solar directa sobre sus ventanas exteriores, en cada hora del día, es función del coeficiente de radiación K_{rad} para esa hora y orientación de las superficies, y de las dimensiones de la superficie irradiada S_{rad} , y vale

$$\dot{Q}_{rad}(W) = \frac{K_{rad} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2} \right) S_{rad} (\text{m}^2)}{0'86 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{W}} \right)}$$

Los valores de K_{rad} se obtienen de la tabla siguiente, para cada hora del día (8 a 20 h) y orientación de la superficie del local.

Tabla de coeficientes de radiación solar K_{rad} recibidos por una superficie vertical en función de su orientación y de la hora del día. Valores en kcal/hm²

K_{rad}	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
E	444	390	265	116	38	38	38	35	32	27	13	0	0
N	32	35	38	38	38	38	38	35	32	38	65	0	0
NE	284	179	70	38	38	38	38	35	32	27	13	0	0
NO	32	35	38	38	38	38	70	179	284	344	287	123	25
O	32	35	38	38	38	116	265	390	444	436	320	145	25
S	35	70	119	170	187	170	119	70	35	27	13	7	0
SE	322	339	298	222	113	40	38	35	32	27	13	0	0
SO	32	35	38	40	113	222	298	339	322	260	146	35	7
H (*)	341	463	550	610	631	610	550	463	341	198	65	55	25

(*) H: Superficie horizontal (por ejemplo, claraboyas)

1.3.3.2 Calor sensible absorbido por transmisión

1.3.3.2.1 Por las ventanas y muros verticales

La transmisión de calor sensible a través de los acristalamientos de las ventanas para cada hora del día es función de su coeficiente de transmisión propio K_{vent} , de su superficie S_{vent} , y de la diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior ΔT :

$$\dot{Q}_{vent} (W) = \frac{K_{vent} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h} \text{ } ^\circ\text{C} \text{ m}^2} \right) S_{vent} (\text{m}^2) (T_{ext} - T_{int} (\text{ }^\circ\text{C}))}{0.86 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h} \text{ } ^\circ\text{W}} \right)}$$

$K_{vent} = K_1 \times K_2$	K_1	K_2			Toldo exterior
		Sin protección	Cortinaje interior	Persiana exterior	
Cristal doble	2.7	0.98	0.73	0.50	0.60
Cristal simple	5.6	1.00	0.76	0.54	0.64

La anterior expresión se aplica a los muros exteriores permanentemente a la sombra. Sin embargo, tratándose de muros exteriores soleados es necesario considerar los efectos de su inercia térmica y la alternancia de sol y sombra.

Esto se hace a través de un intervalo de temperaturas promediado, que se traduce realmente en un par coeficientes correctores K_1 y K_2 obtenidos mediante procedimientos prácticos, de forma que la expresión del calor sensible absorbido a través de los muros exteriores en cada hora del día es:

Al igual que ocurría con K_{vent} , K_{mur} es constante y sólo depende del tipo de construcción y materiales empleados en los muros:

$$\dot{Q}_{mur} (W) = \frac{K_{mur} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h} \text{ } ^\circ\text{C} \text{ m}^2} \right) S_{mur} (\text{m}^2) (K_1 + K_2) (\text{ }^\circ\text{C})}{0.86 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h} \text{ } ^\circ\text{W}} \right)}$$

	K_{mur}
Termoarcilla + enfoscado	0,6
De hormigón + enfoscado + aislamiento	0,7
De ladrillo + enfoscado + aislamiento	0,8
De hormigón + cámara	1,1
De ladrillo + enfoscado + cámara	1,2
De hormigón + enfoscado	1,8
De ladrillo + enfoscado	1,9

Para obtener K_1 es preciso considerar la orientación del muro y su densidad media en kg/m². Su valor se extrae de la siguiente tabla, para cada hora del día:

K_1 muros:		Hora del día														
Orient.	Densidad kg/m ²	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
E	100	16.7	18.3	20	19.4	17.8	11.1	6.7	7.2	7.8	7.8	7.8	6.7	5.5	4.4	3.3
	300	0	11.7	16.7	17.2	17.2	10.6	7.8	7.2	6.7	7.2	7.8	7.2	6.7	6.1	5.5
	500	3.3	4.4	7.8	11.1	13.3	13.9	13.3	11.1	10	8.9	7.8	7.8	7.8	7.2	6.7
	700	5.5	5	4.4	5	5.5	8.3	10	10.6	10	9.4	8.9	7.8	6.7	7.2	7.8
N	100	-2.2	-1.7	-1.1	0.5	2.2	4.4	5.5	6.7	7.8	7.2	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2
	300	-2.2	-1.7	-1.1	-0.5	0	1.7	3.3	4.4	5.5	6.1	6.7	6.7	6.7	5.5	4.4
	500	0	0	0	0	0	0.5	1.1	1.7	2.2	2.8	2.8	2.8	4.4	3.9	3.3
	700	0	0	0	0	0	0	0.5	1.1	1.7	2.2	2.8	3.3	3.9	4.4	4.4
NE	100	12.2	12.8	13.3	10.6	7.8	7.2	6.7	7.2	7.8	7.8	7.8	6.7	5.5	4.4	3.3
	300	-1.1	2.8	13.3	12.2	11.1	8.3	5.5	6.1	6.7	7.2	7.8	7.2	6.7	6.1	5.5
	500	2.2	2.2	2.2	5.5	8.9	8.3	7.8	6.7	5.5	6.1	6.7	6.7	6.7	6.1	5.5
	700	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	5.5	7.8	8.9	7.8	6.7	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
NO	100	-2.2	-1.1	0	1.7	3.3	5.5	6.7	10.6	13.3	18.3	22.2	20.6	18.9	10	3.3
	300	-2.2	-1.7	-1.1	0	1.1	3.3	4.4	5.5	6.7	11.7	16.7	17.2	17.8	11.7	6.7
	500	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.8	3.3	5	6.7	9.4	11.1	11.7	12.2	12.2
	700	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.9	4.4	5	5.5	7.8	10	10
O	100	-2.2	-1.1	0	1.7	3.3	7.8	11.1	17.8	22.2	25	26.7	18.9	12.2	7.8	4.4
	300	0	0	0	1.1	2.2	3.9	5.5	10.6	14.4	18.9	22.2	22.8	20	15.6	8.9
	500	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.9	4.4	5.5	6.7	9.4	11.1	13.9	15.6	15	14.4
	700	5.5	5	4.4	4.4	4.4	5	5.5	5.5	6.1	6.7	7.8	8.9	11.7	12.2	12.2
S	100	-2.2	0.5	2.2	7.8	12.2	15	16.7	15.6	14.4	11.1	8.9	6.7	5.5	3.9	3.3
	300	-2.2	-1.7	-1.1	3.9	6.7	11.1	13.3	13.9	14.4	12.8	11.1	8.3	6.7	5.5	4.4
	500	1.1	1.1	1.1	1.7	2.2	4.4	6.7	8.3	8.9	10	10	8.3	7.8	6.1	5.5
	700	3.3	2.8	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.9	5.5	7.2	7.8	8.3	8.9	8.9	7.8
SE	100	7.2	10.6	14.4	15	15.6	14.4	13.3	10.6	8.9	8.3	7.8	6.7	5.5	4.4	3.3
	300	0	7.2	11.1	13.3	15.6	14.4	13.9	11.7	10	8.3	7.8	7.2	6.7	6.1	5.5
	500	3.3	3.3	3.3	6.1	8.9	9.4	10	10.6	10	9.4	7.8	7.2	6.7	6.1	5.5
	700	4.4	4.4	4.4	3.9	3.3	6.1	7.8	8.3	8.9	10	8.9	8.3	7.8	7.2	6.7
SO	100	-2.2	-1.1	0	2.2	3.3	10.6	14.4	18.9	22.2	22.8	23.3	16.7	13.3	6.7	3.3
	300	0	0	0	0.5	1.1	4.4	6.7	13.3	17.8	19.4	20	19.4	18.9	11.1	5.5
	500	3.3	2.8	2.2	2.8	3.3	3.9	4.4	6.7	7.8	10.6	12.2	12.8	13.3	12.8	12.2
	700	4.4	4.4	4.4	3.9	3.3	3.3	3.9	4.4	5	5.5	8.3	10	10.6	11.1	11.1

El coeficiente K_2 es función de la diferencia de temperaturas exterior e interior y del intervalo de oscilación térmica considerado para la zona en que se ubican los locales. Dicho intervalo se extrae de la tabla siguiente, que además define la temperatura de cálculo y la humedad relativa exteriores en verano, el intervalo de oscilación térmica máximo y la temperatura mínima en invierno. Las temperaturas en °C.

	T ^a exterior	Verano		Oscilación térmica diaria Δ	Invierno T ^a mínima
		%HR exterior	T ^a interior		
ALBACETE	35	36	18	-7	
ALICANTE	31	60	13	3	
ALMERIA	30	70	8	5	
AVILA	30	41	17	-6	
BADAJOZ	38	47	17	-1	
BARCELONA	31	68	8	2	
BILBAO	30	71	8	0	
BURGOS	30	42	15	-6	
CACERES	38	37	14	-1	
CADIZ	32	55	12	2	
CASTELLON	29	60	9	4	
CIUDAD REAL	37	56	20	-4	
CORDOBA	38	33	17	-1	
CORUÑA, LA	23	63	9	2	
CUENCA	33	52	18	-7	
GERONA	33	58	10	-3	
GRANADA	36	49	18	-2	
GUADALAJARA	34	37	15	-4	
HUELVA	31	57	14	1	
HUESCA	31	72	15	-5	
JAEN	36	35	14	0	
LAS PALMAS	24	66	4	15	
LEON	28	45	16	-6	
LERIDA	33	50	14	-5	
LOGROÑO	33	59	14	-3	

	T ^a exterior	Verano		Oscilación térmica diaria Δ	Invierno T ^a mínima
		%HR exterior	Δ		
LUGO	26	67	14	-2	
MADRID	34	42	15	-3	
MALAGA	28	60	6	13	
MURCIA	36	59	14	-1	
ORENSE	33	55	9	-3	
OVIEDO	26	70	9	-2	
P. DE MALLORCA	28	63	8	4	
PALENCIA	30	45	16	-6	
PAMPLONA	32	51	12	-5	
PONTEVEDRA	27	62	12	0	
SALAMANCA	34	46	18	-7	
SAN SEBASTIAN	22	76	7	-1	
SANTANDER	25	74	7	2	
SEGOVIA	33	35	17	-6	
SEVILLA	40	43	18	1	
SORIA	29	45	18	-7	
STA. CRUZ TFE.	22	55	8	15	
TARRAGONA	26	68	7	1	
TERUEL	32	55	4	-8	
TOLEDO	34	34	14	-4	
VALENCIA	32	68	16	0	
VALLADOLID	33	45	12	-5	
VITORIA	26	70	13	-4	
ZAMORA	32	65	18	-6	
ZARAGOZA	34	57	14	-3	

K ₂ : T _{ext} -T _{int}	Intervalo de oscilación térmica diaria Δ°C																
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	-3.5	-4.0	-4.5	-5.0	-5.5	-6.0	-6.5	-7.0	-7.5	-8.0	-8.5	-9.0	-9.4	-9.8	-10.2	-10.6	-11.0
2	-2.5	-3.0	-3.5	-4.0	-4.5	-5.0	-5.5	-6.0	-6.5	-7.0	-7.5	-8.0	-8.4	-8.8	-9.2	-9.6	-10.0
3	-1.5	-2.0	-2.5	-3.0	-3.5	-4.0	-4.5	-5.0	-5.5	-6.0	-6.5	-7.0	-7.4	-7.8	-8.2	-8.6	-9.0
4	-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.0	-3.5	-4.0	-4.5	-5.0	-5.5	-6.0	-6.5	-6.9	-7.3	-7.7	-8.1
5	0.5	0.0	-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.0	-3.5	-4.0	-4.5	-5.0	-5.5	-5.9	-6.4	-6.8	-7.2
6	1.5	1.0	0.5	0.0	-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.0	-3.5	-4.0	-4.5	-5.0	-5.4	-5.8	-6.2
7	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.0	-3.5	-4.0	-4.4	-4.8	-5.2
8	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.0	-3.4	-3.8	-4.2
9	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-0.5	-1.0	-1.5	-2.1	-2.5	-2.9	-3.3
10	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-0.6	-1.1	-1.5	-1.9	-2.3
11	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.4	-0.2	-0.6	-1.0	-1.4
12	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.4	0.8	0.4	0.0	-0.4
13	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.4	1.8	1.4	1.0	0.6
14	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.4	2.8	2.4	2.0	1.6
15	10.5	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.4	3.8	3.4	3.0	2.6
16	11.5	11.0	10.5	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.4	4.8	4.4	4.0	3.6

1.3.3.2.2 Por los techos

En el caso de los techos primero hay que considerar si se trata de techos soleados o bien techos separadores de un local superior.

En el primer caso, techos al aire, el procedimiento es similar al empleado para los muros exteriores:

Para el coeficiente de transmisión K_{tech} se está al tipo constructivo y los materiales empleados:

$$\dot{Q}_{tech_s}(W) = \frac{K_{tech} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2} \right) S_{tech} (\text{m}^2) (K_3 + K_2) (\text{°C})}{0'86 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{W}} \right)}$$

K _{tech}	
De hormigón + cámara + aislamiento	0,5
Cielo raso bajo teja y cámara de aire	0,9
De hormigón	1,0
De teja + cámara + aislamiento	1,1
Bajo terraza de baldosín	1,2
De fibrocemento + aislamiento + cámara	1,3
De teja únicamente	2'9
De fibrocemento únicamente (Uralita)	4'5

Y en cuanto al intervalo de temperaturas, de nuevo se emplean los valores establecidos por la práctica: el factor K_3 se obtiene de la tabla siguiente, en función de si el techo está al sol o siempre a la sombra, de su densidad media (kg/m^2), y de la hora del día de que se trate; y K_2 tiene el mismo significado (y se

extrae de la misma tabla) que en el apartado de Muros anterior.

$K_3:$	kg/m ²	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Sombreado	100	-2.2	-1.1	0.0	1.1	3.3	5.0	6.7	7.2	7.8	7.2	6.7	5.5	4.4	2.8
	200	-2.2	-1.7	-1.1	0.0	1.1	2.8	4.4	5.5	6.7	7.2	6.7	6.1	5.5	4.4
	300	-1.1	-1.1	-1.1	-0.5	0.0	1.1	2.2	3.3	4.4	5.0	5.5	5.5	5.5	5.0
Soleado	50	-3.9	-2.8	-0.5	3.9	8.3	13.3	17.8	21.1	23.9	25.6	25.0	22.8	19.4	15.6
	100	-1.1	-0.5	1.1	5.0	8.9	12.8	16.7	20.0	22.8	23.9	23.9	22.2	19.4	16.7
	200	1.1	1.7	3.3	5.5	8.9	12.8	15.6	18.3	21.1	22.2	22.8	21.7	19.4	17.8
	300	3.3	3.9	4.4	6.1	8.9	12.2	15.0	17.2	19.4	21.1	21.7	21.1	20.0	18.9
	400	6.1	6.1	6.7	7.2	8.9	12.2	14.4	15.6	17.8	19.4	20.6	20.6	19.4	18.9

Cuando el techo es la separación con un local superior no climatizado se procede como en el caso de Suelos y Tabiques, que se expone a continuación.

1.3.3.2.3 Por suelos y tabiques

En el caso de transmisión desde suelos y tabiques separadores de locales no climatizados, la expresión utilizada es la siguiente:

$$\dot{Q}_{tabq} \text{ (W)} = \frac{K_{tabq} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h} \text{ °C} \text{ m}^2} \right) S_{tabq} \left(\text{m}^2 \right) \frac{(T_{ext} - T_{int} \text{ (°C)})}{2}}{0'86 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h} \text{ W}} \right)}$$

	K_{tabq}	K_{suelo}	
De pladur	1,3	Embaldosado sobre hormigón	1,4
De ladrillo + enfoscado	1,9	Parquet sobre hormigón	1,5

La diferencia de temperaturas que se toma es la mitad del que corresponde a un muro exterior, lo que constituye una aproximación bastante razonable en la práctica, ya que en el exterior la velocidad del viento eleva hasta el doble la cantidad de calor transmitido, y en el caso de tabiques y suelos dicha velocidad se toma como cero.

Cuando los suelos, techos y tabiques separan de locales climatizados, se entiende que el calor transmitido es cero.

1.3.3.3 Calor asociado a la introducción de aire exterior

El volumen de aire que se introduce del aire exterior, por rendijas y huecos de la construcción, pero sobre todo a causa de la ventilación de la que es preciso dotar a los locales, aporta calor sensible si está más caliente que el aire interior, y también calor latente, si está más húmedo que el aire interior. Es tradicional hablar de aire *infiltrado* para referirse a la introducción de aire exterior.

El aporte de calor sensible por infiltraciones depende del volumen de aire infiltrado V_i (m³/h), de la densidad del aire húmedo (1'2 kg/m³), y de la diferencia de temperaturas secas entre el exterior y el interior:

El aporte de calor latente por infiltraciones se produce al acondicionar la humedad del aire exterior. Si está más húmedo que el interior, su entalpía específica h_{ext} es mayor que la del aire interior h_{int} . De ahí se obtiene:

Es decir, el calor desprendido al variar su humedad es función del volumen de aire infiltrado V_i (m³/h), de la densidad del aire húmedo (1'2 kg/m³), y de la diferencia de entalpías específicas del aire exterior y el interior no debida a la variación de temperatura —que ya se consideró antes como calor sensible—.

$$\dot{Q}_{is} \text{ (W)} = V_i \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) 1'2 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) 0'24 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg} \text{ °C}} \right) \frac{T_{ext} - T_{int} \text{ (°C)}}{0'86 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h} \text{ W}} \right)}$$

$$\dot{Q}_{ii} \text{ (W)} = V_i \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) 1'2 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \frac{h_{ext} - h_{int} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right)}{0'86 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h} \text{ W}} \right)} - \dot{Q}_{is} \text{ (W)}$$

La obtención de las entalpías específicas para el aire húmedo es sencilla a través del correspondiente diagrama psicrométrico, aunque el cálculo por ordenador exige modelar esa gráfica con ecuaciones matemáticas susceptibles de computación automática. Éstas son las ecuaciones que se han usado, función de las temperaturas T(°C) y humedades relativas $\phi(\%)$:

$$h_{ext} = 0'24T_{ext} + \left[\frac{0'622P_{ext} \phi_{ext}/100}{1 - P_{ext} \phi_{ext}/100} \right] (600'1 + 0'4T_{ext}), \text{ con } P_{ext} = e^{\left(\frac{14'2928 - \frac{5291}{T_{ext} + 273'15}}{100} \right)}$$

$$h_{int} = 0'24T_{int} + \left[\frac{0'622P_{int} \phi_{int}/100}{1 - P_{int} \phi_{int}/100} \right] (600'1 + 0'4T_{int}), \text{ con } P_{int} = e^{\left(\frac{14'2928 - \frac{5291}{T_{int} + 273'15}}{100} \right)}$$

Por último, los volúmenes de cálculo del aire infiltrado son los reglamentarios:

- Para viviendas se sigue lo dispuesto en el Código Técnico de la Edificación, documento CTE-HS3, que clasifica las necesidades de ventilación según el tipo de dependencia:

CAUDALES DE AIRE EXTERIOR PARA VIVIENDAS CTE-HS3

		Caudal de ventilación mínimo exigido q_v en l/s		
		Por ocupante	Por m^2 útil	En función de otros parámetros
Lo- ca- les	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2	
	Trasteros y sus zonas comunes			50 por local ⁽¹⁾
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

(1) Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

- Para otro tipo de locales rige lo dispuesto en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE 2007), que también determina la calidad del aire y los filtros que es necesario interponer en la admisión (y en la expulsión):

IT 1.1.4.2.2 Categorías de calidad del aire interior en función del uso de los edificios

En función del uso del edificio o local, la categoría de calidad del aire interior (IDA) que se deberá alcanzar será, como mínimo, la siguiente:

IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.

IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.

IDA 3 (aire de calidad media): edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.

IDA 4 (aire de calidad baja)

Tabla 1.4.2.1 Caudales de aire exterior, en dm^3/s por persona

Categoría	dm^3/s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Tabla 1.4.2.4 Caudales de aire exterior por unidad de superficie de locales no dedicados a ocupación humana permanente.

Categoría	$dm^3/(s \cdot m^2)$
IDA 1	no applicable
IDA 2	0,83
IDA 3	0,55
IDA 4	0,28

- Bajo el régimen del anterior Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE 1998) los caudales de aire exterior que había que incorporar a cada local eran los que se reproducen en la siguiente tabla:

VOLUMEN DE AIRE EXTERIOR EN m^3/h (RITE 1998)

	Por persona	Por m^2	Por local
Almacenes		2.7	
Aparcamientos		18.0	
Archivos		0.9	
Aseos individuales			15.0
Aseos Públicos			25.0
Auditorios	28.8		
Aulas	28.8		
Autopsia		9.0	
Bares	43.2	43.2	
Cafeterías	54.0	54.0	
Canchas para el deporte		9.0	
Cocinas	28.8	7.2	
Comedores	36.0	21.6	
Descanso (salas)	72.0	54.0	
Dormitorios colectivos	28.8	5.4	
Escenarios	28.8	21.6	
Espera y recepción	28.8	14.4	
Estudios fotográficos		9.0	
Exposiciones	28.8	14.4	
Fiestas (salas)	54.0	54.0	
Fisioterapia (salas)	36.0	5.4	
Gimnasios	43.2	14.4	
Gradas de recintos deportivos	28.8	43.2	
Grandes almacenes	28.8	7.2	
Habitación de hotel			15.0
Habitaciones de hospital	54.0		
Imprentas, reproducción y planos		9.0	
Juegos (salas)	43.2	36.0	
Laboratorios	36.0	10.8	
Lavanderías Industriales	54.0	18.0	
Oficinas	36.0	3.6	
Paseos de centros comerciales		3.6	
Pasillos			
Piscinas		9.0	
Quirófanos y anexos	54.0	10.8	
Reuniones (salas de)	36.0	18.0	
Salas de curas	43.2	7.2	
Salas de recuperación	36.0	5.4	
Supermercados	28.8	5.4	
Talleres de reparación automática		27.0	
Talleres en centros docentes	36.0	10.8	
Talleres en general	108.0	10.8	
Templos para culto	28.8		
Tiendas de animales		18.0	
Tiendas en general	36.0	2.7	
Tiendas especiales		7.2	
UVIs	36.0	5.4	
Vestíbulos	36.0	54.0	
Vestuarios		9.0	

1.3.3.4 Cálculo de la potencia mínima de la instalación

Según ITE 03.6 *Potencias de las centrales* de producción, la potencia que debe suministrar la central de producción de calor o frío debe ajustarse a la suma de las cargas totales calculadas, mayoradas o minoradas en las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de distribución de los fluidos portadores.

El valor de la potencia obtenida se multiplicará por un coeficiente de intermitencia o simultaneidad de cargas, que dependerá de la inercia térmica del edificio, de la duración del período de puesta en régimen y de las condiciones de ocupación y uso.

1.3.4 Niveles de bienestar y otros parámetros de diseño

El ambiente térmico se define por aquellas características que condicionan los intercambios térmicos del cuerpo humano con el ambiente, en función de la actividad de la persona y del aislamiento térmico de su vestimenta, y que afectan a la sensación de bienestar de los ocupantes. Estas características son la temperatura del aire, la temperatura radiante media del recinto, la velocidad media del aire en la zona ocupada y, por último, la presión parcial del vapor de agua o la humedad relativa.

Las condiciones interiores de diseño se fijan en función de la actividad metabólica de las personas y su grado de vestimenta, dentro de los límites reglamentarios del art. ITE 02.2.1 *Bienestar térmico*. La tabla siguiente resume dichos valores límite y los adoptados normalmente en la práctica:

Condiciones interiores de diseño				
		Temperatura °C	Velocidad media del aire m/s	Humedad relativa %
Valores reglamentarios	Verano	23 a 25	0,18 a 0,24	45 a 60
	Invierno	21 a 23	0,15 a 0,20	40 a 60
Valores de proyecto	Verano	24	0,22	60
	Invierno	22	0,16	45

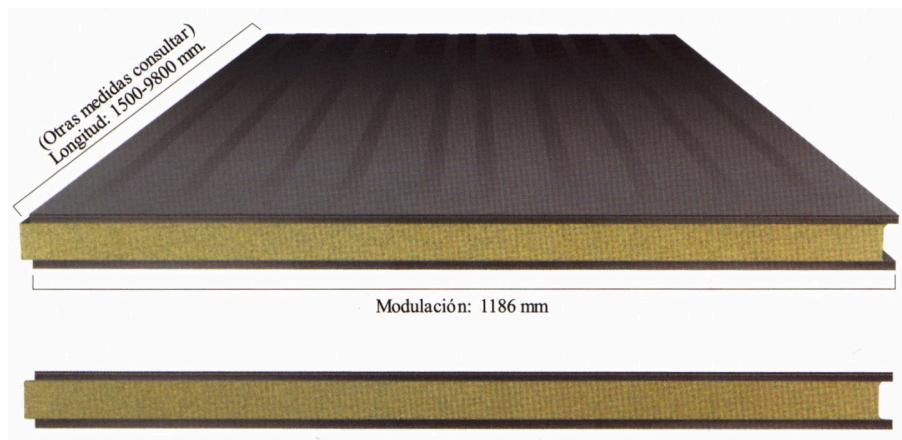
2 REFRIGERACIÓN Y SECADO INDUSTRIALES

Para la refrigeración y el secado (eliminación de humedad) industriales los cálculos rara vez alcanzan la complejidad que puede llegar a suponer la climatización de locales. Se tratará, en la mayoría de los casos, de estimar las cargas de calor sensible y latente que hay que disipar, que básicamente serán función de las dimensiones y características constructivas de los locales a refrigerar, por un lado, y de los productos y sus condiciones de refrigeración, por otro.

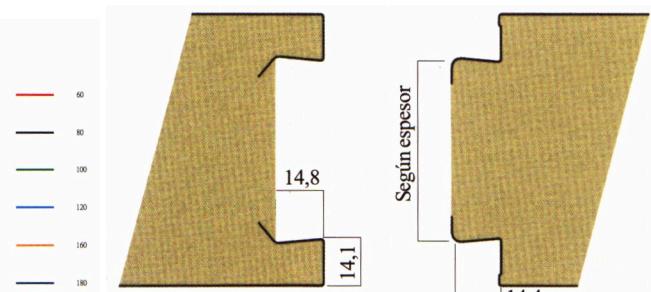
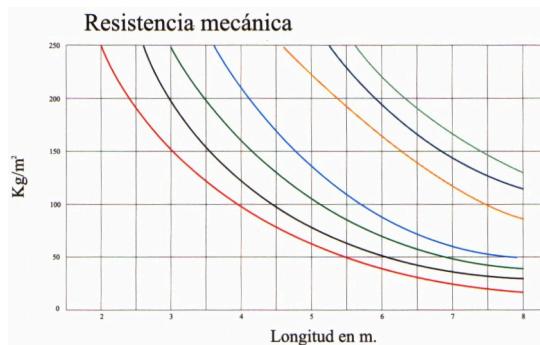
Habitualmente se construyen cámaras con paredes aislantes que alojan productos para conservar. Suele tratarse de productos perecederos, que bien se mantendrán justo por encima de cero, bien se congelarán y mantendrán por debajo de 12°C. La legislación sectorial aplicable a cada caso determina las temperaturas mínimas y máximas.

2.1 Construcción de cámaras

Las cámaras se construyen cumpliendo los requisitos de la legislación vigente para la utilización que se les dará. Un caso muy frecuente es el de cámaras para almacenar productos directa o indirectamente relacionados con la industria alimentaria, para el que la normativa prescribe una serie de cautelas, mirando por la higiene de la instalación.



Ello hace altamente aconsejable el empleo de los modernos paneles aislantes de chapa metálica rellenos de espuma de poliuretano. El habitual es un poliuretano inyectado, sin CFC, con una densidad que oscila entre 40 y 43 kg/m³, y un coeficiente de conductividad térmica de 0'018 kcal/(h m °K).



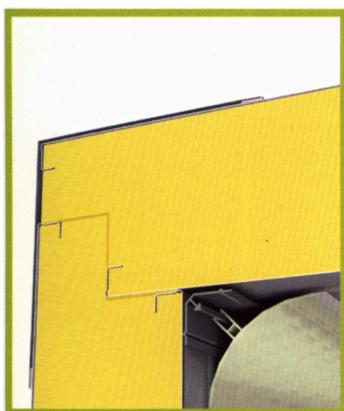
Detalle de la profundidad del machihembrado, de las mayores del mercado y, además, realizado en chapa

Tabla de peso de m² de paneles según espesor de chapa

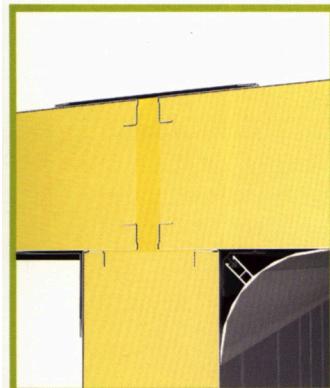
ESPESOR	Peso kg/m ² chapa 0,5 mm.	Peso kg/m ² chapa 0,6 mm.
40	9,60	11,32
60	10,46	12,18
80	11,32	13,04
100	12,18	13,90
120	13,04	14,76
150	14,33	16,05
180	15,62	17,34
200	16,48	18,20

Coeficiente de Conductividad y Transmisión térmica

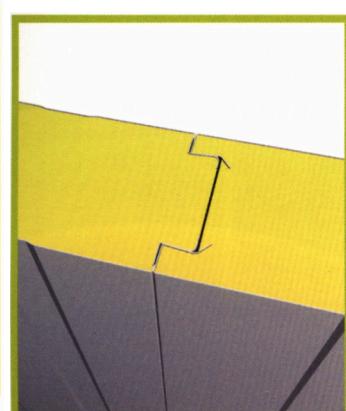
ESPESOR	Coef. K (W/mK)	Coef. K (kcal/hm ² K)
40	0,53	0,45
60	0,35	0,30
80	0,26	0,22
100	0,21	0,18
120	0,18	0,15
150	0,14	0,12
180	0,116	0,10
200	0,105	0,09



DETALLE DE REMATE DE PARED CON TECHO



DETALLE DE REMATE DE PARED DIVISORIA CON TECHOS



DETALLE DE MACHIHEMBRADO

DETALLE DE CÁMARA CON AISLAMIENTO DE SUELO

Panel de pared diseñado en su parte inferior con aislamiento visto para hacer una continuidad con el aislamiento del suelo, sin necesidad de realizar ninguna modificación previa a su montaje. Es importante observar el detalle del ejemplo de aireación y de la barrera antivapor, siempre recomendables en cámaras de temperaturas negativas.



HERRAJES: Tipo Fermod, el herraje utilizado por el 90% de los fabricantes europeos.

OPCIONES: Acabados de hoja en chapa lacada o plastificada en diferentes colores y en acero inoxidable.

Capilla para paso de carril aéreo: Pivotantes capilla con cortinilla. V-91 capilla con cortinilla y estructura para carril suspendido. V-93 y V-99 capilla con cortinilla, pudiendo ser con carril partido o con estructura para carril suspendido. Cubrecarril de aluminio lacado blanco.

Visores de 2 o 3 lunas tipo climalit. Ventana de inspección y trincas para atmósfera controlada.

Las puertas suelen ser deslizantes, aunque en algunos usos puede optarse por puertas pivotantes. En general no es posible encontrar tantos espesores como para los paneles del cerramiento, estando disponibles las medidas de 60 mm (poco frecuente), 80, 100 y 140 mm.

Para la entrada de carriles por la parte superior es preciso habilitar unos huecos especiales protegidos por cortinillas u otros métodos, llamados "capillas", aunque también es posible insertar un tramo de carril desplazable por el movimiento de la propia puerta, con lo que la cámara no presenta más huecos que ésta.



MARCO: Fabricado con perfil estructural fabricado en aluminio extrusionado y lacado al fuego, con rotura de puente térmico para evitar condensación. Cuando la adaptación es a obra civil puede ser en madera forrada de chapa igual a la hoja.

HOJA: Fabricada con chapa de acero laminada en frío, galvanizada y lacada al fuego. Estructura interior de acero que garantiza la mayor robustez del mercado.

AISLAMIENTO: Formado por espuma de poliuretano inyectado a alta presión consiguiendo una densidad de 40-43 kg/m³. Los espesores según temperaturas de trabajo son 60 (sólo en Mod. Semi-industrial), 80, 100 y 140 mm en el resto de los modelos.

ESTANQUEIDAD: Aseguramos las mínimas perdidas de frío con burletes de caucho sintético flexibles en todo el perímetro de la hoja, la cual se adapta perfectamente al marco y pisadera de la puerta. En baja temperatura y túnel van equipadas con resistencia antiescarcha (220V).

Cerradura homologada con desbloqueo interior. Protector metálico de acero inox. Automatismo de apertura y cierre, pudiéndose ser electrónico o electroneumático.

2.2 Cálculo de necesidades frigoríficas

La potencia de los equipos de refrigeración deberá ser tal que permita alcanzar el régimen de temperaturas de diseño a partir de una carga nominal recién introducida en un tiempo conveniente. Generalmente se manejan períodos de 12 ó 24 h, si bien hay que tener en cuenta que las necesidades de desescarche de los evaporadores interiores reducen hasta en un 33% el tiempo durante el cual el equipo está refrigerando efectivamente. Lo usual es establecer unas necesidades mínimas y después elegir el equipo comercialmente disponible cuyo fabricante garantice que es capaz de satisfacer esas necesidades.

La estimación de las cargas frigoríficas exige contabilizar:

1. Las ganancias de calor debidas a la conductividad de los cerramientos de la cámara.
2. Las ganancias debidas a ventilaciones, infiltraciones y aperturas de la cámara.
3. El calor que hay que extraer para refrigerar o secar los productos almacenados.
4. Las ganancias de calor derivadas de los procesos químicos que se producen en los productos almacenados. Es lo que se conoce como ganancias de calor por *respiración* de los productos vegetales frescos.

La ganancia por conductividad se obtiene de la expresión siguiente (se manejan unidades usuales en la práctica, que se apartan ligeramente del Sistema Internacional):

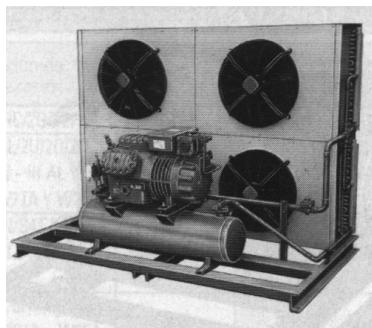
$$\dot{Q}_c \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right) = \frac{S \left(\frac{\text{m}^2}{\text{m}} \right) K \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h m} \text{ } ^\circ\text{C}} \right) (T_{ext} - T_{int}) \left(^\circ\text{C} \right)}{e \left(\frac{\text{m}}{1000 \text{ mm}} \right)}$$

Las ganancias debidas a ventilaciones se estiman como un 15-20% de las anteriores. Se calculan también en kcal/h. El calor que hay que extraer para refrigerar o secar la carga se halla teniendo en cuenta su calor específico para cada intervalo de temperatura. El cálculo proporcionará la cifra estimada en kcal/kg. La ganancia por respiración se obtiene de tablas, en función de la masa de la carga. También resultará en kcal/kg.

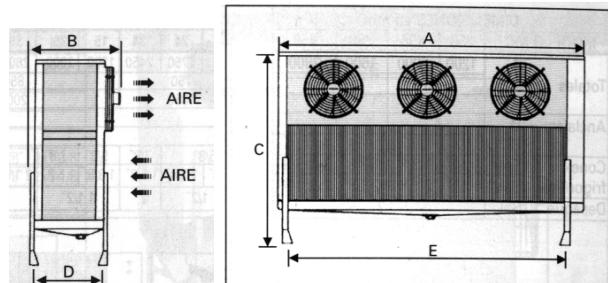
Es preciso determinar el tiempo en el que el equipo refrigerador deberá alcanzar la temperatura de régimen normal desde una plena carga en condiciones conocidas. Multiplicando las dos ganancias anteriores por la masa en kg de la carga nominal y dividiendo por dicho tiempo en h puede obtenerse la potencia requerida para refrigerar, secar y por causa de la respiración del producto. El resultado estará ya en kcal/h.

La suma orientará al proyectista hacia la mínima potencia del equipo necesario en kcal/h.

COMPRESORES INDUSTRIALES, 4 CILINDROS,
REFRIGERADOS POR AIRE



EVAPORADORES MURALES INDUSTRIALES



CALORES ESPECÍFICOS

Frutas	Tra. conservac. °C	Humedad relativa %	Tiempo conservac. recomend.	Punto de congelac. °C	Calor esp. antes cong. Kc/Kg/°C	Calor esp. después cong. Kc/Kg/°C	Calor latente Kcal/Kg	Calor respirac. Kcal/Tm/24h
Aguacates	+0 a +1	85/90	2/3 semanas	-2,7	0,91	0,46	62,0	1.200-6.000
Albaricoques	+0 a +1	85/90	2/4 semanas	-2,2	0,91	0,48	67,9	160-2.200
Arándanos	+2 a +4	90/95	2/4 meses	-0,9	0,90	0,46	69,3	110-2.800
Bayas	+0 a +1	85	3/10 días	-2	0,90	0,49	66,6	160-6.000
Caquis	-1 a +0	90	3/4 meses	-2,2	0,82	0,43	62,1	100-4.000
Cerezas agrias	-1 a +0	85/90	1/2 semanas	-1,7	0,89	0,46	70,0	250-3.000
Cerezas dulces	-1 a -0,5	85/90	2/4 semanas	-1,8	0,87	0,45	66,9	200-2.500
Ciruelas	-0,6 a +0,5	85/90	2/6 semanas	-0,8	0,89	0,46	68,5	200-6.000
Cocos	+0 a +1,5	80/85	1/2 meses	-0,8	0,58	0,34	37,3	50-300
Dátiles Frescos	-1 a +0	85/90	7/10 días	-2,4	0,82	0,43	62,1	220-2.800
Dátiles curados	-1,8 a +0	65/75	6/12 meses	-15,7	0,36	0,26	38,2	100-1.500
Frambuesa negra	-0,5 a +0	90/95	2/3 días	-1,1	0,85	0,44	64,5	1.200-8.000
Frambuesa roja	-0,5 a +0	90/95	2/3 días	-0,6	0,87	0,45	66,9	1.200-9.000
Fresa	-0,5 a +0	90/95	2/4 días	-1,1	0,92	0,48	71,7	900-7.000
Granadas	+1 a +2,5	90/95	2/4 meses	-3	0,86	0,44	65,5	50-2.000
Grosellas	-1 a +0	90/95	2/4 semanas	-1,1	0,91	0,47	71,0	400-6.000
Guayaba	+5 a +10	90	2/3 semanas	-0,5	0,86	0,45	66,2	200-5.000
Higos frescos	-0,5 a +1	85/90	7/10 días	-2,4	0,82	0,43	62,1	220-2.800
Higos secos	+0 a +4	50/60	9/12 meses	-2	0,39	0,27	19,2	50-200
Kiwi	-0,5 a +0	90/95	2/4 meses	-1,5	0,91	0,47	71,0	160-2.600
Limas	+7 a +8	85/90	6/8 semanas	-1,6	0,90	0,48	69,0	400-5.000
Limón	+2 a +4	85/90	3/6 semanas	-1,4	0,91	0,47	71,0	400-2.000
Mandarinas	+1 a +3	90/95	6/8 semanas	-1,1	0,92	0,49	69,3	300-7.000
Mangos	+11 a +13	85/90	2/3 semanas	-0,9	0,85	0,44	64,5	800-5.000
Manzanas verde	-1 a +1	90/95	1/8 meses	-1,5	0,88	0,45	67,4	120-3.400
Manzanas secas	+0 a +5	55/60	3/8 meses		0,39	0,27	28,0	50-500
Melocotón verde	-0,5 a 1	88/92	2/4 semanas	-1,1	0,91	0,47	68,0	150-4.700
Melones	+2 a +4	85/90	3/8 semanas	-1,1	0,97	0,49	77,0	500-2.000
Melón de Indias	+7 a +10	85/95	4/6 semanas	-1,1	0,94	0,48	74,1	300-5.000
Membrillo	-0,5 a +1	88/92	2/3 meses	-2	0,88	0,45	67,9	200-6.000
Moras	-0,5 a +0	90/95	3 días	-0,8	0,88	0,46	67,9	160-3.500
Naranjas	+0 a +2	85/90	2/4 meses	-0,8	0,90	0,46	69,3	300-2.800
Nectarinas	-0,5 a +0	90	2/4 semanas	-0,9	0,86	0,44	65,5	200-5.000
Papayas	+6 a +7	85/90	1/3 semanas	-0,8	0,93	0,48	72,6	400-8.000
Pasas de Corinto	-0,5 a +0	90/95	10/14 días	-1	0,88	0,46	67,9	200-2.800
Peras verdes	-0,5 a 0,5	85/90	1/7 meses	-1,5	0,86	0,45	66,2	240-6.000
Piñas verde	+7 a +8	85/90	3/4 semanas	-1	0,86	0,43	66,4	100-4.000
Piñas maduras	+4 a +5	85/90	2/4 semanas	-1	0,88	0,45	67,9	100-9.000
Plátanos verde	+11 a +13	85/95	10/20 días	-0,8	0,85	0,42	60,0	550-4.100
Plátanos madura	+12 a +14	85/90	5/10 días	-0,8	0,85	0,42	60,0	840-5.300
Pomelo	+5 a +7	85/90	2/4 meses	-1,1	0,91	0,47	71,0	600-6.000
Sandías	+2 a +4	85/90	2/3 semanas	-0,4	0,94	0,48	74,1	500-1.200
Toronjas	+0 a +1	85/90	1/2 meses	-1,1	0,91	0,48	70,0	500-7.000
Uvas	-1 a +0	85/90	1/5 meses	-2,1	0,86	0,44	65,5	240-2.500
Zarzamoras	-0,5 a +0,5	92/97	3 días	-0,8	0,88	0,46	68,0	400-5.000

CALORES ESPECÍFICOS

Verduras	Tempr. conservac. °C	Humedad relativa %	Tiempo conservac. recomend.	Punto de congelac. °C	Calor esp. antes cong. Kc/Kg/°C	Calor esp. después cong. Kc/Kg/°C	Calor latente Kcal/Kg	Calor respirac. Kcal/Tm/24h
Acelgas	+0 a +1	90/95	2/3 semanas	-1	0,89	0,47	70,0	270-3.800
Ajos secos	-4 a +1	70/75	6/9 meses	-4 a -0,8	0,69	0,40	50,0	200-2.000
Alcachofas	-0,5 A +0,5	90/95	1/4 semanas	-1,7	0,86	0,45	66,0	370-3.500
Apio	-0,5 a +0	93/98	1/4 meses	-1,3	0,95	0,48	75,0	270-5.000
Batata	+13 a +14	80/85	6/9 meses	-1,5	0,80	0,43	59,0	270-3.500
Berenjena	+8 a +9	+85/90	7/10 días	-0,8	0,95	0,48	79,0	270-4.000
Berrazas	+0 a +1	95	2/4 meses	-1,6	0,86	0,44	66,0	300-5.000
Berros	+0 a +1	95	3/4 días	-0,3	0,95	0,48	74,0	400-6.000
Berzas	+0 a +1	95	3/4 meses	-0,5	0,93	0,47	73,2	270-2.300
Boniatos	+13 a +14	85/90	3/6 meses	-1,5	0,80	0,43	59,0	270-3.500
Brécol	+0 a +1	90	7/10 días	-1,5	0,90	0,48	74,9	250-5.500
Brócoli	+0 a +1	90/95	10/14 días	-0,6	0,92	0,47	72,0	220-6.800
Calabaza de invierno	+10 a +11	70/75	4/6 meses	-0,6	0,95	0,46	71,0	380-3.800
Calabaza de verano	+5 a +6	85/95	5/14 días	-0,6	0,95	0,48	74,0	350-4.500
Cebollas	-2 a +0	70/75	3/6 meses	-1	0,91	0,46	68,8	220-3.600
Champiñón	+0 a +1	90/95	3/4 días	-0,9	0,93	0,48	73,0	200-2.800
Chirivía	+0 a +1	92/98	2/6 meses	-0,9	0,84	0,44	62,0	230-4.800
Coco	+0 a +1	80/85	1/2 meses	-0,9	0,58	0,34	38,0	150-1.600
Col	+0 a +0,5	85/90	1/2 meses	-0,5	0,91	0,46	72,0	210-2.200
Coles de Bruselas	+0 a +0,5	90/95	3/6 semanas	-0,8	0,91	0,46	70,0	280-3.500
Coliflor	+0 a +1	85/90	2/3 semanas	-0,8	0,94	0,47	77,0	280-3.800
Colirrábano	+0 a +1	95	2/4 semanas	-1	0,92	0,47	74,0	250-2.800
Collars	+0 a +1	95	10/14 días	-0,8	0,89	0,46	74,0	230-2.500
Endivia	+0 a +1	92/98	2/3 semanas	-0,5	0,94	0,48	75,0	270-5.500
Escarola	+0 a +1	92/98	2/3 semanas	-0,5	0,94	0,48	74,0	270-5.500
Espárragos	+0 a +1	90/95	2/3 semanas	-1,1	0,95	0,48	75,0	350-2.800
Espinacas	-0,5 a +0,5	92/96	10/14 días	-0,9	0,94	0,48	73,0	330-2.500
Guisantes verdes	-0,5 a +0,5	85/90	1/3 semanas	-0,6	0,79	0,42	58,8	240-2.800
Habas	+1 a +3	85/90	1/3 semanas	-0,7	0,86	0,45	68,0	240-2.800
Judías verdes	+0,5 a +1	90/95	1/2 meses	-1,2	0,89	0,47	66,0	530-3.200
Lechuga	+0 a +1	90/95	1/3 semanas	-0,5	0,96	0,48	76,0	560-3.900
Maíz tierno	+0 a +1	92/98	4/8 días	-1,1	0,82	0,42	60,0	270-4.200
Nabos	+0 a +1	90/95	4/5 meses	-0,9	0,93	0,47	72,0	270-3.800
Patatas	+5 a +7	85/90	4/8 meses	-1,6	0,82	0,43	62,0	280-2.200
Pepinos	+8 a +10	85/90	5/8 meses	-0,5	0,97	0,49	76,0	110-6.000
Perejil	+0 a +1	95/100	1/2 meses	-1,1	0,88	0,46	66,0	280-2.200
Pimienta dulce	+7 a +8	90/95	2/3 semanas	-0,7	0,94	0,47	73,0	750-5.500
Pimientos frescos	+7 a +8	90/95	2/3 semanas	-0,7	0,94	0,48	73,0	500-5.500
Puerros	+0 a +1	90/95	1/3 meses	-0,7	0,88	0,46	70,0	450-5.000
Rábano picante	-1 a +0	92/98	2/3 semanas	-1,8	0,80	0,43	60,0	300-3.200
Remolacha raíz	+0 a +1	90/95	1/4 meses	-0,9	0,90	0,47	72,0	270-3.800
Remolacha hojas	+0 a +1	90/95	10/14 días	-0,4	0,90	0,47	72,0	270-3.800
Setas	+0 a +1	93/98	2/6 semanas	-0,9	0,93	0,48	72,0	200-2.800
Tomates verdes	+11 a +12	85/90	3/5 semanas	-0,5	0,95	0,48	74,0	250-4.200
Tomates maduros	+0 a +1	85/90	5/15 días	-0,5	0,95	0,48	74,0	300-6.000
Trigo fresco	+0 a +1	90/95	4/8 días	-0,6	0,79	0,42	59,0	500-6.000
Verduras congeladas	-23 a -18	90/95	6/2 meses	-0,6	0,94	0,48	72,0	
Verduras frondosas	+0 a +1	95/100	10/14 días	-0,3	0,94	0,48	72,0	500-6.000
Zanahorias hojas	+0 a +1	90/95	1/2 semanas	-1,3	0,87	0,45	70,0	500-4.500
Zanahorias raíces	-1 a +1	90/95	4/6 meses	-1,3	0,92	0,46	70,0	500-4.500