

## CALORES ESPECÍFICOS

Carnes	Tr. conservación °C	Humedad relativa %	Tiempo conservación recomend.	Punto de congelación °C	Calor esp. antes cong. Kc/Kg/°C	Calor esp. después cong. Kc/Kg/°C	Calor latente Kcal/Kg
Aves frescas promedio	-2 a +0	95/100	1/4 semanas	-2,8	0,79	0,42	59,0
Aves Pato	-2 a +0	95/100	1 semana	-2,7	0,76	0,41	55,0
Aves Pavo todo tipo	-2 a +0	95/100	1/4 semanas	-2,7	0,72	0,40	51,0
Aves Pollo todo tipo	-2 a +0	95/100	1/4 semanas	-2,8	0,79	0,42	59,0
Aves de corral	-1 a +0	85/90	1 semana	-2,8	0,79	0,42	59,0
Bacon	+3 a +5	80/85	2/3 semanas	-2	0,36	0,26	16,0
Buey (magro)	+0 a +1	85/90	1/5 semanas	-1,7	0,77	0,42	56,0
Buey (graso)	+0 a +1	85/90	1/5 semanas	-2,2	0,60	0,35	44,0
Cerdo fresco promedio	+0 a +1,1	85/90	3/10 días	-2,2	0,65	0,36	45,0
Conejo fresco promedio	-0,5 a +0,5	90/95	1/5 días	-1	0,74	0,40	55,0
Cordero fresco promedio	-1 a +0,5	90/95	1/2 semanas	-2	0,72	0,39	51,0
Despojos frescos promedio	-0,5 a +0,5	85/90	5/7 días	-1,7	0,76	0,41	55,6
Embutidos	+2 a +4	75/80	1/3 semanas	-1	0,60	0,35	45,0
Jamón y lomo fresco	+0 a +1	80/85	3/5 semanas	-2,5	0,68	0,38	48,0
Jamón poco curado	+3 a +5	80/85	1/2 semanas		0,68	0,38	48,0
Jamón y lomo ahumado	+12 a +14	65	1/2 semanas		0,60		
Sala de embalaje	+7 a +8	85					
Sala manipulación	+12 a +14	40					
Salazones frescas	-1 a +1	80	1/6 meses	-3,3	0,89	0,53	52,0
Salchicha Fráncfort media	+0 a +1	85	1/3 semanas	-1,7	0,85	0,55	47,0
Salchicha Fráncfort	+2 a +3	85	48 horas	-1,7	0,85	0,55	47,0
Salchicha Fresca	+1,5 a +2,5	85	7 días	-1,5	0,89	0,56	51,0
Salchicha embutida	+0 a +1	85/90	3/12 días	-2	0,85	0,55	55,0
Salchicha en ristras	+0 a +1	85	1/7 días	-2	0,60	0,35	45,0
Solomillo (Selecto)	+0 a +1	85	1/3 semanas	-1,7	0,65	0,37	45,0
Tocino entreverado	+3 a +5	80/85	2/3 semanas	-2	0,36	0,26	18,0
Tocino fresco	+0 a +1	80/85	1/2 semanas	-1	0,55	0,31	17,0
Vaca fresco promedio	-1 a +0	88/92	2/5 semanas	-2,2	0,77	0,42	56,0
Vaca ternera promedio	-0,5 a +0,5	90/95	1/3 semanas	-2	0,74	0,40	53,0

Pescados	Tr. conservación °C	Humedad relativa %	Tiempo conservación recomend.	Punto de congelación °C	Calor esp. antes cong. Kc/Kg/°C	Calor esp. después cong. Kc/Kg/°C	Calor latente Kcal/Kg
Almeja entera	+6 a +8	95/100	5 días	-2,8	0,85	0,44	64,0
Almeja fresca	+0 a +0,5	90/95	5/15 días	-2,2	0,89	0,44	69,0
Anguilas	+0 a +2	90/95	5/8 días	-2,2	0,70	0,39	50,0
Arengue ahumado	+0 a +2	80/90	10 días	-2,2	0,72	0,40	51,0
Atún	+0 a +2	95/100	14 días	-2,2	0,77	0,41	56,0
Bacalao	-1 a +1	95/100	12 días	-2,2	0,85	0,45	65,0
Bacalao salado	+4 a +6	75/80	2/6 meses	-2,8	0,68	0,40	55,0
Buey de mar	+0 a +1	90/95	1 semana	-2,2	0,90	0,45	60,0
Caballa	+0 a +1	95/100	6/8 días	-2,2	0,72	0,40	52,0
Camarón	-1 a +1	95/100	12/14 días	-2,2	0,81	0,43	61,0
Cangrejo	+0 a +1	90/95	1 semana	-2,2	0,90	0,45	60,0
Carne de concha fresco	+0 a +1	95/100	5/10 días	-2,2	0,84	0,44	64,0
Crustáceos	+0 a +1	90/95	1 semana	-2,2	0,90	0,45	60,0
Gamba	-1 a +1	95/100	12/14 días	-2,2	0,81	0,43	61,0
Langosta	+6 a +8	En agua	Indefinido	-2,2	0,84	0,44	64,0
Marisco Congelado	-25 a -23	90/95	3/8 meses	-2,2	0,81	0,43	61,0
Merluza	+0 a +1	95/100	10 días	-2,2	0,85	0,45	65,0
Nécora	+0 a +1	90/95	1 semana	-2,2	0,90	0,45	60,0
Pescado ahumado	+4 a +6	50/60	6/8 meses	-1,8	0,76	0,41	51,0
Pescado blanco	-1 a +1	95/100	4/8 meses	-2,2	0,76	0,41	56,0
Pescado congelado	-25 a -23	90/95	6/12 meses	-2,2	0,82	0,41	58,0
Pescado fresco hielo	-0,5 a +0,5	90/95	5/15 días	-2,2	0,82	0,41	58,0
Pescados grasos	-1 a +0	90/95	3/7 días	-2,2	0,72	0,38	51,0
Pescados magros	-1 a +0	90/95	5/15 días	-2,2	0,86	0,45	59,0
Pescado salazón	+4 a +6	75/80	10/12 meses	-2,8	0,68	0,40	55,0
Pulpo	+0 a +1	85/90	3/10 días	-2,2	0,82	0,43	52,0
Salmón	-0,5 a +0,5	95/100	10/18 días	-2,2	0,72	0,40	51,0

### CALORES ESPECÍFICOS

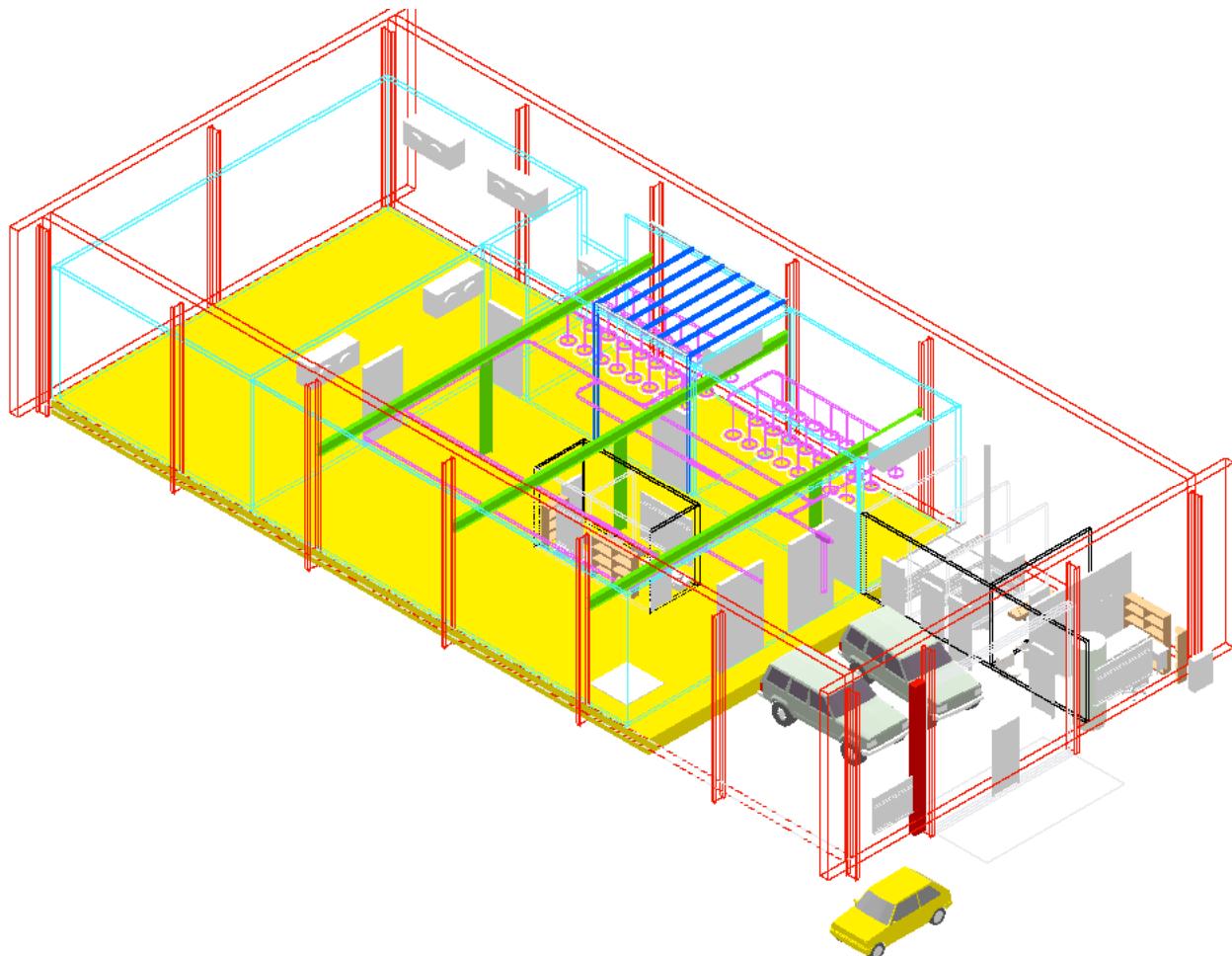
Lácteos	Tra. conservación °C	Humedad relativa %	Tiempo conservación recomend.	Punto de congelación °C	Calor esp. antes cong. Kc/Kg/°C	Calor esp. después cong. Kc/Kg/°C	Calor latente Kcal/Kg	Calor respiración Kcal/Tm/24h
Helados agua	-20 a -18	80/85	6/9 meses	-0,5	0,91	0,49	75,0	
Helados crema	-28 a -25	80/85	2/6 meses	-5	0,70	0,39	49,0	
Helados 10% Grasa	-29 a -27	80/85	1/4 meses	-5,6	0,72	0,39	50,0	
Leche fresca	+2 a +4	85/90	1/3 días	-0,6	0,93	0,49	69,0	
Leche pasteurizada	+0 a +2	80/85	3/7 días	-0,6	0,93	0,49	69,0	
Leche UHT	+0 a +2	80/85	2/4 meses	-0,6	0,90	0,49	69,0	
Leche en polvo	+12 a +14	50/60	6/24 meses		0,23	0,21	16,0	
Mantequilla	+0 a +1,5	80/85	4/6 semanas	-0,6	0,33	0,25	13,0	
Margarina	+1 a +2	60/70	1 año	-1	0,32	0,25	12,0	
Nata (40%)	+1,5 a 2,5	75/80	1/2 semanas	-2,2	0,85	0,40	50,0	
Nata (40%) congelada	-20 a -18	80/85	4/6 meses	-2,2	0,85	0,40	50,0	
Queso fresco	+0 a +2	85/90	3/7 días	-3	0,75	0,42	40,0	270-1.200
Queso manchego curado	+3 a +5	65/75	1/10 meses	-2	0,68	0,38	40,0	250-1.800
Queso manchego graso	+3 a +5	65/75	1/6 meses	-2	0,60	0,32	35,0	200-1.500
Queso camembert	+0 a +1	80/85	90 días	-7	0,70	0,40	48,0	130-1.600
Queso roquefort	-0,5 a +0,5	75/80	60 días	-12	0,65	0,32	44,0	110-1.500
Queso suizo	-0,5 a +0,5	75/80	60 días	-8	0,64	0,36	44,0	110-1.500

Varios	Tempr. conservación °C	Humedad relativa %	Tiempo conservación recomendado	Punto de congelación °C	Calor esp. antes cong. Kc/Kg/°C	Calor esp. después cong. Kc/Kg/°C	Calor latente Kcal/Kg	Calor respiración Kcal/Tm/24h
Arbustos	-3 a -1	70/80	6/8 meses	-4	0,82	0,35	58,0	200-2.000
Azúcar	+7 a +9	55/60	1/3 años		0,35	0,30	4,0	390-2.200
Bombones	+15 a +17	50/55	6 meses		0,93			
Cacao	+0 a +2	55/65	más de 1 año		0,35	0,28	16,0	100-900
Cacahuete	+0 a +2	40/45	1/6 meses	-2	0,22	0,21	2,0	10-1.000
Café Verde	+2 a +3	80/85	2/4 meses		0,28/0,32	0,23/0,25	8-12	250-1.800
Castañas	+0 a +1	70/75	6/10 meses		0,45	0,35	12,0	350-2.200
Caviar (en cubetas)	+1 a +2	80/85	15 días	-6,5	0,70	0,31	50,0	160-1.200
Cerveza botellas, botes	+2 a +3	60/65	3/6 meses	-2,2	0,92	0,47	72,0	
Cerveza metálico	+1 a +3	65/70	5/6 meses	-2,2	0,92	0,44	72,0	
Chocolate con leche	+15 a +17	50/55	6/12 meses		0,21	0,21	8,0	
Chocolate (Dulce de)	+15 a +17	55/60	5/12 meses		0,28	0,23	8,0	
Flores, cortadas, en general	+0 a +1	85/90	3/14 días	-2	0,92	0,35	58,0	200-2.800
Flores orquídeas, gardenias	+7 a +8	85/90	1 semana	-1,5	0,92	0,35	58,0	200-2.000
Frutos secos	+2 a +4	65/75	8/12 meses		0,24	0,22	8,0	50-600
Hielo	-10 a -8	85/90	Indefinido		1,00	0,50	80,0	
Huevos con cascara	-1 a +0	85/90	5/6 meses	-2,2	0,73	0,40	53,0	
Huevos frescos granja	+10 a +11	75/80	2/3 semanas	-2	0,73	0,39	53,0	
Huevos líquido	-1 a +0	85/90	1 año	-2,2	0,76	0,42	59,0	
Levadura	-0,5 a +0,5	70/75	1/3 meses	-1	0,77	0,41	56,0	
Maíz para palomitas	+0 a +2	70/75	4/6 semanas	-2	0,28	0,23	8,0	110-1.800
Manteca de cerdo	-1 a +1	85/90	4/8 meses	-0,5	0,50	0,34	50,0	
Miel	+7 a +10	60/70	1 año	-8	0,35	0,26	15,0	
Nuez con cáscara	+0 a +2	65/75	8/12 meses	-2	0,26	0,22	6,0	10-1.000
Nuez sin cáscara	+0 a +2	65/75	6/10 meses	-2	0,30	0,24	10,0	10-1.000
Pan	+0 a +1	80/85	1/5 días	-2	0,47	0,28	27,0	
Pan congelado	-20 a -18	90/95	1/5 meses	-2	0,47	0,28	27,0	
Pan masa congelado	-20 a -18	90/95	1/5 meses	-1	0,75	0,41	55,0	
Piel curtida	+1 a +2	83/88	varios años	-2,2	0,40	0,20	10,0	
Piel (pelambre)	+1 a +2	45/55	varios años	-2,2	0,40	0,20	10,0	
Semilla	+0 a +1	75/80	8/12 meses		0,24	0,22	8,0	50-600
Vino	+16 a +18	75/80	varios años	-11	0,98	0,47	78,0	

## 2.3 Diseño de una instalación frigorífica

### 2.3.1 Ejercicio propuesto

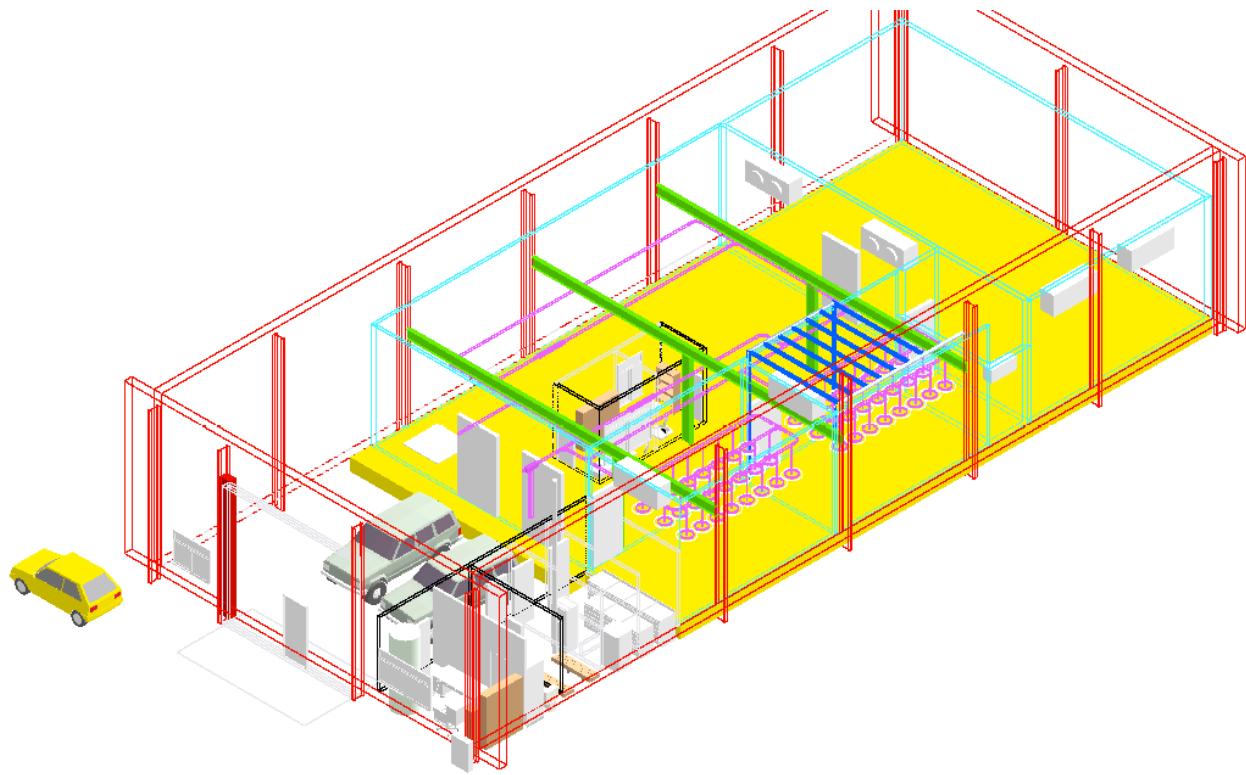
Se trata de diseñar una instalación frigorífica para la conservación de carne de cerdo y cordero que además incorpore una pequeña sala de despice. Se proporciona el plano de planta con las dimensiones del recinto de la nave ya existente que es preciso acondicionar. Las dimensiones de las cámaras de la solución inicialmente calculada están también indicadas.



Representación de la solución inicialmente calculada

Se supone que el cliente decide reducir un 20% la superficie de la sala de despice a costa de incrementar el tamaño del túnel de congelación y las dos cámaras de conservación. Además se estima demasiado baja la densidad de almacenamiento utilizada en las estimaciones que se reproducen más abajo, pues parece más acorde con su manera de trabajar emplear el parámetro de  $150 \text{ kg/m}^3$  en lugar del usado de  $130 \text{ kg/m}^3$ . Ello exige recacular la instalación.

La solución inicial adoptó la forma de las tablas siguientes. Inicialmente se calcularon las superficies desde las que se absorbe calor. Después las cargas frigoríficas que esa absorción supone, incrementadas por las necesidades del proceso que en la cámara tendrá lugar, y por otras cargas que deban tenerse en cuenta: en este ejemplo no se han considerado cargas suplementarias debidas a la respiración de los productos almacenados, porque solo se producen en caso de vegetales que "maduran en cámara", y la carne no lo hace. Pero sí deben considerarse las cargas debidas a apertura de puertas (ventilación)



**CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE LAS CÁMARAS**

Densidad de almacenamiento (kg/m<sup>3</sup>): 130,00

	Dimensiones exteriores (m)			Interior (dimensiones útiles) (m)			Espesores (mm)	Capacidad útil (m <sup>3</sup> )	Planta (m <sup>2</sup> )			
	E-O	N-S	Alto	E-O	N-S	Altura útil Libre			Útil	Total		
Cámara de congelado	12,40	7,40	4,24	12,12	7,12	3,60	0,50	310,64	40383	86,29	91,76	
Túnel de congelación	3,75	1,50	2,68	3,39	1,28	2,00	0,50	180,00	8,68	1128	4,34	5,63
Cámara de conservación 1	3,75	6,20	4,20	3,55	6,1	3,60	0,50	100,00	77,98	10137	21,66	23,25
Cámara de conservación 2	3,75	6,20	4,20	3,55	6,1	3,60	0,50	100,00	77,98	10137	21,66	23,25
Sala de despiece	8,65	13,90	4,24	8,55	13,8	4,14	0,00	100,00		115,77	120,24	

Ejemplo de tabla de cálculo de uno de los recintos

**CÁLCULO DE LAS CARGAS FRIGORÍFICAS**

Cámara de congelado	Conductividad aislamiento 0,018 kcal/(h m °K)						Temp. exterior (°C) 35,00	Temp. suelo (°C) 15,00
	Pérdidas por transmisión							
Temperaturas (°C) Interior	género	Entr.	Exterior	Suelo	Altura interior (m)	Enfriamiento	Otras cargas	
-20,00	-3,00				4,10			
N	E	S1	S2	O	Techo	Suelo		
49,69	29,19	35,06	13,90	29,19	86,29	86,29		
Temperatura exterior (°C)	35,00	35,00	12,00	-35,00	35,00	35,00	15,00	
Espesor (mm)	140,00	140,00	140,00	180,00	140,00	140,00		
Subtotal (kcal/h)							14874,4	
Total (kcal/h)	16761						0,00	

T

POTENCIA DE REFRIGERACIÓN MÍNIMA

	Temperaturas (°C)		Tiempo actuación (h)	Potencias teóricas mínimas		
	Interior proyecto	Entrada género		kcal/h	kW	CV
Cámara de congelado	-20,00	-3,00	18,0	16761	19,5	26,5
Túnel de congelación	-35,00	12,00	24,0	3868	4,5	6,1
Cámara de conservación 1	4,00	12,00	12,0	8659	10,1	13,7
Cámara de conservación 2	4,00	12,00	12,0	8936	10,4	14,1
Sala de despiece	12,00	18,00	12,0	7406	8,6	11,7
				45630	53,1	72,1

La valoración de los equipos de refrigeración suele adoptar la forma de la tabla siguiente:

ud. Equipo refrigerador para.....	Ud.	Parcial	Total
Compresor 4G15.2 Y/TD 15 CV con condensador centrífugo	1,00	9070,00	9070,00
Presostato	1,00	138,00	138,00
Visor y filtros	1,00	300,00	300,00
Cuadro eléctrico equipo refrigerador	1,00	900,00	900,00
Termostato	1,00	180,00	180,00
Válvula solenoide	1,00	130,00	130,00
Válvula de expansión	1,00	198,00	198,00
Evaporador INBE-504C10, dotado de 4 ventiladores Ø500, para 182 m <sup>2</sup> y 29.640 m <sup>3</sup> /h	1,00	4959,00	4959,00
Tubería y montaje	1,00	910,00	910,00
Carga de gas refrigerante R404A	1,00	300,00	300,00
Aislamiento tubos	1,00	108,00	108,00
Anaconda para dilataciones	1,00	60,00	60,00
Alarma	1,00	228,00	228,00
Varios	1,00	120,00	120,00
Total	1,00	17601,00	

Ejemplo de valoración de costes de la instalación de un equipo refrigerador en una cámara de elevadas prestaciones (túnel de congelación).

Para este ejercicio basta sustituir los datos del compresor y el evaporador, dejando el resto como está.

Se popone, como ejercicio, recalcular la instalación con el incremento del 20% y el parámetro de 150 kg/m<sup>3</sup> citados. El resultado debe adoptar la forma de un pequeño informe de 3 páginas como máximo donde se reproduzcan las tablas de los cálculos efectuados. Deberá contar, como siempre, con introducción y conclusión.

Habrá muchos factores que suponer, como es habitual en un caso de diseño. El ingeniero deberá cuantificar la repercusión de las variaciones en cualquiera de ellos y definir así el conjunto de parámetros de diseño que más conveniente le parezca. Para ello la hoja de cálculo resulta de una ayuda potentísima, pues puede permitir variar el cálculo entero con la sola modificación del valor de una celda, como hemos visto varias veces ya.

La construcción de las cámaras se valora simplemente a un precio por metro cuadrado de superficie exterior, incluyendo suelos y techos, según la tabla siguiente:

Valoración de la estructura de las cámaras	Espesor mm	€/m <sup>2</sup>
	40	45'00
	60	48'00
	80	51'00
Una puerta corredera, instalada, de 140 mm de espesor, se valora en 2.900'00 €.	100	54'00
Una capilla para paso de carriles al interior de la cámara, instalada, en 380'00 €.	120	56'00
	150	58'00
	180	60'00
	200	64'00

### **3 EFICIENCIA TÉRMICA EN LA CONSTRUCCIÓN RESIDENCIAL**

Desde 2007 se aplica en España una nueva norma aplicable a la justificación de las características térmicas de las edificaciones de carácter residencial (edificios de viviendas, incluso las unifamiliares, hoteles, residencias, albergues, etc.) o público (hospitales y clínicas, edificios administrativos, colegios y demás centros docentes, etc.).

Se trata del Código Técnico de la Edificación (CTE), en su sección dedicada al ahorro de energía y limitación de la demanda energética de los edificios:

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, BOE nº74, de 28 de marzo de 2006.
- Documento Básico del CTE: HE "Ahorro de energía", en especial la sección HE-1 "Limitación de la demanda energética".

Además, el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, *por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción*, BOE nº27, de 31 de enero de 2007, regula la concesión de la "etiqueta energética", que informa al adquirente de una vivienda del grado de ahorro energético que sus características constructivas conllevan.

En resumen, pues, por un lado resulta obligatorio cumplir con los requisitos mínimos de eficiencia térmica, y por otro hay que estimar también el grado de esa eficiencia, para obtener la clasificación correspondiente. A continuación se explica la manera de justificar el cumplimiento de dichos requisitos mínimos en las nuevas edificaciones y rehabilitaciones a las que se aplique el CTE, y más adelante se aborda la manera de estimar la eficiencia térmica y la clasificación energética consecuente.

#### **3.1 Evaluación de la envolvente térmica de las edificaciones**

##### **3.1.1 Método de análisis**

La justificación del cumplimiento de las exigencias del Documento Básico perteneciente al Código Técnico de la Edificación, titulado HE "Ahorro de energía", parte 1 "Limitación de la demanda energética", puede hacerse de dos maneras:

- Opción general
- Opción simplificada

En este caso se opta por la

Opción general, art. 3.3 DB-HE1

Esencialmente consiste en la evaluación de la demanda energética de los edificios mediante la comparación de ésta con la correspondiente a un edificio de referencia que define la propia opción. Se limita la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los *cerramientos* y se limitan las pérdidas energéticas debidas a las infiltraciones de aire, para unas condiciones normales de utilización de los edificios.

##### **3.1.2 Objeto del análisis**

El objeto de la opción general elegida es múltiple y consiste en:

- a) Limitar la demanda energética del edificio de una manera directa, evaluando dicha

demandas mediante el método de análisis ya dicho. Esta evaluación se ha realizado considerando el edificio en dos situaciones:

- i) como edificio objeto, es decir, el edificio tal cual ha sido proyectado en geometría (forma y tamaño), construcción y operación;
  - ii) como edificio de referencia, que tiene la misma forma y tamaño del edificio objeto; la misma zonificación interior y el mismo uso de cada zona que tiene el edificio objeto; los mismos obstáculos remotos del edificio objeto; y unas calidades constructivas de los componentes de fachada, suelo y cubierta por un lado y unos elementos de sombra por otro que garantizan el cumplimiento de las exigencias de demanda energética permitidas por la norma.
- b) Limitar la presencia de condensaciones en la envolvente térmica.
  - c) Limitar las infiltraciones de aire para las condiciones de diseño establecidas por la norma.

### 3.1.3 Procedimiento

El procedimiento de aplicación para verificar que un edificio es conforme con la opción general consiste en comprobar que:

- a) Las demandas energéticas de la envolvente térmica del edificio objeto para régimen de calefacción y refrigeración son inferiores a las del edificio de referencia. Para régimen de calefacción se toman los meses de diciembre a febrero ambos inclusive, y para el régimen de refrigeración los meses de junio a septiembre, ambos inclusive.
- b) La humedad relativa media mensual en la superficie interior sea inferior al 80% para controlar las condensaciones superficiales. Se comprueba, además, que la humedad acumulada en cada capa del cerramiento se seca a lo largo de un año, y que la máxima condensación acumulada en un mes no es mayor que el valor admisible para cada material aislante.
- c) Se cumplen las limitaciones de permeabilidad al aire de las carpinterías de los huecos establecidas en el apartado 2.3 de la norma.

### 3.1.4 Detalles del método de cálculo

El método de cálculo utilizado para demostrar el cumplimiento de la opción general se basa en el cálculo hora a hora, en régimen transitorio, del comportamiento térmico del edificio, teniendo en cuenta de manera simultánea las solicitudes exteriores e interiores y considerando los efectos de la inercia térmica de las masas.

En concreto, el método de cálculo utilizado contempla los aspectos siguientes:

- a) particularización de las solicitudes exteriores de radiación solar a las diferentes orientaciones e inclinaciones de los *cerramientos* de la envolvente, teniendo en cuenta las sombras propias del edificio y la presencia de otros edificios u obstáculos que pueden bloquear dicha radiación;
- b) determinación de las sombras producidas sobre los huecos por obstáculos de fachada tales como voladizos, retranqueos, salientes laterales, etc.;
- c) valoración de las ganancias y pérdidas por conducción a través de cerramientos opacos y huecos acristalados considerando la radiación absorbida;
- d) transmisión de la radiación solar a través de las superficies semitransparentes teniendo en cuenta la dependencia con el ángulo de incidencia;
- e) valoración del efecto de persianas y cortinas exteriores a través de coeficientes correctores del factor solar y de la transmitancia térmica del hueco.
- f) cálculo de infiltraciones a partir de la permeabilidad de las ventanas;
- g) comprobación de la limitación de condensaciones superficiales e intersticiales;

- h) toma en consideración de la ventilación en términos de renovaciones/hora para las diferentes zonas y de acuerdo con unos patrones de variación horarios y estacionales.
- i) valoración del efecto de las cargas internas, diferenciando sus fracciones radiantes y convectivas y teniendo en cuenta variaciones horarias de la intensidad de las mismas para cada zona térmica;
- j) valoración de la posibilidad de que los espacios se comporten a temperatura controlada o en oscilación libre (durante los períodos en los que la temperatura de éstos se sitúe espontáneamente entre los valores de consigna y durante los períodos sin ocupación);
- k) acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio que se encuentren a diferente nivel térmico.

### 3.1.5 Programa de referencia

El método de cálculo de la opción general se suele llevar a cabo a través de un programa informático oficial o de referencia que realiza de manera automática los aspectos mencionados en los apartados anteriores, previa entrada de los datos necesarios.

La versión oficial de este programa se denomina Limitación de la Demanda Energética, LIDER, y tiene la consideración de Documento Reconocido del CTE. En el ejemplo que se incluye más adelante se ha empleado la versión 1.0, actualizada a fecha 10 de octubre de 2006.

### 3.1.6 Verificación en obra

Durante la construcción del edificio se efectuarán las comprobaciones descritas en el apartado 5 de la norma DB-HE1.

### 3.1.7 Ejemplo de cálculo

#### 3.1.7.1 Cerramientos

Los cerramientos que se emplearán en el edificio se describen en las tablas siguientes:

Grupo Verticales						
Nombre Muro exterior						
Composición del Cerramiento:						
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).						
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Mortero de cemento o cal para	0,0150	0,550	1125	1000	
2	1 pie LP métrico o catalán 40 mm < G	0,2600	0,743	1220	1000	
3	EPS Poliestireno Expandido f 0,046	0,0400	0,046	30	1000	
4	Tabique de LH sencillo f 40 mm <	0,0400	0,444	1000	1000	
5	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,0150	0,570	1150	1000	
6						

Grupo Verticales

Nombre **Tabique interior**

Composición del Cerramiento:

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,0150	0,570	1150	1000	
2	Tabicón de LH doble Gran Formato 60	0,0750	0,182	630	1000	
3	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,0150	0,570	1150	1000	
4						

Grupo Horizontales

Nombre **Cubierta**

Composición del Cerramiento:

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Teja de arcilla cocida	0,0200	1,000	2000	800	
2	Mortero de cemento o cal para	0,0300	0,550	1125	1000	
3	Tabique de LH sendillo Gran Formato	0,0500	0,222	670	1000	
4	MW Lana mineral [0,031 W/[mK]]	0,0600	0,031	40	1000	
5						

Grupo Horizontales

Nombre **Forjado intermedio**

Composición del Cerramiento:

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa de gres	0,0200	2,300	2500	1000	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,0400	0,550	1125	1000	
3	FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,2500	0,893	1220	1000	
4	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,0200	0,570	1150	1000	
5						

Grupo Horizontales

Nombre **Terraza**

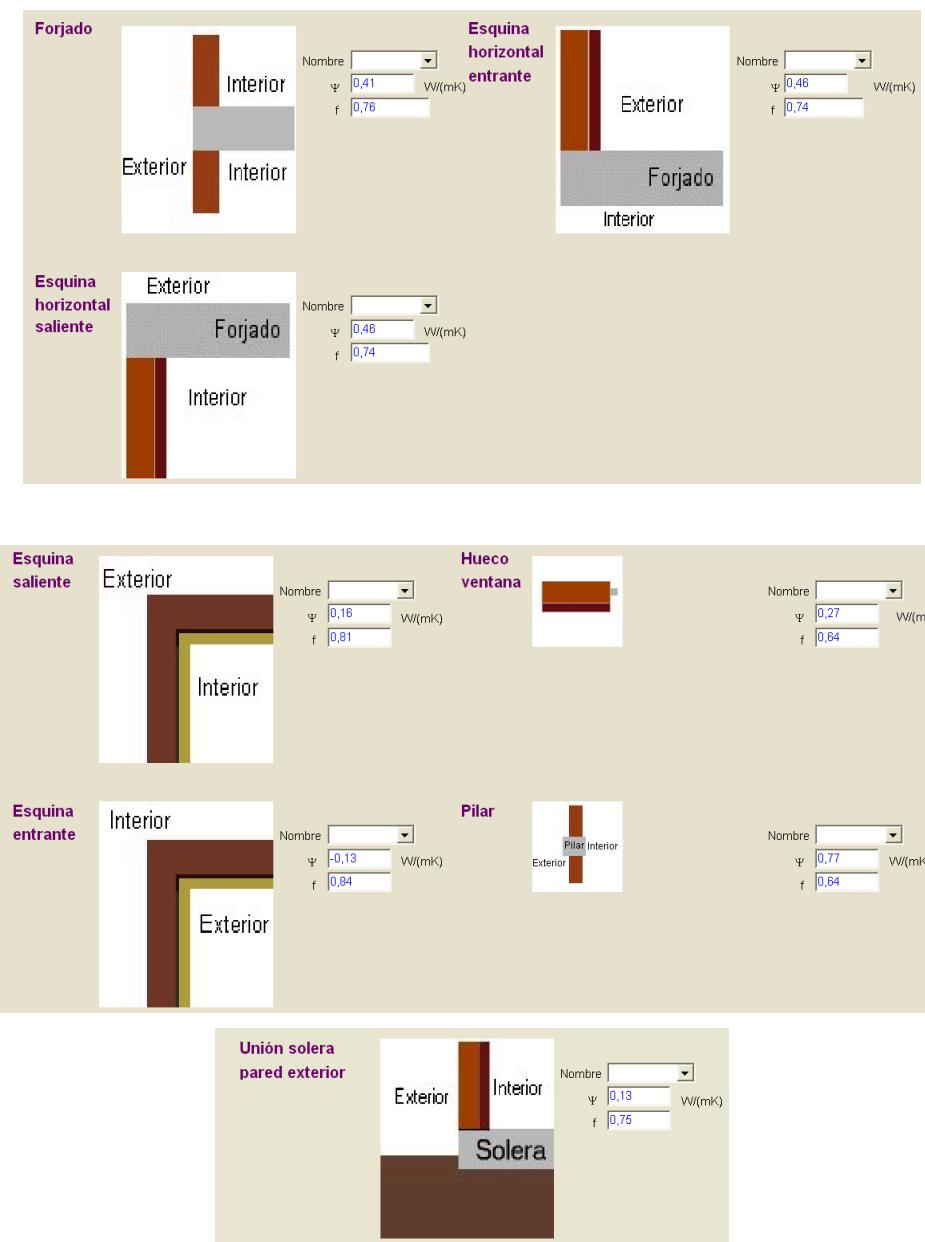
Composición del Cerramiento:

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Azulejo cerámico	0,0200	1,300	2300	840	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,0300	0,550	1125	1000	
3	EPS Poliestireno Expandido [ 0.029 W/[mK]]	0,0500	0,029	30	1000	
4	FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,2500	0,893	1220	1000	
5	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,0200	0,550	1125	1000	
6	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,0100	0,570	1150	1000	
7						

Grupo Horizontales						
Nombre: <input type="text" value="Forjado aislado"/>						
Composición del Cerramiento:						
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).						
Horizontal (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).						
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaquette o baldosa de gres	0,0200	2,300	2500	1000	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,0300	0,550	1125	1000	
3	EPS Poliestireno Expandido [ 0.029 W/[mK]]	0,0400	0,029	30	1000	
4	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,0300	2,000	1450	1050	
5	FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,2500	0,893	1220	1000	
6						

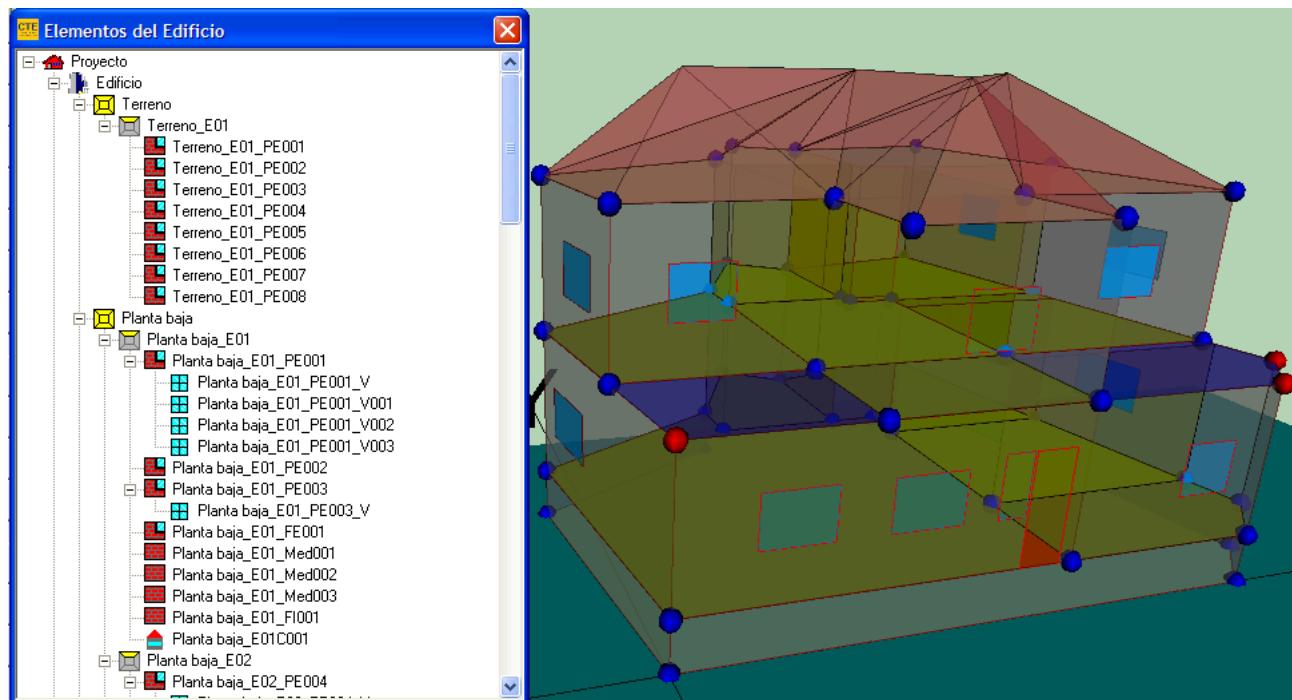
### 3.1.7.2 Puentes térmicos



### 3.1.7.3 Geometría y disposición del edificio

Tanto la geometría como la disposición del edificio son los indicados en el Proyecto de arquitectura al que este cálculo debe acompañar inseparablemente como Anexo.

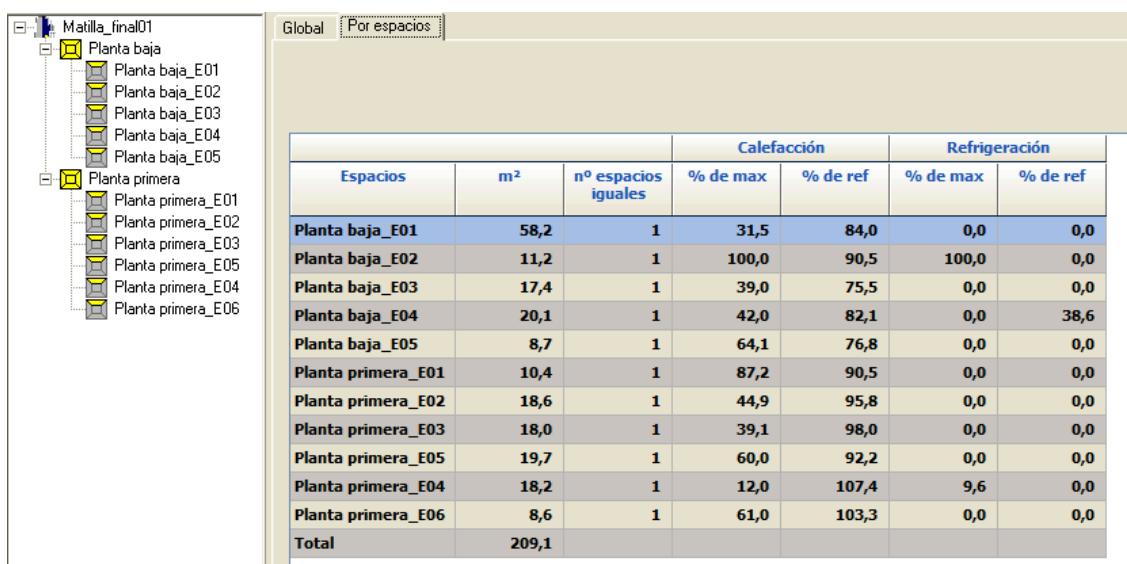
Se trata de una vivienda unifamiliar, del aspecto de la figura adjunta, situada en un municipio de la provincia de Salamanca a 750m de altitud sobre el nivel del mar. Los parámetros de referencia iniciales, según el apéndice D de la norma HE-1, son para Salamanca: zona climática D2 y altitud de referencia 770m. La orientación de la vivienda es aproximadamente norte-sur (la fachada que se ve en la figura está prácticamente al sur).



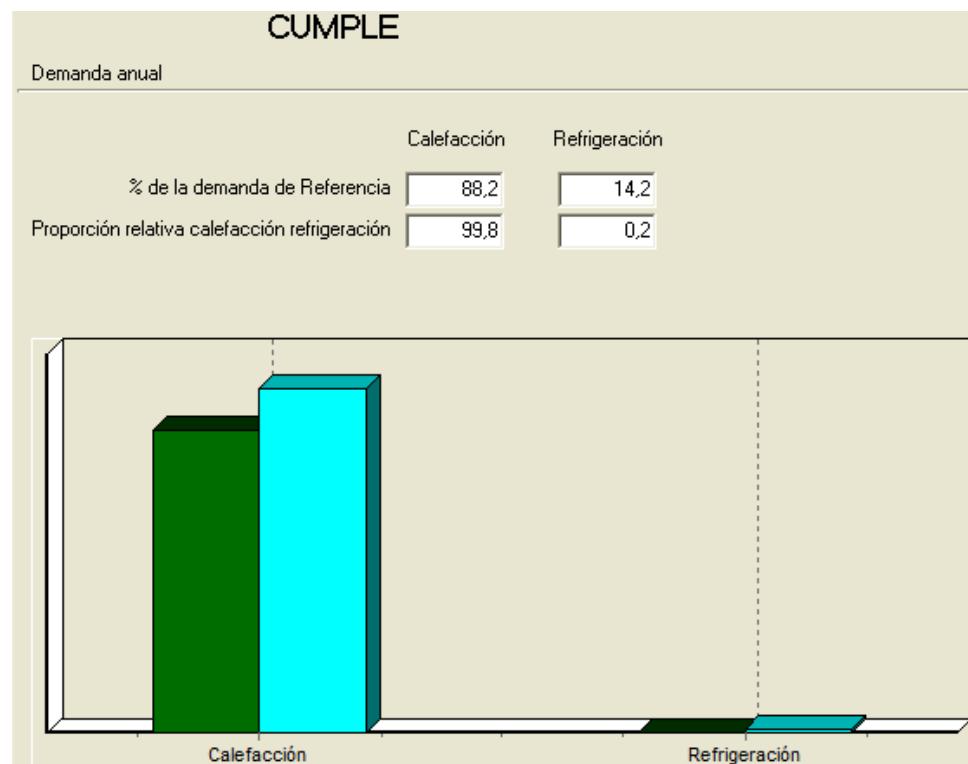
### 3.1.8 Resultados

Se acompañan los resultados obtenidos mediante el método y procedimiento explicados, producidos directamente por el programa de referencia.

Por tratarse de una vivienda en la zona climática D2 no se considera imprescindible calcular con detalle las características de la construcción frente a necesidades de refrigeración, por lo que el programa de cálculo utilizado apenas informa a este respecto. Si se quiere ensayar los resultados frente a refrigeración es preciso variar la zona climática de referencia.



Espacios	m <sup>2</sup>	nº espacios iguales	Calefacción		Refrigeración	
			% de max	% de ref	% de max	% de ref
Planta baja_E01	58,2	1	31,5	84,0	0,0	0,0
Planta baja_E02	11,2	1	100,0	90,5	100,0	0,0
Planta baja_E03	17,4	1	39,0	75,5	0,0	0,0
Planta baja_E04	20,1	1	42,0	82,1	0,0	38,6
Planta baja_E05	8,7	1	64,1	76,8	0,0	0,0
Planta primera_E01	10,4	1	87,2	90,5	0,0	0,0
Planta primera_E02	18,6	1	44,9	95,8	0,0	0,0
Planta primera_E03	18,0	1	39,1	98,0	0,0	0,0
Planta primera_E05	19,7	1	60,0	92,2	0,0	0,0
Planta primera_E04	18,2	1	12,0	107,4	9,6	0,0
Planta primera_E06	8,6	1	61,0	103,3	0,0	0,0
Total	209,1					



### 3.2 Certificación energética de los edificios

Referencia:

[http://www.mineco.gob.es/energia/desarrollo/eficienciaenergetica/certificacionenergetica/normativa/paginas/rd235\\_2013.aspx](http://www.mineco.gob.es/energia/desarrollo/eficienciaenergetica/certificacionenergetica/normativa/paginas/rd235_2013.aspx)

La certificación de la eficiencia energética de los edificios es una exigencia derivada de la Directiva 2002/91/CE, que se transpone parcialmente al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el *Procedimiento básico para la certificación de*

*eficiencia energética de edificios de nueva construcción*, BOE nº27, de 31 de enero de 2007. El nuevo Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, modifica al anterior eliminando el inciso 'de nueva construcción' porque ahora el régimen de la Directiva se aplica a todo edificio construido, nuevo o existente. Incluso añade la necesidad de exhibir los resultados de la certificación (la *etiqueta energética*) en todos los edificios de pública concurrencia.

En este certificado, y mediante esa etiqueta de eficiencia energética, se asignará a cada edificio una Clase Energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

Para la obtención de la escala de calificación se ha diseñado un conjunto de parámetros específico para España que tienen en cuenta el tipo de edificio considerado y la climatología de la localidad en que se encuentra. Se han considerado también las escalas que en la actualidad se sopesan en otros países y, en particular, la propuesta que figura en el documento del Comité Européen de Normalisation CEN prEN 15217 *Energy performance of buildings: Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings*.

Los ingenieros industriales están plenamente capacitados para llevar a cabo el procedimiento de certificación y emitir la documentación final, incluyendo la etiqueta energética.

### 3.2.1 Métodos de certificación

La determinación del nivel de eficiencia energética correspondiente a un edificio puede realizarse empleando dos opciones:

- La opción general, de carácter prestacional, a través de un programa informático; o
- La opción simplificada, de carácter prescriptivo, que desarrolla la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética de una manera indirecta.

La OPCIÓN GENERAL se basa en la utilización de programas informáticos que cumplen los requisitos exigidos en la metodología de cálculo dada en el RD 47/2007. El programa de referencia es el promovido por el Ministerio de Industria (\*\*), denominado CALENER, que cuenta con dos versiones:

- CALENER\_VYP, para edificios de Viviendas y del Pequeño y Mediano Terciario (equipos autónomos).
- CALENER\_GT, para grandes edificios del sector terciario.

La OPCIÓN SIMPLIFICADA consiste en la obtención de una clase de eficiencia a partir del cumplimiento por parte de los edificios afectados de unas prescripciones relativas tanto a la envolvente del edificio como a los sistemas térmicos de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación. El conjunto de estas prescripciones se denomina solución técnica.

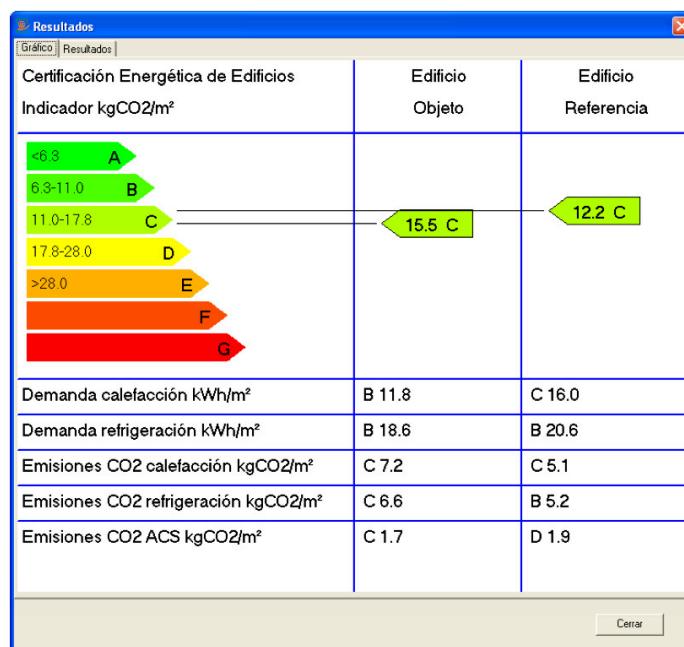
Para la utilización de la opción simplificada es necesaria la proposición de soluciones específicas que tendrán la consideración de documentos reconocidos previa aprobación de los mismos por parte de la Comisión Asesora para la Certificación Energética de Edificios (¹).

---

\*\* Programa promovido por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio a través del IDAE y la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda del Ministerio de Vivienda. Disponible gratuitamente en internet a través de la web del Ministerio de Industria (en <<http://www.mityc.es/Desarrollo/Seccion/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Reconocidos/>> septiembre 2007).

La utilización de programas informáticos distintos a los de referencia está sujeta a la aprobación de los mismos por parte de la Comisión Asesora para la Certificación Energética de Edificios. Esta aprobación se hará de acuerdo con los criterios que se establece en el Documento de Condiciones de Aceptación de Procedimientos Alternativos a LIDER y CALENER.

¹ En <<http://www.mityc.es/Desarrollo/Seccion/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Reconocidos/Otros/>> (septiembre 2007) está disponible el borrador de un Procedimiento simplificado aplicable a los edificios de viviendas que cumplen estrictamente los requisitos del CTE-HE en .



Ejemplo de resultados obtenidos en un caso de ejemplo incluido con el programa CALENER\_VYP.

### 3.2.2 Uso de los programas

[Ver manuales de instrucciones respectivos].

### 3.2.3 Ejercicio propuesto

Se propone realizar un estudio similar al que se ha ilustrado en las dos secciones anteriores (LIDER & CALENER) sobre alguna otra vivienda particular o edificio de viviendas, utilizando cuantos datos deban ser supuestos siempre que tengan suficiente apariencia de realidad. Se aceptará, no obstante, el .PDF de memoria de resultados que cada programa ofrece, siempre que se cumplan estas dos condiciones:

- En su portada debe figurar como titular de la vivienda estudiada el nombre del Alumno que lo presenta.
- Es imprescindible añadir las capturas de pantalla del resultado dado por cada programa (Lider y Calener) que representen al menos el aspecto 3D del edificio (modo transparente), parte del contenido (ventana de "árbol") y la tabla de resultados desglosados por espacios. Las capturas deben ser *de pantalla completa*, incluyendo la barra de Windows del ordenador en que se efectúen los cálculos.

Los programas se pueden descargar gratuitamente de internet.