



HESSLER & DEL CUERPO

Abogados

## V. Anuncios

### Subastas y concursos de obras y servicios públicos

	PAGINA		PAGINA
<b>MINISTERIO DE DEFENSA</b>		<i>Delegación Provincial de la Junta de Construcciones, Instalaciones y Equipo Escolar de La Coruña. Adjudicaciones de obras.</i>	24601
Dirección de Infraestructura Aérea. Concurso-subasta urgente de obras.	24600	<b>MINISTERIO DE TRABAJO</b>	
Junta de Compras Delegada en el Cuartel General del Ejército del Aire. Concursos para diversos suministros.	24600	Subsecretaría. Concurso-subasta de obras. Anulación.	24602
<b>MINISTERIO DE HACIENDA</b>		<b>MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES</b>	
Patronato de Apuestas Mutuas Deportivas Benéficas. Concurso para suministro de rollos de película.	24601	Dirección General de Correos y Telecomunicación. Concursos para adquirir diversos artículos.	24602
<b>MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO</b>		<b>MINISTERIO DE SANIDAD Y SEGURIDAD SOCIAL</b>	
Dirección General de la Administración del Patrimonio Social Urbano. Adjudicaciones de obras.	24601	Subsecretaría. Concurso urgente para adquirir diverso material de oficina.	24602
Junta del Puerto y Ría de Avilés. Adjudicación de obras.	24601	<b>ADMINISTRACION LOCAL</b>	
<b>MINISTERIO DE EDUCACION</b>		Diputación Provincial de Madrid. Concurso para adquisición de manguera contra incendios.	24602
Delegación Provincial de la Junta de Construcciones, Instalaciones y Equipo Escolar de Vizcaya. Adjudicación de obras.	24601	Ayuntamiento de Córdoba. Concurso para adquisición de uniformes.	24603
		Ayuntamiento de Hinojos (Huelva). Subasta de aprovechamiento forestal.	24603

### Otros anuncios

(Páginas 24604 a 24614)

## I. Disposiciones generales

### PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

**24866** REAL DECRETO 2429/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba la norma básica de edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios.

Mediante Decreto mil cuatrocientos noventa/mil novecientos setenta y cinco, de doce de junio, la Administración Pública adoptó las primeras medidas encaminadas a la consecución de un ahorro energético a través de una adecuada construcción de los edificios, haciendo frente así a los problemas derivados del encarecimiento de la energía.

En consideración a la importancia y trascendencia de las medidas a adoptar en este sentido, fue formada una Comisión de expertos, con representación de Organismos oficiales y Entidades privadas interesadas en el sector energético de la edificación, que ha desarrollado y completado la reglamentación contenida en aquel Decreto, formulando la norma básica de la edificación que ahora se aprueba.

Se incluyen en dicha norma, además de prescripciones encaminadas al ahorro de energía, otros aspectos térmicos o higro-térmicos que afectan a la edificación y a sus condiciones de habitabilidad, incidiendo en aspectos hasta ahora no regulados, tales como los fenómenos de condensación en cerramientos exteriores que afectan al bienestar de los usuarios de los edificios.

La formulación de la presente norma básica de la edificación se hace en virtud de las competencias a tal efecto atribuidas al Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo en el Real Decreto mil seiscientos cincuenta/mil novecientos setenta y siete, de diez de junio, sobre normativa de la edificación.

En su virtud, a propuesta de los Ministros de Obras Públicas y Urbanismo e Industria y Energía y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día seis de julio de mil novecientos setenta y nueve,

#### DISPONGO:

Artículo primero.—Se aprueba la norma básica de la edificación NBE-CT-setenta y nueve, sobre condiciones térmicas en los edificios, que figura como anexo al presente Real Decreto.

Artículo segundo.—La norma básica de la edificación NBE-CT-setenta y nueve será de obligatoria observancia en todos los proyectos de edificaciones públicas o privadas.

Artículo tercero.—Quedan responsabilizados del cumplimiento de esta norma, dentro del ámbito de sus respectivas competencias, los profesionales que redacten proyectos de ejecución de edificios, las Entidades o Instituciones que intervengan en el visado, supervisión e informe de dichos proyectos; los fabricantes y suministradores de los materiales aislantes que se empleen en los cerramientos, los constructores y los Directores facultativos de las obras de edificación, así como las Entidades de control técnico que intervengan en cualquiera de las etapas de este proceso.

Artículo cuarto.—El Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, a través de la Dirección General de Arquitectura y Vivienda y por medio del Instituto Nacional para la Calidad de la Edificación, vigilará el cumplimiento de la presente norma básica y a tal efecto podrá inspeccionar los proyectos de ejecución de las obras, la ejecución de las mismas y el uso de los edificios.

Artículo quinto.—Se considerará como falta muy grave el incumplimiento de esta norma básica, a los efectos de lo establecido en los artículos ciento cincuenta y tres, C, cuatro, del Reglamento de Viviendas de Protección Oficial, de veinticuatro de julio de mil novecientos sesenta y ocho, y cincuenta y siete del Real Decreto tres mil ciento cuarenta y ocho/mil novecientos setenta y ocho, de diez de noviembre.

#### DISPOSICION TRANSITORIA

No será de aplicación la presente norma a los edificios en construcción o con las licencias de construcción concedidas a la entrada en vigor de la misma.

#### DISPOSICIONES FINALES

Primera.—Quedan derogadas las disposiciones que se opongan a lo establecido en este Real Decreto, y en especial los artículos cuarto y quinto del Decreto mil cuatrocientos noventa/mil novecientos setenta y cinco, de doce de junio, sobre medidas para reducir el consumo de energía en los edificios.

Segunda.—La presente disposición entrará en vigor a los tres meses de su publicación.

Tercera.—Por la Dirección General de Arquitectura y Vivienda se elevará a los Ministros de Obras Públicas y Urbanismo e Industria y Energía, en el plazo de un año a partir de la fecha de publicación del presente Real Decreto, un informe acerca de la aplicación y operatividad de esta disposición con propuesta de revisión, en su caso, de los aspectos que se consideren convenientes.

Cuarta.—Se autoriza al Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo para que dicte las disposiciones y medidas que se precisen para el desarrollo y cumplimiento del presente Real Decreto.

Dado en Madrid a seis de julio de mil novecientos setenta y nueve.

JUAN CARLOS R.

El Ministro de la Presidencia,  
JOSE PEDRO PEREZ-LLORCA Y RODRIGO

## NORMA BASICA DE LA EDIFICACION NBE-CT-79. CONDICIONES TERMICAS EN LOS EDIFICIOS

### PARTE I. ARTICULADO

- Artículo 1.º Objeto.
- Artículo 2.º Campo de aplicación.
- Artículo 3.º Definición de las condiciones térmicas de los edificios.
- Artículo 4.º Coeficiente  $K_g$  del edificio.
- Artículo 5.º Coeficientes de transmisión térmica  $K$  de los cerramientos.
- Artículo 6.º Comportamiento higratérmico de los cerramientos.
- Artículo 7.º Condicionantes higratérmicos del cerramiento en los edificios.
- Artículo 8.º Condiciones del ambiente interior.
- Artículo 9.º Temperaturas del ambiente interior.
- Artículo 10.º Temperatura superficial interior de los cerramientos.
- Artículo 11.º Humedad relativa del ambiente interior.
- Artículo 12.º Condiciones del ambiente exterior.
- Artículo 13.º Grados día 15-15, temperaturas exteriores y zonificaciones.
- Artículo 14.º Temperaturas del terreno.
- Artículo 15.º Humedades relativas exteriores.
- Artículo 16.º Correcciones en datos climáticos.
- Artículo 17.º Características exigibles a los materiales empleados en cerramientos.
- Artículo 18.º Conductividad térmica de los materiales.
- Artículo 19.º Permeabilidad al vapor de agua de los materiales.
- Artículo 20.º Permeabilidad al aire de la carpintería de los huecos exteriores.
- Artículo 21.º Cumplimiento de la norma en el proyecto de ejecución.
- Artículo 22.º Control de la recepción de materiales aislantes térmicos.
- Artículo 23.º Control de la ejecución.

### PARTE II. ANEXOS

#### Anexo 1. Conceptos fundamentales. Definiciones, notaciones y unidades

- 1.1. Coeficiente de conductividad térmica.
- 1.2. Resistividad térmica.
- 1.3. Conductancia térmica.
- 1.4. Resistencia térmica interna.
- 1.5. Coeficiente superficial de transmisión de calor.
- 1.6. Resistencia térmica superficial.
- 1.7. Coeficiente de transmisión de calor.
- 1.8. Resistencia térmica total.
- 1.9. Coeficiente de transmisión térmica global de un edificio.
- 1.10. Coeficiente de transmisión térmica lineal.
- 1.11. Temperatura seca.
- 1.12. Temperatura húmeda.
- 1.13. Temperatura de rocío.
- 1.14. Contenido de humedad del aire o humedad específica.
- 1.15. Presión de vapor.
- 1.16. Presión de saturación.
- 1.17. Humedad relativa.
- 1.18. Permeabilidad o difusividad al vapor de agua.
- 1.19. Resistividad al vapor.
- 1.20. Resistencia al vapor de agua.
- 1.21. Permeancia al vapor de agua.
- 1.22. Relación volumen/masa de aire.
- 1.23. Puente térmico.
- 1.24. Temperatura de rocío.
- 1.25. Condensación superficial.
- 1.26. Condensación intersticial.
- 1.27. Barrera de vapor.
- 1.28. Grado/día.
- 1.29. Permeabilidad al aire de las carpinterías.
- 1.30. Cuadro de notaciones y unidades.

#### Anexo 2. Cálculo del coeficiente de transmisión de calor $K$ de cerramientos

- 2.1. Cerramiento simple.
- 2.2. Cerramiento compuesto.
- 2.3. Cerramiento con cámara de aire.
  - 2.3.1. Cámaras de aire no ventiladas.
  - 2.3.2. Cámaras de aire ventiladas.
- 2.4. Cerramientos de espesor variable.
  - 2.4.1. Cerramientos con hojas de espesor variable.
  - 2.4.2. Cerramientos con cámara de aire de espesor variable.
- 2.5. Cerramientos en contacto con el terreno.
  - 2.5.1. Cálculo simplificado.
  - 2.5.2. Cálculo por el método de coeficiente de transmisión térmica lineal  $k$  para soleras y muros en contacto con el terreno.
  - 2.5.3. Cálculo de  $K$  para forjados enterrados y azoteas ajardinadas.
  - 2.5.4. Cálculo de  $K$  para forjados sobre cámara de aire.
- 2.6. Coeficiente útil de transmisión de calor.
  - 2.6.1. Generalidades.
  - 2.6.2. Cerramientos con heterogeneidades simples.
  - 2.6.3. Cerramientos con heterogeneidades complejas.
- 2.7. Conductividades térmicas de materiales empleados en cerramientos.
- 2.8. Resistencias térmicas útiles de elementos constructivos.
  - 2.8.1. Muros de cerramiento de ladrillo.
  - 2.8.2. Forjados.
  - 2.8.3. Ventanas.
  - 2.8.4. Puertas.

#### Anexo 3. Cálculo del $K_g$ de los edificios

- 3.1. Generalidades.
- 3.2. Cálculo de los coeficientes de transmisión de calor  $K$ .
- 3.3. Cálculo de la superficie total de cerramiento.
- 3.4. Cálculo del volumen del edificio.
- 3.5. Cálculo del factor de forma.
- 3.6. Cálculo del coeficiente global de transmisión de calor de un edificio  $K_g$ .
- 3.7. Ficha de cálculo.

#### Anexo 4. Temperaturas y condensaciones en cerramientos

- 4.1. Principios generales.
- 4.2. Gradiente de temperaturas en los cerramientos.
- 4.3. Cálculo de condensaciones superficiales.
- 4.4. Eliminación del riesgo de condensación superficial por renovación de aire.
- 4.5. Eliminación del riesgo de condensación superficial por mejora del aislamiento térmico del cerramiento.
- 4.6. Otras recomendaciones para evitar condensaciones superficiales interiores.
- 4.7. Cálculo de condensaciones en el interior de los cerramientos.
- 4.8. Prevención de condensaciones en el interior de los cerramientos.
- 4.9. Abaco psicrométrico y tabla de presiones de vapor.
- 4.10. Permeabilidad al vapor de materiales empleados en cerramientos.

#### Anexo 5. Condiciones de los materiales

- 5.1. Condiciones básicas exigibles a los materiales empleados para aislamiento térmico.
  - 5.1.1. Conductividad térmica.
  - 5.1.2. Densidad aparente.
  - 5.1.3. Permeabilidad al vapor de agua.
  - 5.1.4. Absorción de agua por volumen.
  - 5.1.5. Otras propiedades.
  - 5.1.6. Presentación, medidas y tolerancias.
  - 5.1.7. Garantía de las características.
- 5.2. Control, recepción y ensayos de materiales aislantes.
  - 5.2.1. Suministro de los materiales aislantes.
  - 5.2.2. Materiales con sello o marca de calidad.
  - 5.2.3. Composición de las unidades de inspección.
  - 5.2.4. Toma de muestras.
  - 5.2.5. Normas de ensayo.

#### Anexo 6. Recomendaciones

- 6.1. Condiciones térmicas de verano para edificios con aire acondicionado.
  - 6.1.1. Ambito de aplicación.
  - 6.1.2. Ganancias de calor permitidas en cubiertas.
  - 6.1.3. Ganancia total de calor permitida en cerramientos verticales.
- 6.2. Aislamiento entre viviendas de un mismo edificio.
- 6.3. Aislamiento térmico en edificaciones existentes.
- 6.4. Recomendaciones para el empleo de materiales aislantes en los elementos constructivos.

Como ejemplo, un edificio con factor de forma  $f = 0,50 \text{ m}^{-1}$  que esté en el caso I y en la zona A tendrá un coeficiente  $a = 0,30$  y un  $K_a$  máximo de  $0,30$  ( $3 \cdot 10,5 = 1,5 \text{ kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ).

El coeficiente  $K_a$  limita las pérdidas de calor de un edificio, en la situación de invierno, quedando además limitadas en cierto modo las ganancias de calor en la situación de verano.

Sin embargo, para los edificios que vayan a ir climatizados se dan en el Anexo 6 unas recomendaciones para limitar sus ganancias.

**Artículo 5.º Coeficientes de transmisión térmica K de los cerramientos**

Los valores de los coeficientes útiles de transmisión térmica K de los cerramientos, excluidos los huecos, no serán superiores a los señalados en la Tabla 2, dados en función del tipo de cerramiento y de la zona climática donde esté ubicado el edificio, según el Mapa 2 de zonificación climática por temperaturas mínimas medias del mes de enero, dado en el artículo 13.º

**Tabla 2**

**Tipo de cerramiento**

Tipo de cerramiento	Zona climática según Mapa 2 (art. 13.º)				
	Y y W.	X	Y	Z	Z
Cerramientos exteriores					
Cubiertas	1,20 (1,40)	1,63 (1,20)	0,72 (0,90)	0,60 (0,70)	
Fachadas ligeras ( $\leq 200 \text{ kg/m}^2$ )	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)
Fachadas pesadas ( $> 200 \text{ kg/m}^2$ )	1,55 (1,80)	1,38 (1,60)	1,20 (1,40)	1,20 (1,40)	1,20 (1,40)
Fojados sobre espacio abierto	0,86 (1,00)	0,77 (0,90)	0,69 (0,80)	0,60 (0,70)	0,60 (0,70)
Cerramientos con locales no calefaccionados	1,72 (2,00)	1,55 (1,80)	1,38 (1,60)	1,38 (1,60)	1,38 (1,60)
	— (—)	1,20 (1,40)	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)

Valores máximos de K en  $\text{kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  ( $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ )

**Artículo 6.º Comportamiento higrotérmico de los cerramientos**

La resistencia térmica y disposición constructiva de los elementos de cerramiento de los edificios serán tales que, en las condiciones ambientales consideradas en la Norma, los cerramientos no presenten humedades de condensación en su superficie interior, ni dentro de la masa del cerramiento que degraden sus condiciones, así como tampoco las esporádicas que causen daños a otros elementos.

**Artículo 7.º Condicionantes higrotérmicos del cerramiento de los edificios**

El comportamiento higrotérmico del cerramiento de un edificio está condicionado por el ambiente interior, el ambiente exterior y por los materiales que lo constituyen.

**Artículo 8.º Condiciones del ambiente interior**

A efectos de esta NBE se consideran como condiciones del ambiente interior las temperaturas de uso de los locales, las de la superficie interior de sus cerramientos y la humedad relativa.

**Artículo 9.º Temperaturas del ambiente interior**

Las temperaturas a mantener en el ambiente interior de los edificios y que servirán para los cálculos de predicción de condensaciones y de la temperatura superficial interior del cerramiento, quedarán determinadas por su uso y sus valores serán los fijados en las reglamentaciones específicas. En su defecto y para los cálculos higrotérmicos se podrán adoptar los valores que figuran en la Tabla 3, dados en función del uso del edificio o local.

**Primera parte: articulado**

Esta Norma tiene como objeto establecer las condiciones térmicas exigibles a los edificios, así como los datos que condicionan su determinación. Las definiciones, notaciones, unidades y métodos de cálculo, relativos a los conceptos que aparecen en los siguientes artículos, figuran en el Anexo 1 de la Norma.

Esta Norma es de aplicación en todo tipo de edificios de nueva planta. Se excluyen del campo de aplicación de esta NBE aquellas edificaciones de nueva planta que por sus características de utilización deben permanecer abiertas.

Salvo en el caso de edificios de viviendas, el proyectista podrá adoptar, bajo su responsabilidad, medidas distintas a las que se establecen en esta Norma, que deberá justificar en el proyecto en virtud de las condiciones singulares del edificio, y siempre que, manteniéndose las condiciones ambientales exigidas en la Norma, el edificio no requiera mayor consumo de energía.

A los efectos de esta NBE, los edificios quedan definidos térmicamente por los siguientes conceptos:

- a) La transmisión global de calor a través del conjunto del cerramiento, definida por su coeficiente  $K_a$ .
- b) La transmisión de calor a través de cada uno de los elementos que forman el cerramiento, definida por sus coeficientes K.
- c) El comportamiento higrotérmico de los cerramientos.
- d) La permeabilidad al aire de los cerramientos.

El coeficiente de transmisión térmica global  $K_a$  de un edificio no será superior a los valores señalados en la Tabla 1, dados en función de su factor de forma  $f$ , de la zona climática donde se ubique el edificio, según el Mapa 1 de zonificación climática por grados/día dado en el artículo 13.º, y del tipo de energía empleada en el sistema de calefacción del edificio, según sea este unitario, individual o colectivo.

Quedan exceptuados del cumplimiento de este artículo los edificios ubicados en las islas Canarias.

**Tabla 1**

Tipo de energía para calefacción.	Factor de forma $f$ ( $\text{m}^{-1}$ )	Zona climática según Mapa 1 (art. 13.º)				
		A	B	C	D	E
Caso I Combustibles sólidos, líquidos o gaseosos	$\leq 0,25$	2,10 (2,45)	1,61 (1,89)	1,40 (1,61)	1,26 (1,47)	1,19 (1,40)
	$\geq 1,00$	1,20 (1,40)	0,92 (1,08)	0,80 (0,92)	0,72 (0,84)	0,68 (0,80)
Caso II Edificios sin calefacción o calefacción con energía eléctrica directa, por efecto Joule	$\leq 0,25$	2,10 (2,45)	1,40 (1,61)	1,05 (1,19)	0,91 (1,05)	0,77 (0,91)
	$\geq 1,00$	1,20 (1,40)	0,80 (0,92)	0,60 (0,68)	0,52 (0,60)	0,45 (0,52)

Valor límite máximo de  $K_a$  en  $\text{kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  ( $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ )

En la Tabla 1 se han indicado los valores de  $K_a$  para los valores límites de  $f$  de  $0,25$  y  $1,00 \text{ m}^{-1}$ . Para valores intermedios  $K_a$  se calculará con la fórmula:

$$K_a = a(3 + 1/f)$$

donde  $f$  es el factor de forma del edificio y  $a$  es un coeficiente que se obtiene de la tabla 1 bis en función del tipo de energía y zona climática.

**Tabla 1 bis**

Tipo de energía para calefacción	Zona climática según Mapa 1 (art. 13.º)				
	A	B	C	D	E
Caso I Combustibles sólidos, líquidos o gaseosos	0,30 (0,35)	0,23 (0,27)	0,20 (0,23)	0,18 (0,21)	0,17 (0,20)
Caso II Edificios sin calefacción o calefacción con energía eléctrica directa por efecto Joule	0,30 (0,35)	0,20 (0,23)	0,15 (0,17)	0,13 (0,15)	0,11 (0,13)

Coefficiente  $a$  en  $\text{kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  ( $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ )

**Tabla 3**

Edificio o local	Temperatura mínima (seca) en °C
Destinados a vivienda, enseñanza, comercio, trabajo sedentario y cultura	18
Salas de actos, gimnasios y locales para trabajo ligero	15
Locales para trabajo pesado	12
Espacios para almacenamiento, en general	10

**Artículo 10.º** Temperatura superficial interior de los cerramientos

**Artículo 11.º** Humedad relativa del ambiente interior

**Artículo 12.º** Condiciones del ambiente exterior

**Artículo 13.º** Grados/día 15-15, temperaturas exteriores y zonificaciones

La diferencia de temperaturas entre la del ambiente de los locales, medida en su centro a 1,5 m de altura, y la de la superficie interior de los cerramientos no será superior a 4 °C. Se exceptúan de este requisito los huecos acristalados, como puertas, ventanas o claraboyas.

La humedad relativa en el interior de los locales no será, para las condiciones de temperatura de uso, habitualmente superior al 75 % de la de saturación, con la excepción de locales como cocinas o aseos, donde eventualmente podrá llegar al 85 %.

Los cálculos higrotérmicos de comprobación de condensaciones se harán para el caso más desfavorable, es decir, el que dé mayor presión de vapor de agua en el ambiente interior.

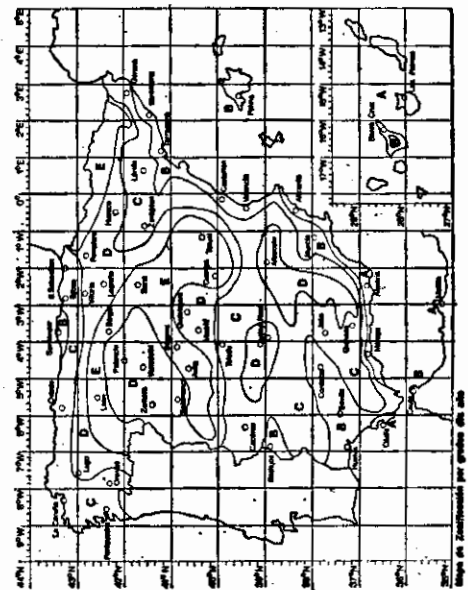
A efectos de esta NBE se consideran como condiciones del ambiente exterior los grados/día anuales en base 15-15, la temperatura mínima media en el mes de enero, la temperatura del terreno y la humedad relativa exterior.

A los efectos de fijar las condiciones térmicas de los edificios y sus cerramientos, y de predicción de condensaciones en los mismos, se establecen dos zonificaciones climáticas diferentes.

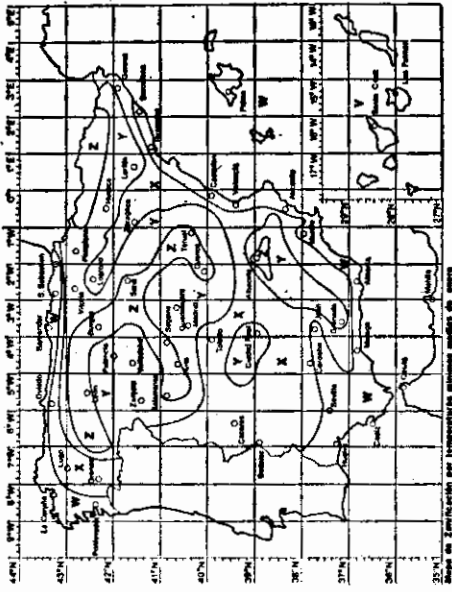
La zonificación dada en el Mapa 1 está basada en los datos de grados/día con base 15-15 dados en la Norma UNE 24.046, y establece cinco zonas distintas correspondientes a los siguientes intervalos de valores:

- Zona A: ≤ 400 grados/día anuales.
- Zona B: 401 a 800 grados/día anuales.
- Zona C: 801 a 1.300 grados/día anuales.
- Zona D: 1.300 a 1.800 grados/día anuales.
- Zona E: > 1.800 grados/día anuales.

**Mapa 1**



**Mapa 2**



La zonificación dada en el Mapa 2 está basada en los valores de las temperaturas mínimas medias del mes de enero y establece cinco zonas en las que se estimarán las siguientes temperaturas:

Temperatura exterior para cálculo de condensaciones en °C	V	W	X	Y	Z
	10	5	3	0	-2

Para facilitar la localización de una población en los Mapas 1 y 2 se da a continuación un listado de los principales municipios de cada provincia, señalando las zonas donde se ubican.

PROVINCIA Población	Mapa 1	Mapa 2
ALAVA		
Vitoria	D	Y
ALBACETE		
Albacete	D	Z
Hellín	C	Y
Villarrobledo	C	X
ALICANTE		
Alcoy	B	W
Alicante	A	W
Benidorm	A	W
Crevillente	B	X
Denia	B	W
Elicha	B	W
Elche	C	X
Ortuella	B	X
Petrer	C	X
Villajoyosa	A	Y
Villena	C	Y
ALMERIA		
Almería	D	Y
Dalías	D	Y
AVILA		
Avila	D	Z
AVILA		
Almendralejo	C	X
Badajoz	B	W
Don Benito	A	W
Merida	A	W
Villanueva de la Serena	B	X
BALEARES		
Ibiza	B	W
Manacor	B	W
Palma de Mallorca	B	W

PROVINCIA Población	Mapa 1		Mapa 2		PROVINCIA Población	Mapa 1		Mapa 2		PROVINCIA Población	Mapa 1		Mapa 2	
	1	2	1	2		1	2	1	2		1	2	1	2
<b>BARCELONA</b>	B	W	B	W	<b>CIUDAD REAL</b>	C	X	C	X	<b>LEÓN</b>	E	Z	E	Z
Badajoz	B	W	B	W	Alcázar de S. Juan	D	X	D	X	León				
Barcelona	B	W	B	W	Ciudad Real	C	X	C	X	Ponferrada				
Castelldefels	B	W	B	W	Puertollano	C	X	C	X					
Cornella	B	W	B	W	Tomelloso	C	X	C	X	<b>LERIDA</b>				
Espigas de Llobregat	B	W	B	W	Valdepeñas	C	X	C	X	Leida	C	Y	C	Y
Gava	B	W	B	W										
Granollers	B	X	B	X	<b>CORDOBA</b>	C	W	C	W					
Hospitalet	B	W	B	W	Baena	C	W	C	W	<b>LOGROÑO</b>	D	X	D	X
Igualeda	B	X	B	X	Cabra	C	W	C	W	Logroño				
Manresa	C	W	C	W	Córdoba	C	W	C	W					
Mataró	B	W	B	W	Lucena	B	X	B	X	<b>LUGO</b>	D	X	D	X
Molins de Rey	B	W	B	W	Monilla	C	W	C	W	Lugo				
Mollet	B	W	B	W	Priego	C	W	C	W	Monforte de Lemos				
Moncada y Reixach	B	W	B	W	Puerto-Genil	C	W	C	W					
Prat de Llobregat	B	W	B	W						<b>MADRID</b>	D	Y	D	Y
Ripolllet	B	W	B	W	<b>LA CORUÑA</b>	C	W	C	W	Alcalá de Henarés	Y	Y	Y	Y
Rubi	B	W	B	W	Carballo	C	W	C	W	Alcobendas	D	Y	D	Y
Sabadell	B	X	B	X	Coruña (La)	C	W	C	W	Arcorón	D	Y	D	Y
S. Adrián de Besós	B	W	B	W	Ferrol (El)	C	W	C	W	Aranjuez	D	Y	D	Y
S. Baudilio del Llobregat	B	W	B	W	Narón	C	W	C	W	Coleda	D	Y	D	Y
S. Cugat del Valles	B	W	B	W	Ribera	C	W	C	W	Getafe	D	Y	D	Y
S. Felu de Llobregat	B	W	B	W	Santiago	C	W	C	W	Leganés	D	Y	D	Y
S. Juan Desplá	B	W	B	W						Madrid	D	Y	D	Y
Sia. Coloma de Gramanet	B	W	B	W	<b>CUENCA</b>	E	Z	E	Z	Mostoles	D	Y	D	Y
Sardanalla	B	X	B	X	Cuenca	C	X	C	X	Palta	D	Y	D	Y
Tarazona	B	W	B	W						Pozuelo	D	Y	D	Y
Vich	B	W	B	W	<b>GERONA</b>	C	X	C	X	S. Sebastián de los R.	D	Y	D	Y
Viladecans	B	W	B	W	Figueras	C	X	C	X	Torrejón de Ardoz	D	Y	D	Y
Vilanova y Geltrú	B	W	B	W	Olot	D	Y	D	Y					
Villarreal de Penedés	B	W	B	W						<b>GRANADA</b>	D	Y	D	Y
										Baza	D	Y	D	Y
										Granada	E	Z	E	Z
										Lora	D	Y	D	Y
										Motril	D	Y	D	Y
<b>BURGOS</b>	D	Y	D	Y	<b>GUADALAJARA</b>	C	X	C	X	Guadalajara	C	X	C	X
Aranda de Duero	D	Y	D	Y										
Burgos	E	Z	E	Z	<b>GUIPUZCOA</b>	C	W	C	W	Eibar	C	W	C	W
Miranda de Ebro	D	Y	D	Y	Herrnani	C	W	C	W	Inún	C	W	C	W
										Mondragón	C	W	C	W
										Pasajes	C	W	C	W
										Remena	C	W	C	W
<b>CACERES</b>	C	X	C	X	<b>GUADALAJARA</b>	C	W	C	W	S. Sebastián	C	W	C	W
Cáceres	C	X	C	X	Guadalajara	C	W	C	W					
Pisissencia	D	Y	D	Y						Huelva	B	W	B	W
										Huésca	B	W	B	W
										Huesca	A	W	A	W
										Jaén	A	W	A	W
										Navarra	D	Y	D	Y
<b>CADIZ</b>	B	W	B	W	<b>JAEN</b>	D	Y	D	Y	Alcalá la Real	X	X	X	X
Algeciras	B	W	B	W	Alcalá la Real	X	X	X	X	Anoujaf	C	W	C	W
Arcos de la Frontera	C	W	C	W	Jaén	C	W	C	W	Linars	C	W	C	W
Barbate	A	W	A	W						Marcos	C	W	C	W
Cádiz	A	W	A	W						Ubeda	C	W	C	W
Chiclana de la Frontera	A	W	A	W										
Jerez de la Frontera	B	W	B	W										
Línea de la Concepción	A	W	A	W										
Puerto de Sta. María	A	W	A	W										
Puerto Real	A	W	A	W										
Rota	A	W	A	W										
S. Fernando	A	W	A	W										
S. Juan de Barameda	A	W	A	W										
S. Roque	B	W	B	W										
<b>CASTELLON</b>	B	W	B	W										
Burriana	B	W	B	W										
Casleión	B	W	B	W										
Vall de Uxó	B	W	B	W										
Villarreal	B	W	B	W										

Para los mismos fines que el artículo anterior, y en el caso de soleras, muros o techos en contacto directo con el terreno, se estimarán las siguientes temperaturas del terreno:

Zona climática	Mapa 2	Y	W	X	Y	Z
Temperatura del terreno en °C		12	8	7	6	5

La humedad relativa exterior a considerar en los cálculos de comprobación de condensaciones será del 95 % en correspondencia con las temperaturas dadas en el artículo 13.º

Se permiten las correcciones oportunas cuando se conozca el microclima local con datos meteorológicos que comprendan al menos un periodo de 10 años y siempre previa justificación en el proyecto.

**Artículo 14.º Temperaturas del terreno**

**Artículo 15.º Humedades relativas exteriores**

**Artículo 16.º Correcciones en datos climáticos**

# Segunda parte: anexos

## Anexo 1: Conceptos fundamentales, definiciones, notaciones y unidades

A los efectos de esta Norma, se establecen las siguientes definiciones de los conceptos fundamentales que en ella aparecen.  
 Todas las magnitudes se expresan en las unidades del sistema hasta ahora tradicionalmente empleado, entre paréntesis, en unidades del sistema internacional SI.  
 Las relaciones básicas que permiten pasar de un sistema a otro son las siguientes:

Unidad de calor:  $1 \text{ kcal (kilocaloría)} = 4,186 \text{ J (julio)}$   
 Unidad de flujo de calor (pérdidas o ganancias térmicas):  $1 \text{ kcal/h} = 1,163 \text{ W (vatio)}$   
 $1 \text{ J} = 0,2389 \times 10^{-3} \text{ kcal}$   
 $1 \text{ W} = 0,868 \text{ kcal/h}$

### 1.1 Coeficiente de conductividad térmica

**Símbolo:**  $\lambda$   
**Unidades:** kcal/m h °C (W/m °C)  
 Es la cantidad de calor que pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de extensión infinita y caras plano-paralelas y de espesor un grado, cuando se establece una diferencia de temperatura entre sus caras de un grado.  
 La conductividad térmica es una propiedad característica de cada material, su valor puede depender de la temperatura y de una serie de factores tales como la densidad, porosidad, contenido de humedad, diámetro de fibra, tamaño de los poros y tipo de gas que encierra el material.  
 Cuando el material aislante no es isotrópico se necesita indicar la dirección de propagación del flujo calorífico; por ejemplo, para una muestra de madera hay que indicar si  $\lambda$  se refiere a la dirección normal a la fibra o paralela a ella.  
 Cuando el material está constituido por una sustancia porosa o similar, con poros y espacios libres relativamente pequeños y distribuidos en la masa del material de un modo prácticamente uniforme (sustancias macroscópicamente homogéneas), la definición de  $\lambda$  dada anteriormente permanece válida, pero  $\lambda$  toma el significado de un coeficiente de conductividad de una sustancia ficticia «equivalente» para las mismas temperaturas de la sustancia en examen.  
 Si, por otro lado, estos materiales son permeables al aire (particularmente en el caso de los materiales granulares, fibrosos, etc.), las diferencias de temperatura provocan movimientos convectivos que dependen de las características geométricas y puede llegar a no ser despreciable su influencia en la propagación del calor.  
 Para los materiales susceptibles de absorber agua, o los materiales higroscópicos, es necesario distinguir si éstos están en estado seco o, en caso contrario, en qué estado de humedad se encuentran.  
 En los aislantes húmedos la propagación del calor puede modificar la distribución de la humedad por efecto de los fenómenos de difusión interna acompañados de evaporaciones y condensaciones.  
 Debido a los movimientos de la humedad dentro de los materiales, los ensayos experimentales requieren que los elementos a estudio estén secos, y cuando éstos no lo están suficientemente darán resultados erróneos.

### 1.2 Resistividad térmica

**Símbolo:**  $r$   
**Unidad:** m h °C/kcal (m °C/W)  
 Es la inversa de la conductividad térmica:  
 $r = \frac{1}{\lambda}$

### 1.3 Conductancia térmica

**Símbolo:**  $C$   
**Unidad:** kcal/h m² °C (W/m² °C)  
 Es la cantidad de calor transmitida a través de la unidad de área de una muestra de material o de una estructura de espesor  $L$ , dividida por la diferencia de temperatura entre las caras caliente y fría, en condiciones estacionarias.  
 $C = \frac{\lambda}{L}$

Cuando las caras caliente y fría no constituyan dos superficies planas paralelas es necesario aclarar en qué condiciones se da la conductancia térmica.  
 La conductancia térmica depende del espesor  $L$  del material, mientras la conductividad se refiere a la unidad de espesor del material.

A efectos de esta NBE se consideran desde el punto de vista térmico como características determinantes, y exigibles de los materiales que forman los cerramientos a su conductividad térmica y su permeabilidad al vapor de agua.

**Artículo 17.º** Características exigibles a los materiales empleados en cerramientos

La conductividad térmica de un material viene definida por su coeficiente de conductividad térmica  $\lambda$ , cuyos valores típicos se señalan en las tablas del Anexo 2.  
 Deberán utilizarse, estos valores salvo que se justifiquen por ensayos otros distintos.

**Artículo 18.º** Conductividad térmica de los materiales

La permeabilidad de un material al vapor de agua viene dada por su coeficiente de permeabilidad, cuyos valores típicos se señalan en las tablas del Anexo 4.  
 Podrá emplearse el coeficiente de permeancia al vapor de agua en sustitución de la permeabilidad en materiales de especie conocida.

**Artículo 19.º** Permeabilidad al vapor de agua de los materiales

La permeabilidad al aire de una carpintería de hueco se define por su clase de estanqueidad o permeabilidad al aire.  
 En las zonas climáticas A y B del Mapa 1 las carpinterías deberán ser de Clase A-1, y en las zonas C, D y E serán de Clase A-2. En el Anexo 1 se dan las definiciones de estos conceptos.

**Artículo 20.º** Permeabilidad al aire de la carpintería de los huecos exteriores

En la documentación técnica del proyecto de ejecución del edificio deberá expresarse y justificarse el cumplimiento de las condiciones térmicas que la Norma fija.  
 En la Memoria Técnica deberán expresarse los cálculos justificativos de los valores de K para los diversos cerramientos, así como el valor de Kg del edificio, para lo cual se empleará la Ficha Justificativa que figura en el Anexo 3.  
 En el Pliego de Condiciones se indicarán las características técnicas exigibles a los materiales aislantes que intervengan en el aislamiento térmico del edificio. Asimismo se expresarán las condiciones generales o particulares de ejecución de los trabajos de aislamiento térmico en los cerramientos.  
 Se darán también las condiciones generales o particulares de control, tanto para la recepción de materiales como para la ejecución de los trabajos de aislamiento térmico en los cerramientos.

**Artículo 21.º** Cumplimiento de la Norma en el proyecto de ejecución

El constructor realizará y comprobará los pedidos de los materiales aislantes de acuerdo con las especificaciones del proyecto de ejecución.  
 La dirección facultativa de la obra comprobará que los materiales recibidos en obra por el constructor reúnen las características exigidas en el proyecto de ejecución, realizando como mínimo los ensayos y comprobaciones especificados en el Pliego de Condiciones Técnicas, con la frecuencia establecida en el mismo.

**Artículo 22.º** Control de la recepción de materiales aislantes térmicos

La dirección facultativa comprobará que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con las especificaciones del proyecto de ejecución, realizando como mínimo los controles especificados en el Pliego de Condiciones Técnicas y con la frecuencia establecida en el mismo.  
 Cualquier modificación que pueda introducirse durante la ejecución quedará reflejada en el proyecto final de ejecución sin que en ningún caso dejen de cumplirse las exigencias mínimas señaladas en esta Norma.

**Artículo 23.º** Control de la ejecución

1.4 Resistencia térmica interna

Simbolo: R
Unidad: h °C/kcal (m² °C/W)
Es el inverso de la conductancia térmica:
R = 1/A

La utilidad de este coeficiente radica en el caso en el que el calor pasa sucesivamente a través de un material formado por varios componentes...

1.5 Coeficiente superficial de transmisión de calor

Simbolos: h₀ ó hᵢ (los subíndices indican la cara exterior o interior del cerramiento, respectivamente).
Unidad: kcal/m² h °C (W/m² °C)

Es la transmisión térmica por unidad de área hacia o desde una superficie en contacto con aire u otro fluido, debido a la convección, conducción y radiación...

1.6 Resistencia térmica superficial

Simbolos: hₐ ó hᵣ
Unidades: m² h °C/kcal (m² °C/W)

Es la recíproca de los coeficientes superficiales de transmisión de calor y su valor depende del sentido del flujo de calor y de la situación exterior o interior de las superficies.

1.7 Coeficiente de transmisión de calor

Simbolo: K
Unidad: kcal/m² h °C (W/m² °C)

Considerando un cerramiento con caras isotermas, que separa dos ambientes, también isotermos, el coeficiente total de transmisión térmica es: el flujo de calor por unidad de superficie...

K = 1 / (1/h₀ + λ₁/l₁ + λ₂/l₂ + ... + 1/hᵣ)

en donde λ₁, λ₂ y λ₃... son las resistencias parciales de las distintas láminas que pueden componer la pared.

El coeficiente total de transmisión térmica aire-aire difiere de la conductancia en que, para ésta, la diferencia de temperatura se mide entre las dos caras, mientras que para la transmisión ésta medida se realiza entre los dos ambientes a ambos lados de la muestra.

En un cerramiento con heterogeneidades se debe utilizar el coeficiente de transmisión de calor (véase el Anexo 2).

1.8 Resistencia térmica total

Simbolo: Rₜ
Unidad: m² h °C/kcal (m² °C/W)

Es la suma de las resistencias superficiales y de la resistencia térmica de la propia estructura. Es la inversa del coeficiente total de transmisión de calor K.

1/K = 1/h₀ + λ₁/l₁ + λ₂/l₂ + ...
Rₜ = 1/h₀ + 1/hᵣ + R₁ + R₂ + ...

Análogamente al apartado anterior se debe emplear el concepto de resistencia térmica útil en los cerramientos con heterogeneidades.

1.9 Coeficiente de transmisión térmica global de un edificio

Simbolo: Kₑ
Unidad: kcal/h m² °C (W/m² °C)
Es la media ponderada de los coeficientes K de transmisión de calor de los cerramientos que envuelven un edificio.

1.10 Coeficiente de transmisión térmica lineal

Simbolo: k
Unidad: kcal/h m °C (W/m °C)
Es el flujo de calor que atraviesa un elemento por unidad de longitud del mismo y por grado de diferencia de temperatura.

1.11 Temperatura seca

Simbolo: tₛ
Unidad: Grado Celsius °C, (Grado Kelvin K en el S.I., aunque puede emplearse también el °C).
Es la temperatura medida por un termómetro en un recinto en el que las paredes y el aire están a la misma temperatura.

1.12 Temperatura húmeda

Simbolo: tₕ
Unidad: Grado Celsius °C (Grado Kelvin K en el S.I.).
Es la obtenida con un termómetro cuyo bulbo está rodeado por una camisa de algodón húmedo. El aire ambiente (cuya velocidad, al pasar por el termómetro debe ser de 2 a 4 metros por segundo) provoca una evaporación de la humedad de la camisa de algodón...

1.13 Temperatura de rocío

Simbolo: tᵣ
Unidad: Grado Celsius °C (Grado Kelvin K en el S.I.).
Es la temperatura a la cual comienza a condensarse el vapor de agua de un ambiente, para unas condiciones dadas de humedad y presión, cuando desciende la temperatura del ambiente y por tanto la del vapor en el contenido.

1.14 Contenido de humedad del aire o humedad específica

Simbolo: P
Unidad: mbar (Pascal Pa, en el S.I.).
También se designa a veces como presión parcial de vapor. En el aire húmedo, la presión de vapor es la presión parcial de vapor de agua que contiene.

1.15 Presión de vapor

Simbolo: Pₐ
Unidad: mbar (Pascal Pa, en el S.I.).
También se designa a veces como presión parcial de vapor. En el aire húmedo, la presión de vapor es la presión parcial de vapor de agua que contiene. Entre dos recintos o dos puntos con distinta presión de vapor, separados por un medio permeable a éste, el vapor de agua se desplaza del de mayor presión de vapor al de menor presión de vapor.

1.16 Presión de saturación

Simbolo: Pₛ
Unidad: mbar (Pascal Pa, en el S.I.).
1 Pa = 1 N/m²; 1 mbar = 100 Pa = 100 N/m².
Otra unidad empleada es el mmHg o Torricelli (Torr).
La equivalencia es:
1 mmHg = 1,333 mbar; 1 mbar = 0,75 mmHg (Torr).
La presión de saturación del vapor a una temperatura, es la presión del vapor saturado a esa temperatura. Los valores de presión de saturación del aire a distintas temperaturas se pueden obtener en la tabla del Anexo 4.

**1.17 Humedad relativa**

**Símbolo:**  $H_a$   
**Unidad:** %  
 Para cualquier temperatura y presión barométrica de un espacio determinado, la relación entre la presión parcial  $P_v$  del vapor de agua y la presión de saturación  $P_s$  es una medida de la humedad relativa.  
 La humedad relativa no tiene significado como contenido de humedad del aire o como índice de confort ambiental si no se la relaciona con la temperatura seca.  

$$H_a = \frac{P_v}{P_s} \cdot 100$$

Esta relación también puede expresarse como porcentaje de saturación.

**1.18 Permeabilidad o difusión al vapor de agua**

**Símbolo:**  $d_v$   
**Unidades:**  
 Se expresa normalmente en g cm/mmHg m<sup>2</sup> día. En unidades S.I. se expresa en g m/MN s (gramo metro por meganewton segundo).  
 La equivalencia es:  
 1 g cm/mmHg m<sup>2</sup> día = 0,866 x 10<sup>-9</sup> g m/MN s.  
 1 g m/MN s = 11,52 x 10<sup>2</sup> g cm/mmHg m<sup>2</sup> día.  
 Es la cantidad de vapor que pasa a través de la unidad de superficie de material de espesor unidad cuando la diferencia de presión de vapor entre sus caras es la unidad.

**1.19 Resistividad al vapor**

**Símbolo:**  $r_v$   
**Unidades:**  
 Se expresa normalmente en mmHg m<sup>2</sup> día/g cm. En unidades S.I. se expresa en MN s/g m (meganewton segundo por gramo metro).  
 La equivalencia es:  
 1 mmHg m<sup>2</sup> día/g cm = 11,52 x 10<sup>8</sup> MN s/g m.  
 1 MN s/g m = 0,866 x 10<sup>-9</sup> mmHg m<sup>2</sup> día/g cm.  
 Es el inverso de la permeabilidad al vapor  $d_v$ .  

$$r_v = \frac{1}{d_v}$$

**1.20 Resistencia al vapor de agua**

**Símbolo:**  $R_v$   
**Unidades:**  
 Se expresa normalmente en mmHg m<sup>2</sup> día/g. En unidades S.I. se expresa en MN s/g (meganewton segundo por gramo).  
 La equivalencia es:  
 1 mmHg m<sup>2</sup> día/g = 11,52 MN s/g.  
 1 MN s/g = 0,866 mmHg m<sup>2</sup> día/g.  
 Es el valor de la resistencia total de un material de espesor  $e$  o combinación de varios, a la difusión del vapor de agua. Es decir:  

$$R_v = \frac{e}{d_v} = e \cdot r_v$$

En un cerramiento formado por varias capas su resistencia al paso del vapor será la suma de las resistencias de cada una de las capas, despreciándose las resistencias superficiales.

$R_v \text{ total} = \sum R_{v_i} = \sum e_i \cdot r_i$   
 Los materiales con juntas no tienen una resistencia al vapor uniforme ya que sus juntas resultan generalmente más permeables que el resto. En este caso debe emplearse la resistencia al vapor útil del conjunto, repartiendo las resistencias al vapor proporcionalmente a las superficies que ocupen las juntas y el resto. Es decir, puede:

$$\frac{1}{R_v \text{ útil}} = \frac{S_m}{R_{v_m}} + \frac{S_j}{R_{v_j}}$$

Donde:  
 $R_v \text{ útil}$  es la resistencia al vapor útil.  
 $R_{v_m}$  es la resistencia al vapor del material.  
 $R_{v_j}$  es la resistencia al vapor de sus juntas.  
 $S_m$  es la superficie del material.  
 $S_j$  es la superficie de sus juntas.

**1.21 Permeancia al vapor de agua**

**Símbolo:**  $P_v$   
**Unidades:**  
 En unidades S.I. se expresa en g/MN s (gramo por meganewton segundo). En unidades tradicionales se expresa normalmente en g/mmHg m<sup>2</sup> día.  
 La equivalencia es:  
 1 g/MN s = 11,52 g/mmHg m<sup>2</sup> día  
 1 g/mmHg m<sup>2</sup> día = 0,0866 g/MN s  
 Es el recíproco de la resistencia al vapor de agua.  

$$P_v = \frac{1}{R_v}$$

**1.22 Relación volumen/masa de aire**

Un kilogramo de aire seco o húmedo ocupa, aproximadamente, un volumen de 0,83 m<sup>3</sup>.  
 Un metro cúbico de aire pesa, aproximadamente, 1,20 kg.

**1.23 Puente térmico**

Es la parte de un cerramiento con una resistencia térmica inferior al resto del mismo y, como consecuencia, con temperatura también inferior, lo que aumenta la posibilidad de producción de condensaciones en esa zona, en la situación de invierno o épocas frías.

**1.24 Temperatura de rocío**

También llamada punto de rocío, es la temperatura a la cual una muestra de aire húmedo llega a saturarse y comienza la condensación. El punto o temperatura de rocío depende de la masa de vapor de agua contenida en el aire.

**1.25 Condensación superficial**

Es la condensación que aparece en la superficie de un cerramiento o elemento constructivo cuando su temperatura superficial es inferior o igual al punto de rocío de aire que está en contacto con dicha superficie.

**1.26 Condensación intersticial**

Es la condensación que aparece en la masa interior de un cerramiento como consecuencia de que el vapor de agua que lo atraviesa alcanza la presión de saturación en algún punto interior de dicha masa.

**1.27 Barrera de vapor**

Parte de un elemento constructivo a través del cual el vapor de agua no puede pasar. En la práctica se definen generalmente como barreras de vapor aquellos materiales cuya resistencia al vapor es superior a 10 MN s/g, es decir, su permeancia al vapor es inferior al 0,1 g/MN s.

**1.28 Grado-día**

**Símbolo:**  $G$   
**Unidad:** °C.  
 Grado-día de un período determinado de tiempo es la suma, para todos los días de ese período de tiempo, de la diferencia entre una temperatura fija o base de los grados/día y la temperatura media del día, cuando esa temperatura media diaria sea inferior a la temperatura base.  
 En esta Norma se han estimado para la confección del Mapa " Los grados/día anuales con base 15 °C.

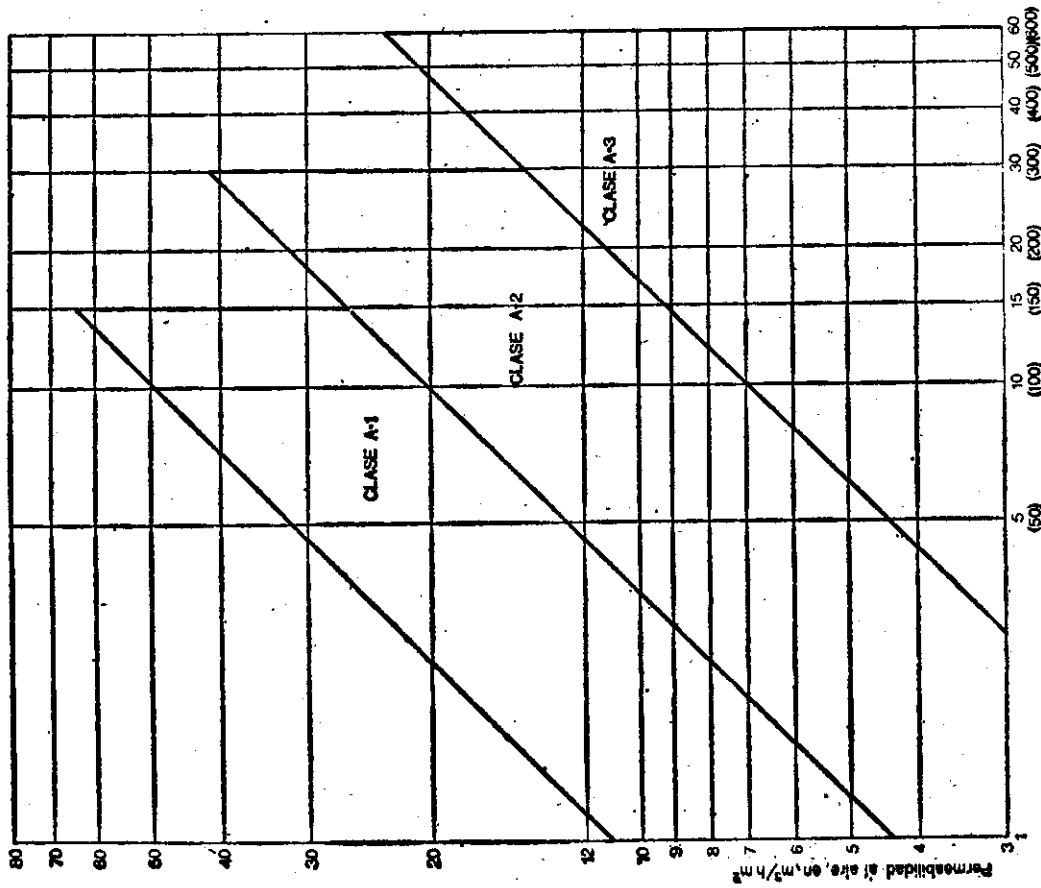
**1.29 Permeabilidad al aire de las carpinterías**

**Símbolo:**  $P_a$   
**Unidad:** m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>.  
 Es la propiedad de una ventana o puerta de dejar pasar el aire cuando se encuentra sometida a una presión diferencial. La permeabilidad al aire se caracteriza por la capacidad de paso del aire expresada en m<sup>3</sup>/h en función de la diferencia de presiones. Esta capacidad de paso o caudal puede referirse a la superficie de apertura (capacidad de paso por unidad de superficie m<sup>2</sup>/h m<sup>2</sup>), a la longitud de los batientes (capacidad de paso por unidad de longitud m<sup>3</sup>/h m) o, por último, a la superficie total de la ventana (capacidad de paso por unidad de superficie m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>).  
 No se tendrán en cuenta las juntas entre carpintera y fábrica para el ensayo de la permeabilidad de la carpintería.  
 Según la permeabilidad al aire las carpinterías se clasifican en Clases A-1, A-2 y A-3, en el gráfico logarítmico siguiente, con coordenadas de permeabilidad referida a superficie total del hueco practicable y diferencia de presión.  
 La permeabilidad al aire se ensayará con la Norma UNE 7-405-76 (correspondiente a la Norma Europea EN 42), presentándose los resultados según Norma UNE 85-205-78 (correspondiente a la Norma Europea EN 76).

1.30 Cuadro de notaciones y unidades

Notación	Concepto	Unidad tradicional	Unidad Sistema Internacional SI
A	Coefficiente de conductividad térmica o conductividad térmica.	kcal/h m °C	W/m °C; W/m °K
r	Resistencia térmica.	m h °C/kcal	m °C/W; m °K/W
C	Conductancia térmica.	kcal/h m² °C	W/m² °C
R	Resistencia térmica interna.	h m² °C/kcal	m² °C/W
h <sub>e</sub> , h <sub>i</sub>	Coefficiente superficial de transmisión de calor, exterior e interior respectivamente.	kcal/m² h °C	W/m² °C
1/h <sub>e</sub> , 1/h <sub>i</sub>	Resistencia térmica superficial exterior e interior respectivamente.	m² h °C/kcal	m² °C/W
K	Coefficiente de transmisión térmica de calor.	kcal/h m² °C	W/m² °C
K <sub>u</sub>	Coefficiente de transmisión térmica de calor útil.	kcal/h m² °C	W/m² °C
R <sub>T</sub>	Resistencia térmica total.	m² h °C/kcal	m² °C/W
R <sub>u</sub>	Resistencia térmica total útil.	m² h °C/kcal	m² °C/W
f	Factor de forma del edificio.	m <sup>-1</sup>	m <sup>-1</sup>
K <sub>G</sub>	Coefficiente de transmisión térmica global de un edificio.	kcal/h m² °C	W/m² °C
K <sub>e</sub>	Coefficiente de transmisión térmica correspondiente a un cerramiento en contacto con el exterior.	kcal/h m² °C	W/m² °C
K <sub>u</sub>	Coefficiente de transmisión térmica correspondiente a un cerramiento en contacto con un edificio o local no calefaccionado.	kcal/h m² °C	W/m² °C
K <sub>s</sub>	Coefficiente de transmisión térmica correspondiente a un cerramiento en contacto con el terreno.	kcal/h m² °C	W/m² °C
K <sub>u</sub>	Coefficiente de transmisión térmica correspondiente a las cubiertas.	kcal/h m² °C	W/m² °C
k	Coefficiente de transmisión térmica lineal.	kcal/h m °C	W/m °C
t <sub>s</sub>	Temperatura seca.	°C	K
t <sub>h</sub>	Temperatura húmeda.	°C	K
t <sub>r</sub>	Temperatura de rocío.	°C	K
H <sub>h</sub>	Humedad relativa.	%	%
P <sub>v</sub>	Presión de vapor.	mmHg (Torr)	mbar (1)
P <sub>s</sub>	Permeabilidad o difusividad al vapor de agua.	g cm/m² día mmHg	mbar (1) g m/MIN s
u <sub>v</sub>	Resistividad al vapor de agua.	mmHg m² día/g cm	MN s/g m
R <sub>v</sub>	Resistencia al vapor de agua.	mmHg m² día/g	MN s/g
P	Permeancia al vapor de agua.	g/mmHg m² día	g/MIN s

(1) Equivale en el S.I., aunque la unidad de presión es el Pascal Pa: 1 Pa = 1 N/m²



Diferencia de presión de aire, en mm.c.a. (Pa)  
 Clasificación de ventanas, por su permeabilidad al aire

## Anexo 2: Cálculo del coeficiente de transmisión de calor K de cerramientos

### 2.1 Cerramiento simple

Para un cerramiento de caras planoparalelas, formado por un material homogéneo de conductividad térmica  $\lambda$  y espesor  $L$ , con coeficientes superficiales de transmisión de calor  $h_1$  y  $h_2$ , el coeficiente de transmisión de calor  $K$ , también llamado de «aire-aire», viene dado por la expresión:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_1} + \frac{L}{\lambda} + \frac{1}{h_2}$$

En la Tabla 2.1 se dan los valores de  $1/h_1$ ,  $1/h_2$  y  $1/h_1 + 1/h_2$ , que deben estimarse para los cálculos, en función de la posición, del cerramiento y del sentido del flujo de calor, y de la situación del cerramiento.

Tabla 2.1

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Situación del cerramiento		
	De separación con el exterior o local adyacente	De separación con otro local, dentro o cámara de aire	De separación con cámara de aire
	$1/h_1$	$1/h_2 + 1/h_3$	$1/h_2$
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $> 60^\circ$ y flujo horizontal	0,13 (0,13)	0,07 (0,06)	0,20 (0,17)
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente	0,11 (0,09)	0,08 (0,05)	0,17 (0,14)
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,20 (0,17)	0,06 (0,05)	0,26 (0,22)

Resistencias térmicas superficiales en  $m^2 \cdot h \cdot ^\circ C/W$

### 2.2 Cerramiento compuesto

En los cerramientos formados por una serie de láminas planoparalelas de distintos materiales, el coeficiente  $K$  del conjunto se obtiene de la fórmula siguiente:

$$\frac{1}{K} = \sum \frac{L_i}{\lambda_i} + \left( \frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} \right)$$

donde  $\sum L_i/\lambda_i$  es la suma de las resistencias térmicas de las diferentes láminas que conforman el cerramiento.

Si el cerramiento tiene heterogeneidades regularmente repartidas, pero importantes (huecos de los ladrillos y bloques), en el cálculo de  $K$  puede introducirse el concepto de resistencia térmica útil  $R_u$  por unidad de superficie, quedando la expresión:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{R_u} + \left( \frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} \right)$$

### 2.3 Cerramiento con cámara de aire

Las cámaras de aire pueden ser consideradas por su resistencia térmica ya que la transmisión de calor por radiación y convección a su través es proporcional a la diferencia de temperatura de las paredes que los delimitan.

La resistencia térmica de los espacios de aire depende de la absorción de las superficies, del espesor de la cámara, del sentido del flujo del calor, de la inclinación y de la temperatura de los espacios, así como del movimiento del aire dentro de ellas.

### 2.3.1 Cámaras de aire no ventiladas

La Tabla 2.2 da los valores que deben estimarse para los cálculos de la resistencia térmica al paso del calor de las cámaras de aire continuas, considerando al aire en reposo. Los valores están dados en función de la situación de la cámara de aire, de la dirección del flujo de calor y de su espesor, para cámaras formadas por materiales constructivos corrientes.

Tabla 2.2

Situación de la cámara y dirección del flujo de calor	Espesor de la cámara, en mm		
	10	20	50
Cámara de aire vertical y flujo horizontal	0,16 (0,14)	0,19 (0,16)	0,21 (0,18)
Cámara de aire horizontal y flujo ascendente	0,16 (0,14)	0,17 (0,15)	0,19 (0,16)
Cámara de aire horizontal y flujo descendente	0,17 (0,15)	0,21 (0,18)	0,24 (0,21)

Resistencia térmica de la cámara  $R_u$  en  $m^2 \cdot h \cdot ^\circ C/W$

### 2.3.2 Cámaras de aire ventiladas

El grado de ventilación de las cámaras de aire se caracteriza por la relación entre la sección total de los orificios de ventilación  $S_v$ , expresada en  $cm^2$ , y la longitud del cerramiento  $L$ , expresada en m, para cerramientos verticales, o la superficie del cerramiento  $A$ , expresada en  $m^2$ , en el caso de cerramientos horizontales.

Se consideran tres casos:

Caso I: Cerramientos con cámara de aire débilmente ventilada. Se consideran las cámaras sin ventilación o con ventilación débil cuando se cumplen las siguientes relaciones:

$S_v/L < 20 \text{ cm}^2/m$  para cerramientos verticales

$S_v/A < 3 \text{ cm}^2/m^2$  para cerramientos horizontales

El cálculo del coeficiente  $K$  del cerramiento se realiza mediante la expresión:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_1} + R_1 + R_2 + R_3 + \frac{1}{h_2}$$

donde:

$R_1$  es la resistencia térmica de la hoja interior del cerramiento.

$R_2$  es la resistencia térmica de la cámara de aire calculada según apartado anterior.

$R_3$  es la resistencia térmica de la hoja exterior del cerramiento.

Caso II: Cerramientos con cámara de aire medianamente ventilada

Se consideran las cámaras medianamente ventiladas cuando se cumplen las siguientes relaciones:

$20 \leq S_v/L < 500 \text{ cm}^2/m$  para cerramientos verticales

$3 \leq S_v/A < 30 \text{ cm}^2/m^2$  para cerramientos horizontales

El coeficiente  $K$  de este cerramiento viene dado por:

$$K = K_1 + \alpha (K_2 - K_1) \text{ en kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ C \text{ (W/m}^2 \text{ } ^\circ C)$$

Siendo:

$K_1$  Coeficiente  $K$  calculado por la fórmula del Caso I.

$K_2$  Coeficiente  $K$  calculado por la primera fórmula del Caso III.

$\alpha$  Coeficiente de ventilación de la cámara y que toma el valor de la tabla siguiente para cerramientos verticales y de 0,4 para los horizontales.

Tabla 2.3

Relación de resistencias térmicas de las hojas $R_1/R_2$	Relación $S_v/L$ , en $cm^2/m$	
	20 a 200	200 a 500
0,1	0,10	0,25
0,1 a 0,6	0,10	0,25
0,6 a 1,2	0,30	0,60

Coeficiente  $\alpha$  de ventilación de cámaras verticales.

**Caso III: Cerramientos con cámara de aire muy ventilada**  
 Se consideran las cámaras muy ventiladas cuando se cumplen las siguientes relaciones:  
 $S/A \geq 500 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  para cerramientos verticales  
 $S/A \geq 30 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  para cerramientos horizontales  
 Para realizar el cálculo de la K de este cerramiento se considera inexistente la hoja exterior, si bien entonces el aire exterior se considera en calma. El coeficiente K se calcula de la expresión:

$$\frac{1}{K} = \left( \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right) + R_i \text{ en } \text{h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/kcal (m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W)}$$

donde:

- Para cerramientos verticales:  
 $\left( \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right) = 0,24 \text{ m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C/kcal (0,20 m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W)}$
- Para cerramientos horizontales con flujo ascendente (techos):  
 $\left( \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right) = 0,22 \text{ m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C/kcal (0,18 m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W)}$
- Para cerramientos horizontales con flujo descendente (suelos):  
 $\left( \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right) = 0,31 \text{ m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C/kcal (0,26 m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W)}$

Si la hoja exterior del cerramiento consiste en una pantalla o protección situada a cierta distancia, el espacio de aire está totalmente abierto con lo que el ambiente exterior no puede considerarse en calma. Entonces, el coeficiente K se calcula por la fórmula:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + R_i + \frac{1}{h_e} \text{ en } \text{h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/kcal (m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W)}$$

donde:  $(1/h_i + 1/h_e)$  toma los valores dados en la Tabla 2.1 para cerramientos de separación con el ambiente exterior.

**2.4 Cerramientos de espesor variable**

**2.4.1 Cerramientos con hojas de espesor variable**  
 Para la obtención del coeficiente K se considerará el espesor medio de las hojas de espesor variable, aplicándose las fórmulas dadas en los epígrafes 2.1 Cerramiento Simple y 2.2 Cerramiento Compuesto.

**2.4.2 Cerramientos con cámara de aire de espesor variable**  
 Este apartado se refiere principalmente a espacios como desvanes que conforman una cámara de aire de espesor variable.  
 La ventilación de la cámara de aire se caracteriza por la relación entre la sección total de los orificios de ventilación S, expresada en  $\text{cm}^2$ , y la superficie A, del forjado que lo separa del local habitable, expresada en  $\text{m}^2$ .  
 El coeficiente de transmisión térmica K que se define a continuación es igual al flujo de calor que atraviesa  $1 \text{ m}^2$  de forjado para una diferencia de temperatura entre el local y el exterior de  $1 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Al igual que en el apartado anterior se consideraran tres casos:  
**Caso I: Cerramientos con cámara de aire débilmente ventilada**  
 Se considera que la cámara no está o está débilmente ventilada cuando:  
 $S/A < 3 \text{ cm}^2/\text{m}^2$

El cálculo se realiza igual que si la cámara no estuviera ventilada. Es decir:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K'} + \frac{A}{\sum (K_e \cdot A_e)} \text{ en } \text{m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C/kcal (m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W)}$$

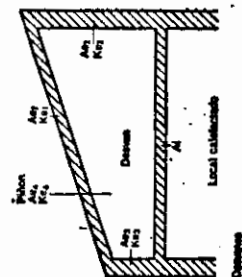
Donde:

$K'$  es el coeficiente de transmisión de calor del forjado en cuyo cálculo se ha tomado;

$$\left( \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right) = 0,24 \text{ m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C/kcal (0,18 m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W)}$$

$\sum (K_e \cdot A_e)$  es la suma de los productos de  $K_e \cdot A_e$  de los cerramientos exteriores que delimitan el espacio de aire, donde  $K_e$  es su coeficiente de transmisión de calor y  $A_e$  su superficie.

**Caso II: Cerramientos con cámara de aire medianamente ventilada**  
 Se considera que la cámara está medianamente ventilada cuando:  
 $3 \leq S/A \leq 30 \text{ cm}^2/\text{m}^2$



En este caso:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K'} + \frac{A}{\sum (K_e \cdot A_e)}$$

donde:

$K', K_e, A_e$  y  $A$  tienen el mismo significado que en el Caso I anterior.  
 $K$  es un coeficiente igual a  $4,3 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C (5W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C)}$

**Caso III: Cerramientos con cámara de aire muy ventilada.**

Se considera que la cámara está muy ventilada cuando:  
 $S/A \geq 30 \text{ cm}^2/\text{m}^2$   
 El coeficiente K se calcula en este caso con la fórmula dada en Caso III del epígrafe 2.3.2.

**2.5 Cerramientos en contacto con el terreno**

**2.5.1 Cálculo simplificado**  
 El coeficiente de transmisión térmica K de un elemento en contacto con el terreno se calculará con la fórmula:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{\lambda} \text{ en } \text{h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/kcal (m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W)}$$

por considerarse nula la resistencia superficial exterior  $1/h_e$ .  
 El valor de  $1/h_i$  se tomará de la Tabla 2.1 en función de la posición del elemento separador del terreno y el sentido del flujo de calor, siendo  $\lambda$  la conductividad térmica de los elementos que forman el cerramiento en contacto con el terreno y L sus espesores. En el caso de muros semienterrados, el coeficiente K de la parte no enterrada se calculará como se indicó anteriormente.  
 Cuando el cerramiento horizontal está separado del terreno por una cámara de aire, se calculará de acuerdo con el apartado 2.5.4.

**2.5.2 Cálculo por el método del coeficiente de transmisión térmica lineal k para soleras y muros en contacto con el terreno**

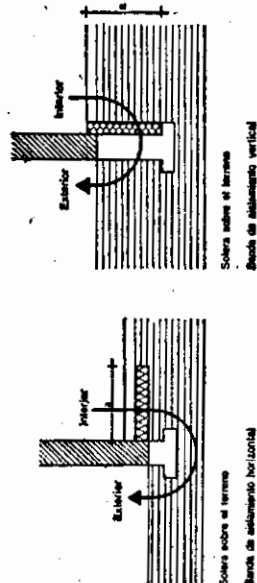
Con este método no se emplea la noción del coeficiente de transmisión térmica K a través de una superficie, sino que se utiliza el concepto de coeficiente de transmisión térmica lineal k, que es igual al flujo de calor que sale del local por metro de perímetro exterior del terreno o del muro considerado, por  $1 \text{ } ^\circ\text{C}$  de diferencia de temperatura entre el local y el ambiente exterior. Este coeficiente se expresa en  $\text{kcal/m h } ^\circ\text{C (W/m } ^\circ\text{C)}$ .  
 Una vez obtenido el k de un cerramiento puede obtenerse el K con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{k \cdot L}{S}$$

Siendo L la longitud de perímetro del cerramiento y S la superficie de la solera o muro.

Se consideran cuatro casos:

**Caso I: Soleras en contacto con el terreno**  
 Se consideran en este apartado las soleras a nivel con el terreno o como máximo 0,50 m por debajo de éste.  
 Para soleras sin aislamiento térmico se tomará el valor del coeficiente  $k = 1,5 \text{ kcal/h m } ^\circ\text{C (1,75 W/m } ^\circ\text{C)}$ . Este valor puede mejorarse colocando un aislamiento térmico de cualquiera de las maneras que se indican en las figuras siguientes. En este caso el coeficiente k viene dado por la Tabla 2.4, en función de la resistencia térmica r del aislante y por su anchura a.



Solera sobre el terreno

Banda de aislamiento horizontal

Solera sobre el terreno

Banda de aislamiento vertical

Tabla 2.4

Resistencia térmica $r_1$ del aislamiento en $m^2 \cdot ^\circ C/W$	Ancho $a$ de la banda de aislamiento en m			
	0,3	0,6	1,2	$\geq 3,0$
0,2 (0,17)	1,35 (1,57)	1,31 (1,52)	1,28 (1,48)	1,26 (1,46)
0,4 (0,34)	1,28 (1,48)	1,20 (1,39)	1,15 (1,33)	1,11 (1,29)
0,6 (0,51)	1,22 (1,41)	1,13 (1,31)	1,06 (1,23)	1,01 (1,17)
0,8 (0,66)	1,18 (1,37)	1,07 (1,24)	0,99 (1,15)	0,93 (1,08)
1,0 (0,86)	1,15 (1,33)	1,03 (1,19)	0,93 (1,08)	0,86 (1,00)
1,2 (1,03)	1,13 (1,31)	0,99 (1,15)	0,88 (1,02)	0,80 (0,93)
1,4 (1,20)	1,11 (1,29)	0,97 (1,12)	0,81 (0,97)	0,75 (0,77)
1,6 (1,37)	1,09 (1,26)	0,95 (1,10)	0,81 (0,94)	0,71 (0,82)
1,8 (1,54)	1,07 (1,24)	0,93 (1,08)	0,78 (0,90)	0,67 (0,77)
2,0 (1,72)	1,06 (1,23)	0,91 (1,05)	0,76 (0,88)	0,63 (0,73)

Coefficiente de transmisión térmica lineal  $k$  de la solera en kcal/h  $m \cdot ^\circ C$  (W/m  $^\circ C$ )

Caso II: Muros semienterrados

El coeficiente  $k$  se determina por la Tabla 2.5, en función del coeficiente de transmisión térmica del muro enterrado  $K_m$  y de la profundidad de la parte enterrada  $z$ .  
Para el cálculo del coeficiente  $K_e$  se considera la suma de las resistencias térmicas superficiales igual a  $0,21 m^2 \cdot ^\circ C/kcal$  ( $0,18 m^2 \cdot ^\circ C/W$ ).

Tabla 2.5

Coeficiente de transmisión térmica $K_m$ del muro enterrado en kcal/h $m \cdot ^\circ C$ (W/m $^\circ C$ )	Profundidad $z$ de la parte enterrada del muro, en m			
	0,5	1	2	3
0,6 (0,69)	0,26 (0,30)	0,47 (0,54)	0,79 (0,91)	1,03 (1,19)
0,8 (0,93)	0,34 (0,39)	0,59 (0,68)	0,96 (1,11)	1,22 (1,41)
1,0 (1,16)	0,41 (0,47)	0,70 (0,81)	1,11 (1,29)	1,44 (1,67)
1,2 (1,39)	0,48 (0,55)	0,80 (0,98)	1,24 (1,44)	1,62 (2,05)
1,4 (1,62)	0,54 (0,62)	0,89 (1,03)	1,35 (1,57)	1,90 (2,20)
1,6 (1,86)	0,60 (0,69)	0,97 (1,12)	1,45 (1,68)	2,05 (2,44)
1,8 (2,09)	0,64 (0,74)	1,04 (1,20)	1,55 (1,80)	2,12 (2,46)
2,0 (2,32)	0,70 (0,81)	1,11 (1,29)	1,63 (1,89)	2,20 (2,55)
2,2 (2,55)	0,75 (0,87)	1,18 (1,37)	1,70 (1,97)	2,29 (2,66)
2,4 (2,79)	0,80 (0,93)	1,23 (1,43)	1,78 (2,07)	2,37 (2,75)
2,6 (3,02)	0,82 (0,97)	1,29 (1,50)	1,84 (2,13)	2,44 (2,83)
2,8 (3,25)	0,89 (1,03)	1,34 (1,55)	1,90 (2,20)	2,52 (2,93)
3,0 (3,48)	0,93 (1,08)	1,40 (1,62)	1,96 (2,27)	2,60 (3,02)

Coefficiente de transmisión térmica lineal  $k$  del muro enterrado en kcal/h  $m \cdot ^\circ C$  (W/m  $^\circ C$ )

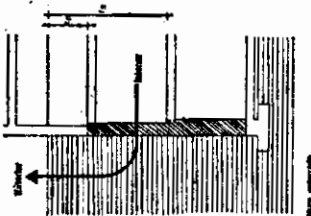
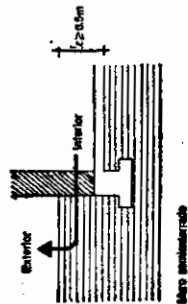


Tabla 2.6

Profundidad $z$ de la solera en m	0,5	1	2	3	4	5	6
Coefficiente de transmisión térmica lineal $k$ de la solera enterrada en kcal/h $m \cdot ^\circ C$ (W/m $^\circ C$ )	1,50 (1,74)	0,87 (1,01)	0,57 (0,66)	0,35 (0,40)	0,20 (0,23)	0,10 (0,11)	0 (0)

2.5.3 Cálculo de  $K$  para forjados enterrados y azoteas ajardinadas

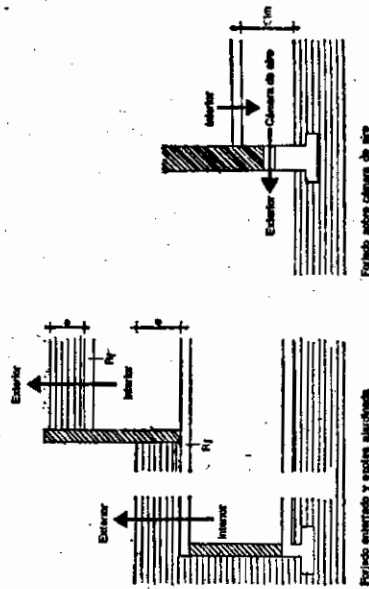
El coeficiente de transmisión térmica  $K$  viene dado por la fórmula siguiente:

$$\frac{1}{K} = 0,17 + R_1 + \frac{e}{1,6} \quad (m^2 \cdot ^\circ C/kcal)$$

$$\frac{1}{K} = 0,14 + R_1 + \frac{e}{1,9} \quad (m^2 \cdot ^\circ C/W)$$

Donde:

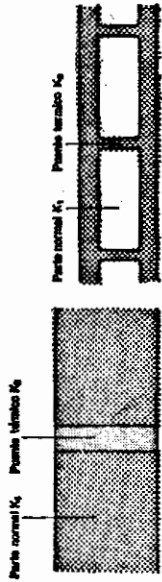
$R_1$  es la resistencia interna del forjado expresada en  $m^2 \cdot ^\circ C/kcal$  ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ), e es el espesor del terreno por encima del forjado, expresado en m.



2.5.4 Cálculo de  $K$  para forjados sobre cámara de aire

Este método de cálculo es aplicable para cámaras de aire de una altura inferior o igual a 1 m. En caso contrario, la cámara se considerará como un local y su coeficiente  $K$  se calculará según los apartados 2.1 ó 2.2. Donde  $1/m$  tomará los valores dados en la Tabla 2.1 para cerramientos exteriores.

espesor total. Sin embargo, en el caso de ladrillos huecos no puede seguirse este método dado que los espacios de aire no cumplen esas condiciones, por lo que su resistencia térmica útil puede obtenerse de la tabla que se da al final de este Anexo.



2.5.3 Cerramientos con heterogeneidades complejas

A continuación se explica el sistema de cálculo de cerramientos con las heterogeneidades complejas que suelen ser más frecuentes en construcción.

Se consideran dos casos:

Caso I: Cerramientos con un entramado de perfil metálico. Se sigue el mismo procedimiento de cálculo del apartado anterior. La heterogeneidad compleja se asimila a una simple en la que la anchura y el coeficiente de transmisión K son los siguientes:

Para perfiles en I: La anchura de la heterogeneidad equivalente es la longitud L del ala del perfil. La K equivalente se deduce de:

$$\frac{1}{K} = \left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o}\right) \frac{1}{1+E} + \frac{H}{\lambda_m} \left(\frac{1}{E} - \frac{1}{H}\right) \text{ en } h \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/kcal (m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W)}$$

donde  $\lambda_m$  es la conductividad térmica del metal del perfil, y E, L y H son las dimensiones acotadas en la figura, expresadas en m.

Para perfiles en U: La anchura de la heterogeneidad equivalente es la longitud L del ala del perfil. La K equivalente se deduce de:

$$\frac{1}{K} = \left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o}\right) \frac{1}{1+E} + \frac{H}{\lambda_m} \cdot \frac{L}{E} \text{ en } h \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/kcal (m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W)}$$

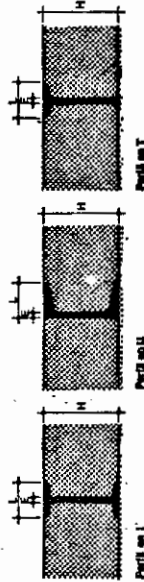
con las mismas notaciones que en el párrafo anterior.

Para perfiles en T: La anchura equivalente de la heterogeneidad E, es la del alma del perfil, y el coeficiente K equivalente se deduce de las expresiones siguientes:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} \frac{E}{1+EL} + \frac{H}{\lambda_m} \left(1 - 0,75 \frac{E}{H}\right) + \frac{1}{h_o} \text{ Na por la parte interior}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \frac{H}{\lambda_m} \left(1 - 0,75 \frac{E}{H}\right) + \frac{1}{h_o} \frac{EL}{1+EL} \text{ Na por la parte exterior}$$

con las mismas unidades y notación que anteriormente.



Caso II: Cerramiento de paneles de hormigón con relleno de material aislante. En este caso se sigue empleando el método de la ecuación del apartado 2.6.2, pero mejorando las superficies del entramado o parte maciza y mejorando las de las partes normales del cerramiento. La mayoración de la superficie de los entramados o partes macizas se obtiene al aumentar su anchura total en una cantidad x cada por el abaco adyunto en función de:

- a) espesor total del hormigón ( $e_1 + e_2$ ) en metros, y
- b) de la relación  $e_1/(e_1 + e_2)$ .

El coeficiente de transmisión térmica definido por la fórmula siguiente es igual al flujo de calor que atraviesa 1 m<sup>2</sup> de forjado, por 1°C de diferencia de temperatura entre este local y el ambiente exterior.

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{\alpha + 2,5 (l/m^2 A)} \text{ (m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C/kcal)}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_2} + \frac{1}{\alpha + 3 (l/m^2 A)} \text{ (m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W)}$$

Donde:

$K_1$  es el coeficiente de transmisión térmica del forjado que separa el local de la cámara de aire, en kcal/m<sup>2</sup> h °C (W/m<sup>2</sup> °C), y calculado tomando la suma de las resistencias superficiales (1/h<sub>o</sub>+1/h<sub>i</sub>) igual a 0,34 m<sup>2</sup> h °C/kcal (0,29 m<sup>2</sup> °C/W).

$\alpha$  es el perímetro exterior de la cámara de aire en m.

A es la superficie de la cámara de aire en m<sup>2</sup>.

e es un coeficiente cuyo valor se da en la tabla siguiente, en función de la relación entre la sección total de las aberturas de ventilación S<sub>v</sub> en cm<sup>2</sup> y la superficie de la cámara de aire A, en m<sup>2</sup>.

Tabla 2.7

Relación S <sub>v</sub> A en cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	Coefficiente e en kcal/m <sup>2</sup> h °C (W/m <sup>2</sup> °C)
Cámara de aire muy ventilada $\geq 10$	1,4 (1,6)
Cámara de aire medianamente ventilada $2 - 10$	0,35 (0,4)
Cámara de aire muy poco ventilada $< 2$	0,0 (0,0)

2.6.1 Generalidades

Las edificaciones nunca están delimitadas por un cerramiento normalmente homogéneo y continuo, longitudinal y transversalmente. Los huecos, los elementos estructurales, los encuentros entre forjados y muros, las juntas y uniones con mortero, anclajes tanto de los paneles prefabricados como de ladrillos y bloques, etc., hacen que dicha superficie envolvente de los cerramientos, a través de las cuales tiene lugar los procesos de transmisión del calor y de la dilución del vapor de agua entre los dos ambientes que separa, presente ciertas heterogeneidades que van a influir decisivamente en las características que regularán el equilibrio térmico del sistema edificio-clima exterior.

Por consiguiente, si la homogeneidad de una pared o cubierta se ve interrumpida por la intersección de otro elemento de mayor conductividad térmica, pilar o vigas metálicas, por ejemplo, la cantidad de calor que atraviesa la sección de este material será mayor que la que atraviesa otra sección cualquiera del resto de la pared o cubierta. Es decir, que la densidad de líneas de flujo de calor en esta zona es superior a la del resto del cerramiento.

A esta parte de mayor densidad de peso de calor se le denomina punto débil de transmisión de calor o puente térmico. Los cerramientos con puentes térmicos definen su poder aislante mediante un coeficiente útil de transmisión de calor en cuyo cálculo deben tenerse en cuenta las características termofísicas y geométricas del elemento constitutivo del puente térmico.

2.6.2 Cerramientos con heterogeneidades simples

Se dice que una heterogeneidad es simple cuando ésta queda perfectamente definida y delimitada por dos planos perpendiculares a las caras del cerramiento, así como cuando en la constitución del conjunto del cerramiento, no existen flujos de calor laterales realmente importantes entre la parte heterogénea y el resto del cerramiento. Termofísicamente hablando la heterogeneidad viene delimitada por un coeficiente de transmisión térmica distinto, mayor o menor, que el del resto del cerramiento.

El método del cálculo del coeficiente de transmisión térmica (útil medio del cerramiento) se basa en la descomposición de éste en elementos homogéneos en los que se determina su correspondiente K.

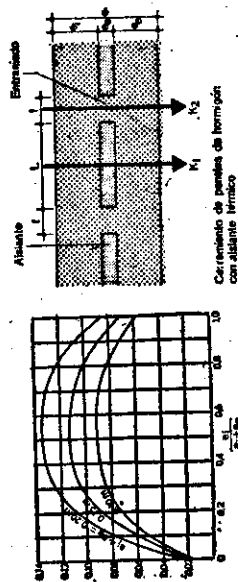
Es decir:

$$K_m = \frac{\sum K_i A_i}{A}$$

siendo A, la superficie del cerramiento a que corresponde un coeficiente de transmisión igual a K.

De este modo, la resistencia térmica de un bloque hueco, como el que muestra la figura, con secciones alternativas de material sólido y cámara de aire, puede ser deducida por este procedimiento siempre que el espesor del espacio de aire sea igual o mayor a 20 mm y suficientemente grande en comparación con su

Los límites de aplicación de este método son los siguientes:  
 a) Conductividad térmica del aislante, inferior a 0,05 kcal/m h °C (0,06 W/m °C).  
 b) La distancia media entre entramados o partes macizas es superior a tres veces su anchura media.  
 Sobre los bordes de estos cerramientos la mayoración y minoración de superficies es de X/2.



**2.7 Conductividades térmicas de materiales empleados en cerramientos**

Los datos que aparecen en esta tabla de algunos materiales utilizables en cerramientos, son valores típicos indicativos para los cálculos que se precisan en esta Norma. Pueden tomarse valores más estrictos cuando el material disponga de datos avalados por Marca o Sello de Calidad y en su defecto se disponga de ensayos realizados en los últimos dos años por laboratorios oficiales. Los valores aparecen en unidades tradicionales y entre paréntesis en el Sistema Internacional S.I., y están dados para una temperatura de 20°C.

Tabla 2.5

Materiales	Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica λ kcal/m h °C (W/m °C)
<b>ROCAS Y SUELOS NATURALES</b>		
— Rocas compactas	2500-3000	3,00 (3,50)
— Rocas porosas	1700-2500	2,00 (2,33)
— Arena con humedad natural	1700	1,20 (1,40)
— Suelo coherente humedad natural	1800	1,80 (2,10)
Arcilla	2100	0,80 (0,95)
Materiales suelos de relleno desecados al aire, en forjados, etc.		
— Arena	1500	0,50 (0,58)
— Grava rodada o de machaqueo	1700	0,70 (0,81)
— Escoria de carbón	1200	0,16 (0,19)
— Cascote de ladrillo	1300	0,85 (0,41)
<b>PASTAS, MORTEROS Y HORMIGONES</b>		
Revestimientos continuos		
— Morteros de cal y basaltos	1600	0,75 (0,87)
— Mortero de cemento	2000	1,20 (1,40)
— Enlucido de yeso	800	0,26 (0,30)
— Enlucido de yeso con perilla	570	0,16 (0,18)
Hormigones normales y ligeros		
— Hormigón armado (normal)	2400	1,40 (1,63)
— Hormigón con áridos ligeros	600	0,15 (0,17)
— Hormigón con áridos ligeros	1000	0,26 (0,33)
— Hormigón con áridos ligeros	1400	0,47 (0,55)
— Hormigón celular con áridos silíceos	600	0,29 (0,34)
— Hormigón celular con áridos silíceos	1000	0,58 (0,67)
— Hormigón celular con áridos silíceos	1400	0,94 (1,09)
— Hormigón celular sin áridos	305	0,08 (0,09)

Materiales	Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica λ kcal/m h °C (W/m °C)
— Hormigón en masa con grava normal:		
• con áridos ligeros	1800	0,63 (0,73)
• con áridos ordinarios, sin vibrar	2000	1,00 (1,16)
• con áridos ordinarios, vibrado	2400	1,40 (1,63)
— Hormigón en masa con arcilla expandida	500	0,10 (0,12)
— Hormigón en masa con arcilla expandida	1500	0,47 (0,55)
Fábrica de bloques de hormigón incluídas juntas (†)		
— Con ladrillos silicocalcáreos macizo	1600	0,68 (0,79)
— Con ladrillos silicocalcáreos perforado	2500	0,48 (0,56)
— Con bloques huecos de hormigón	1000	0,38 (0,44)
— Con bloques huecos de hormigón	1200	0,42 (0,49)
— Con bloques huecos de hormigón	1400	0,48 (0,56)
— Con bloques hormigón celular curado vapor	600	0,30 (0,35)
— Con bloques hormigón celular curado vapor	800	0,35 (0,41)
— Con bloques hormigón celular curado vapor	1000	0,40 (0,47)
— Con bloques hormigón celular curado vapor	800	0,38 (0,44)
— Con bloques hormigón celular curado aire	1000	0,48 (0,56)
— Con bloques hormigón celular curado aire	1200	0,60 (0,70)
Placas o paneles		
— Cartón-yeso	900	0,16 (0,18)
— Hormigón con fibra de madera	450	0,07 (0,08)
— Placas de escayola	800	0,26 (0,30)
<b>LADRILLOS Y PLAQUETAS</b>		
— Fábrica de ladrillo macizo	1800	0,75 (0,87)
— Fábrica de ladrillo perforado	1600	0,65 (0,76)
— Fábrica de ladrillo hueco	1200	0,42 (0,49)
— Plaquetas	2000	0,90 (1,05)
<b>VIDRIO (2)</b>		
— Vidrio plano para acristala	2500	0,82 (0,95)
<b>METALES</b>		
— Fundición y acero	7850	50 (58)
— Cobre	8900	3,30 (3,84)
— Bronce	8500	55 (64)
— Aluminio	2700	175 (204)
<b>MADERA</b>		
— Maderas frías	800	0,18 (0,21)
— Maderas de coníferas	600	0,12 (0,14)
— Contrachapado	600	0,12 (0,14)
— Tablero aglomerado de partículas	650	0,07 (0,08)
<b>PLÁSTICOS Y REVESTIMIENTOS DE SUELOS</b>		
— Linóleo	1200	0,16 (0,19)
— Moquetas, alfombras	1000	0,04 (0,05)
<b>MATERIALES BITUMINOSOS</b>		
— Asfalto	2100	0,60 (0,70)
— Betún	1050	0,15 (0,17)
— Láminas bituminosas	1100	0,16 (0,19)
<b>MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS</b>		
— Arcilla expandida	300	0,073 (0,085)
— Arcilla expandida	450	0,098 (0,114)
— Aglomerado de corcho UNE 5.690	110	0,034 (0,039)
— Espuma elastomérica	60	0,029 (0,034)
— Fibra de vidrio:		
• Tipo I	10-18	0,038 (0,044)
• Tipo II	19-30	0,032 (0,037)
• Tipo III	31-45	0,029 (0,034)
• Tipo IV	46-65	0,028 (0,033)
• Tipo V	66-90	0,028 (0,033)
• Tipo VI	91	0,031 (0,036)

**2.2.2 Forjados**

En la Tabla 2.11 se dan valores de resistencias térmicas útiles de algunos tipos de forjados unidireccionales con bovedillas, cerámicas o de hormigón, para distintas alturas de bovedillas y distancias de entrejagado. Estos valores se dan para hormigón de relleno de senos y capa de compresión, con áridos normales.

Tipo de forjado	Distancia de entrejagado E en cm	Altura H de la bovedilla, en cm				
		8	12	16	20	25
Bovedilla cerámica	< 45	0,9 (0,08)	0,13 (0,11)			
	45 a 65	0,13 (0,11)	0,16 (0,14)			
	> 65	0,14 (0,12)				
Bovedilla cerámica	< 45	0,15 (0,13)	0,20 (0,17)	0,24 (0,21)	0,29 (0,25)	0,29 (0,25)
	45 a 65	0,22 (0,19)	0,27 (0,23)	0,30 (0,26)	0,36 (0,31)	0,36 (0,31)
	> 65	0,27 (0,23)	0,31 (0,27)	0,35 (0,30)	0,40 (0,34)	0,40 (0,34)
Bovedilla de hormigón	< 65	0,13 (0,11)	0,15 (0,13)	0,17 (0,15)	0,21 (0,18)	0,21 (0,18)
	≥ 65	0,14 (0,12)	0,16 (0,14)	0,19 (0,16)	0,22 (0,19)	0,22 (0,19)
Bovedilla de hormigón	< 65				0,26 (0,22)	0,29 (0,25)
	≥ 65				0,27 (0,23)	0,31 (0,27)

Resistencia térmica R, en m<sup>2</sup> h °C/mal (m<sup>2</sup> °C/W)

**2.2.3 Ventanas**

Se consideran en este apartado las ventanas que pueden formar parte del cerramiento del edificio. No se da su resistencia térmica, pues estos elementos en sí constituyen el propio cerramiento, por lo que añadiéndole la resistencia térmica superficial se obtiene su resistencia térmica total, es decir, el valor inverso de K. Los valores de la Tabla 2.12, se dan para la superficie total del hueco y no de la superficie del vidrio. Se ha estimado que ésta corresponde a 0,7 del hueco en carpintería de madera y 0,8 en carpintería metálica.

**2.3 Resistencias térmicas útiles de elementos constructivos**

En las siguientes tablas se dan con carácter orientativo los valores útiles que pueden emplearse de resistencia térmica de algunos elementos constructivos que pueden formar parte del cerramiento o constituir ellos mismos el propio cerramiento.

**2.3.1 Muros de cerramiento de ladrillo**

En las Tablas 2.9 y 2.10 se da el valor de la resistencia térmica útil de un cerramiento de ladrillo de una hoja, en función del tipo de ladrillo, hueco, perforado o macizo, y del espesor del cerramiento, excluidos los revestimientos que pudiera llevar.

**Tabla 2.9**

Formato métrico	Peso específico en kg/m <sup>3</sup>	Espesor E, en cm, del cerramiento				
		4,0	5,3	9,0	11,5	24,0
Hueco	1200	0,09 (0,07)	0,13 (0,11)	0,21 (0,18)	0,27 (0,23)	0,57 (0,49)
Perforado	1900	0,06 (0,05)	0,08 (0,07)	0,14 (0,12)	0,18 (0,15)	0,37 (0,32)
Macizo	1900	0,05 (0,04)	0,07 (0,06)	0,12 (0,10)	0,15 (0,13)	0,32 (0,27)

Resistencia térmica R en m<sup>2</sup> h °C/mal (m<sup>2</sup> °C/W)

**Tabla 2.10**

Formato cristalin	Peso específico en kg/m <sup>3</sup>	Espesor E, en cm, del cerramiento				
		4,0	6,5	9,0	14,0	19,0
Hueco	1200	0,09 (0,07)	0,15 (0,13)	0,21 (0,18)	0,33 (0,28)	0,45 (0,39)
Perforado	1900	0,06 (0,05)	0,10 (0,09)	0,14 (0,12)	0,21 (0,18)	0,29 (0,25)
Macizo	1900	0,05 (0,04)	0,09 (0,07)	0,12 (0,10)	0,19 (0,16)	0,25 (0,22)

Resistencia térmica R en m<sup>2</sup> h °C/mal (m<sup>2</sup> °C/W)

Materia	Densidad aparente en kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica λ kcal/m h °C (W/m °C)
Lana mineral:		
• Tipo I	30-50	0,036 (0,042)
• Tipo II	51-70	0,034 (0,040)
• Tipo III	71-90	0,033 (0,038)
• Tipo IV	91-120	0,033 (0,036)
• Tipo V	121-150	0,033 (0,036)
• Tipo V	130	0,040 (0,047)
Poliestireno expandido UNE 53.310:		
• Tipo I	10	0,049 (0,057)
• Tipo II	12	0,038 (0,044)
• Tipo III	15	0,032 (0,037)
• Tipo IV	20	0,028 (0,034)
• Tipo V	23	0,028 (0,033)
• Tipo V	33	0,028 (0,033)
• Tipo V	30	0,033 (0,038)
• Tipo V	35	0,022 (0,026)
Poluretano conformado, espuma de:		
• Tipo I	32	0,020 (0,023)
• Tipo II	35	0,020 (0,023)
• Tipo III	40	0,020 (0,023)
• Tipo IV	60	0,034 (0,040)
Poluretano aplicado in situ, espuma de:		
• Tipo I	35	0,020 (0,023)
• Tipo II	40	0,020 (0,023)
• Tipo II	10-12	0,029 (0,034)
• Tipo II	12-14	0,030 (0,036)

(1) Las densidades se refieren al bloque, no a la lábrica.

(2) Véase lista de resistencias térmicas.

Tabla 2.12:

Tipo de acristalamiento	Espesor nominal de la cámara de aire, en mm	Tipo de carpintería	Inclinación del hueco con respecto a la horizontal
Sencillo		Madera	4.3 (5.0)
		Metálica	4.7 (5.5)
Doble	6	Madera	5.0 (5.8)
		Metálica	5.6 (6.5)
	9	Madera	2.8 (3.3)
		Metálica	3.0 (3.5)
	12	Madera	3.4 (4.0)
		Metálica	3.7 (4.3)
Doble ventana	≥ 30	Madera	2.7 (2.8)
		Metálica	3.0 (3.3)
Hormigón translúcido		Madera	3.4 (3.9)
		Metálica	3.6 (4.2)
		Madera	2.5 (2.9)
		Metálica	2.7 (3.1)
		Madera	3.2 (3.7)
		Metálica	3.4 (4.0)
		Madera	2.2 (2.6)
		Metálica	2.3 (2.7)
		Madera	2.6 (3.0)
		Metálica	2.8 (3.2)
		Madera	3.0 (3.5)
		Metálica	3.2 (3.7)
			Coefficiente de transmisión térmica K <sub>t</sub> en kcal/h m <sup>2</sup> °C (W/m <sup>2</sup> °C)
			2.3 (2.7)
			3.0 (3.5)
			3.2 (3.7)

2.6.4 Puertas.

Se consideraran en este apartado las puertas que pueden formar parte de cerramientos con el exterior o con locales no calefacciados. Análogamente al apartado 2.6.3, en la Tabla 2.13 se dan los valores del coeficiente de transmisión térmica k para los distintos casos, donde el % expresado es el de la superficie del vidrio sobre la superficie total de la puerta.

Tabla 2.13

Tipo de puerta	Separación con: Exterior	Local no calefactado
Madera	3.0 (3.5)	1.7 (2.0)
Acristalamiento simple en < 30 %	3.4 (4.0)	
	3.9 (4.5)	
Acristalamiento simple en 30 a 60 %	2.8 (3.3)	
	3.0 (3.5)	
Acristalamiento simple en 60 a 70 %	2.8 (3.3)	
	3.0 (3.5)	
Acristalamiento simple en > 70 %	2.8 (3.3)	
	3.0 (3.5)	
Vidrio en carpintería	4.7 (5.5)	3.9 (4.5)
	4.1 (4.8)	3.3 (3.9)
Coefficiente de transmisión térmica K <sub>t</sub> en kcal/h m <sup>2</sup> °C (W/m <sup>2</sup> °C)		
5.0 (5.8)		

Anexo 3: Cálculo del coeficiente global de transmisión de calor Kg de los edificios

3.1 Generalidades

Las normas de aislamiento térmico que deben cumplir individualmente los elementos estructurales de cierre de los edificios (techos, muros y suelos) proporcionan las exigencias relativas que deben ser satisfechas para garantizar unas condiciones ambientales interiores de bienestar dadas, así como evitar las condensaciones sobre los paramentos. Sin embargo, estas exigencias no tienen en cuenta el consumo de la energía necesaria para la consecución de aquellos niveles de confortabilidad térmica. Para cubrir este aspecto se define un coeficiente global de transmisión de calor del edificio, Kg, cuyos valores máximos, en función del factor de forma del edificio, de la zona climática y del tipo de energía empleada en la calefacción, se dan en la Tabla 1 del texto articulado.

En el caso de edificios que tengan locales cuyo cerramiento exterior no se puede fijar en el proyecto general, como es, por ejemplo, el caso de locales comerciales cuya fachada no está inicialmente definida, se considerarán estos locales como exteriores al edificio, con la consideración, a efectos de cálculo del coeficiente Kg, de locales no calefacciados.

En los proyectos de locales citados en el párrafo anterior, figurarán el cálculo y justificación del valor de Kg.

3.2 Cálculo de los coeficientes de transmisión de calor K

Siguiendo los criterios del Anexo 2, se calculan los coeficientes útiles de transmisión de calor K, de los elementos constructivos que delimitan el cerramiento del edificio, y que intervienen en el cálculo de Kg, es decir:

Kt Correspondiente a cerramientos en contacto con el ambiente exterior, como:

- Cerramientos verticales de separación con el exterior.
- Cerramientos inclinados más de 60° con la horizontal de separación con el exterior.

Kw Correspondiente a cerramiento de separación con otros edificios o con locales no calefacciados, como:

- Cerramientos verticales de separación con espacios cerrados no calefacciados, o medianería entre edificios.
- Cerramientos horizontales sobre espacios cerrados no calefacciados de altura superior a 1 m.

Ko Correspondiente a cerramientos de techo o cubierta, como:

- Cubiertas inclinadas menos de 60° con la horizontal.
- Cubiertas horizontales.
- Cubiertas bajo el terreno.

Ks Correspondiente a cerramientos de separación con el terreno, como:

- Soleras.
- Forjados sobre cámara de aire de altura menor de 1 m.
- Muros enterrados.

También podrá utilizarse para estos cálculos el coeficiente lineal de transmisión de calor k según se define en el Anexo 2, debiendo cumplirse que las pérdidas de calor por unidad de temperatura sean iguales con un método u otro. Es decir, que se cumpla la ecuación:

$$K_s \cdot S_s = k_s \cdot L_s \text{ en kcal/h } ^\circ\text{C (W/} ^\circ\text{C)}$$

Siendo:

Ks Coeficiente de transmisión de calor del elemento en contacto con el terreno, en kcal/h m<sup>2</sup> °C (W/m<sup>2</sup> °C).

Ss Superficie de dicho elemento en contacto con el terreno, en m<sup>2</sup>.

ks Coeficiente lineal de transmisión de calor del elemento en contacto con el terreno, en kcal/h m °C (W/m °C).

Ls Longitud perimetral del elemento en contacto con el terreno, en m.

De esta ecuación puede deducirse el Ks:

$$K_s = \frac{k_s \cdot L_s}{S_s}$$

**Ficha justificativa del cálculo del  $K_e$  del edificio**

El presente cuadro expresa que los valores de  $K_e$  especificados para los distintos elementos constructivos del edificio cumplen los requisitos exigidos en los artículos 4.º y 5.º de la Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79 "Condiciones Térmicas en los Edificios".

Elemento constructivo	Superf. S, m <sup>2</sup>	Coefficiente K local, kcal/h m <sup>2</sup> °C (W/m <sup>2</sup> °C) (1)	S · K local, kcal/h °C (W/°C)	Coef. correct. n	n · S · K local, kcal/h °C (W/°C)
<b>Aparato E</b>					
Cerramientos en contacto con el ambiente exterior	S <sub>E</sub>	K <sub>E</sub>	S · K <sub>E</sub>	1	S · K <sub>E</sub>
Huecos exteriores verticales, puertas, ventanas					
Cerramientos verticales o inclinados más de 60° con la horizontal					
Forjados sobre espacios exteriores					
<b>Aparato N</b>					
Cerramientos de separación con otros edificios o con locales no calefaccionados, o medianerías no calefaccionadas.	S <sub>N</sub>	K <sub>N</sub>	S · K <sub>N</sub>	0,5	0,5 · S · K <sub>N</sub>
Cerramientos verticales de separación con locales no calefaccionados, o medianerías no calefaccionadas.					
Forjados sobre espacios cerrados no calefaccionados de altura ≥ 1 m					
Huecos, puertas, ventanas					
<b>Aparato Q</b>					
Cerramientos de techo o cubierta	S <sub>Q</sub>	K <sub>Q</sub>	S · K <sub>Q</sub>	0,5	0,5 · S · K <sub>Q</sub>
Huecos, lucernarios, claraboyas					
Azoteas (3)					
Cubiertas inclinadas menos de 60° con la horizontal					
<b>Aparato S</b>					
Cerramientos de separación con el terreno (2)	S <sub>S</sub>	K <sub>S</sub>	S · K <sub>S</sub>	0,5	0,5 · S · K <sub>S</sub>
Soleras					
Forjados sobre cámara de aire de altura ≥ 1 m					
Muros enterrados o semienterrados					
<b>Σ Total</b>					<b>Σ Total</b>

Factor de forma f en m<sup>-1</sup> = Superficie total S =  Volumen total V =

Exigencia de la Norma (Art. 4.º)

Tipo de energía f =  Zona climática =

Factor de forma =  → K<sub>e</sub> ≤

K<sub>e</sub> del edificio =  =  ≤

Complimiento de la exigencia de la Norma

(1) Estos coeficientes deben cumplir los requisitos exigidos en el artículo 5.º de la Norma. Para los edificios situados en las Zonas Climáticas se debe considerar esta columna.

(2) Como se indica en 3.2, pueden emplearse coeficientes lineales de transmisión de calor K<sub>S</sub> en vez de K<sub>S</sub> siempre que se cumpla la condición de que: K<sub>S</sub> · L<sub>S</sub> = K<sub>S</sub> · S<sub>S</sub>, en kcal/h °C (W/°C)

(3) Se pueden incluir en este apartado las juntas ajornadas y forjados enterrados.

3.3 Cálculo de la superficie total de cerramiento

Es la suma de las superficies de cada uno de los elementos constructivos que delimitan el cerramiento del edificio, en m<sup>2</sup>.

$$S = \sum S_E + \sum S_N + \sum S_Q + \sum S_S$$

donde:

- ΣS<sub>E</sub>: Suma de las superficies de los cerramientos en contacto con el ambiente exterior, en m<sup>2</sup>.
- ΣS<sub>N</sub>: Suma de las superficies de los cerramientos de separación con otros edificios o locales no calefaccionados, en m<sup>2</sup>.
- ΣS<sub>Q</sub>: Suma de las superficies de los cerramientos de techo e cubierta, en m<sup>2</sup>.
- ΣS<sub>S</sub>: Suma de las superficies de los cerramientos de separación con el terreno, en m<sup>2</sup>.

Estas superficies se miden exteriormente sin deducir gruesos de forjados o elementos estructurales que no constituyendo propiamente el cerramiento estén en contacto con el exterior.

3.4 Cálculo del volumen del edificio

Es el volumen encerrado por las superficies de los elementos de separación del edificio anteriormente definidos, V, en m<sup>3</sup>.

3.5 Cálculo del factor de forma

El factor de forma de un edificio f, es la relación entre la suma de las superficies de los elementos de separación del edificio y el volumen encerrado por las mismas.

$$f = \frac{S}{V}$$

donde:

- f: factor de forma, en m<sup>-1</sup>.

3.6 Cálculo del coeficiente global de transmisión de calor de un edificio K<sub>e</sub>

Es la media ponderada de los coeficientes de transmisión de calor de los distintos elementos de separación del edificio definidos anteriormente. Se calcula por medio de la expresión siguiente:

$$K_e = \frac{\sum K_e S_e + 0,5 \sum K_n S_n + 0,5 \sum K_q S_q + 0,5 \sum K_s S_s}{\sum S_e + \sum S_n + \sum S_q + \sum S_s}$$

donde:

- K<sub>e</sub>: Coeficiente global de transmisión de calor de un edificio, en kcal/m<sup>2</sup> h °C (W/m<sup>2</sup> °C).

Como se indicó anteriormente en el apartado 3.2 el producto K<sub>S</sub> · S<sub>S</sub> puede ser sustituido por el producto K<sub>S</sub> · L<sub>S</sub> cuando se empleen los coeficientes lineales de transmisión de calor.

3.7 Ficha de cálculo

Para facilitar los cálculos y la verificación del cumplimiento de la exigencia del K<sub>e</sub>, se da a continuación un cuadro tipo en el que se expresan en cada uno de los apartados E, N, Q y S los distintos tipos de cerramientos que puedan existir en el proyecto del edificio, consignando sus superficies parciales, así como sus coeficientes de transmisión térmica K. Los distintos tipos de cerramientos deberán ser fácilmente identificables en el resto de la Documentación Técnica del Proyecto.

### Anexo 4: Temperaturas y condensaciones en cerramientos

#### 4.1 Principios generales

El aire atmosférico contiene cierta cantidad de vapor de agua que varía de una manera cíclica con los cambios estacionales o circunstanciales, dependiendo de la producción esporádica de vapor de agua. Una temperatura dada el aire no puede contener en estado de vapor más que una cantidad de agua interior a un nivel máximo denominado de saturación (13 g/kg a 18°C, por ejemplo). Cuando el contenido de vapor de agua es menor (10.4 g/kg, por ejemplo), el aire no está saturado y se caracteriza por su humedad relativa o relación entre el peso o presión de vapor de agua existente y el vapor de agua saturante (10.4/13 = 80 %).

La presión de saturación será más elevada a medida que la temperatura de aire sea más alta, como se ve en el abaco psicrométrico adjunto al final del anexo. Una temperatura más baja puede alcanzar el nivel de saturación sin necesidad de ver modificada su presión de vapor de agua. A partir de este punto parte del vapor de agua se condensará en estado líquido. La temperatura a partir de la cual se produce esta condensación se denomina punto de rocío del ambiente considerado (14°C, en este ejemplo).

Así, pues, se producirá siempre el fenómeno de la condensación cuando el aire descienda su temperatura hasta un nivel igual o inferior a su punto de rocío, o cuando el vapor contenido en el aire se encuentre en contacto con un cerramiento u objeto cuya temperatura sea inferior al punto de rocío.

#### 4.2 Gradiente de temperaturas en los cerramientos

Debido a la diferencia de temperaturas del aire a ambos lados de los cerramientos, se produce un movimiento o flujo de calor desde el lado más caliente al más frío. La magnitud de este intercambio depende directamente de la resistencia térmica que ofrezca dicho cerramiento. En estado estacionario, este flujo de calor producirá un gradiente de temperatura en el cerramiento que nos permitirá conocer la temperatura de cualquier punto del mismo.

Para realizar este cálculo pueden seguirse dos procedimientos: uno analítico y otro gráfico, resultando éste generalmente más cómodo.

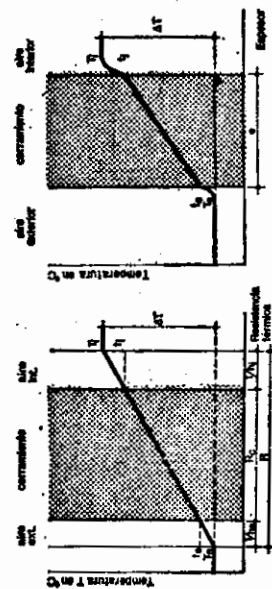
Analíticamente puede establecerse que:

$$T_i - T_e = \frac{Rt}{h_i}$$

donde:

- $T_i$  es la temperatura del ambiente interior, en °C.
- $T_e$  es la temperatura del ambiente exterior, en °C.
- $Rt$  es la resistencia térmica total del cerramiento en h m<sup>2</sup>°C/kcal (h m<sup>2</sup>°C/W).
- $h_i$  es la resistencia térmica superficial interior del cerramiento, en h m<sup>2</sup>°C/kcal (h m<sup>2</sup>°C/W).

Lo que gráficamente se expresa en las figuras en diagramas de temperaturas-resistencias térmicas y temperaturas-espesor.



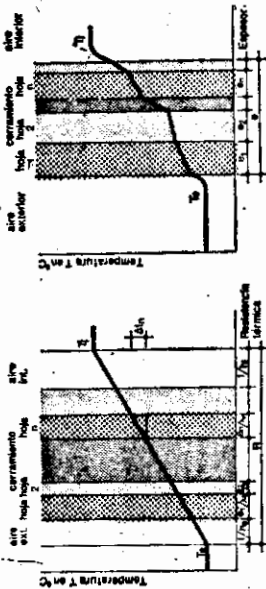
En un cerramiento formado por varias hojas la caída de temperatura de cada una de las hojas puede calcularse:

$$\Delta t_n = (T_i - T_e) \frac{e_n R_n}{Rt} = \Delta T \frac{r_n}{Rt}$$

Siendo:

- $\Delta t_n$  caída de temperatura en la hoja n, en °C, definidos anteriormente.
- $T_i$  y  $T_e$  espesor de la hoja n, en m.
- $\lambda_n$  conductividad térmica de la hoja n, en kcal/h m °C (W/m °C).
- $Rt$  resistencia térmica de la hoja n.
- $r_n$  diferencia de temperaturas exterior e interior,  $t_e - t_i$ .

La expresión gráfica se da en las figuras adjuntas que permiten calcular gráficamente la temperatura estructural del cerramiento.



#### 4.3 Cálculo de condensaciones superficiales

Los factores que intervienen en la posibilidad de que se produzcan condensaciones superficiales interiores en un cerramiento son:

- Coeficiente de transmisión térmica K del cerramiento.
- Temperatura  $T_i$  y humedad relativa  $H_i$  del ambiente interior (factores que definen la temperatura o punto de rocío  $t_j$  y
- Temperatura del aire exterior  $T_e$ .

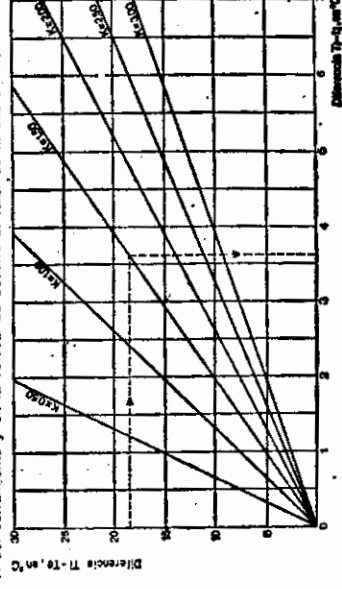
Como se vio en el apartado 4.2 la diferencia de temperaturas entre el aire interior de un local y los cerramientos que lo delimitan es proporcional al poder aislante de éstas y a la diferencia de temperaturas entre los ambientes interior y exterior. De aquí se deduce que, en un régimen estable de paso de calor, la temperatura superficial interna de una pared se obtiene de la expresión:

$$t_s = T_i - \frac{K}{h_i} (T_i - T_e)$$

donde las notaciones tienen el mismo significado que en 4.2. Para la resistencia térmica superficial interior  $1/h_i$  se tomarán los siguientes valores, tomados de la Tabla 2.1 del Anexo 2.

- 0.13 h m<sup>2</sup>°C/kcal, para cerramientos horizontales con flujo de calor horizontal.
- (0.11) h m<sup>2</sup>°C/kcal, para cerramientos horizontales con flujo de calor de abajo arriba.
- (0.09) h m<sup>2</sup>°C/kcal, para cerramientos horizontales con flujo de calor de arriba abajo.
- (0.17) h m<sup>2</sup>°C/kcal, para cerramientos horizontales con flujo de calor de arriba abajo.

Con los abacos siguientes puede obtenerse gráficamente el valor de la diferencia entre la temperatura del aire interior  $T_i$  y la temperatura superficial interior  $t_s$  del cerramiento. Entrando para cada abaco con la diferencia de temperaturas interior y exterior,  $T_i - T_e$ , se corta horizontalmente a la recta correspondiente al valor de K del cerramiento y en la vertical se obtiene el valor de la diferencia,  $T_i - t_s$ .



Cerramientos horizontales. Flujo de calor horizontal. Valores de K, en kcal/h m<sup>2</sup>°C.

**4.5 Eliminación del riesgo de condensación superficial por mejora del aislamiento térmico del cerramiento**

Otra de las vías posibles para evitar la condensación de agua sobre las superficies interiores de un cerramiento exterior es el aumento del aislamiento térmico del cerramiento mediante el suplemento de un material aislante o incremento del espesor del que inicialmente se ha proyectado. A continuación se expone el procedimiento de cálculo del espesor mínimo de este aislamiento suplementario. Sustituyendo en la expresión del apartado 4.3 la temperatura superficial interior  $t_i$  por la temperatura de rocío del aire interior  $t_r$  y operando, el coeficiente de transmisión de calor queda:

$$K = \frac{t_i - t_e}{t_i - t_r} \cdot h_i$$

en la que  $t_e$  es el valor de la temperatura exterior. Si se considera que la resistencia térmica total del muro aislado  $1/K$  es la suma de la resistencia térmica de éste sin aislar  $1/K_0$  más la del aislamiento  $\lambda/h$ , se tiene que:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_0} + \frac{\lambda}{h}$$

donde:

- $\lambda$  = espesor del material aislante suplementario, en m.
- $K$  = conductividad térmica del aislamiento en kcal/m h °C (W/m °C).
- $K_0$  = coeficiente de transmisión de calor del cerramiento sin aislamiento, en kcal/m<sup>2</sup> h °C (W/m<sup>2</sup> °C).

Sustituyendo en la segunda fórmula el valor de  $K$  dado en la primera, y operando se obtiene:

$$\lambda = \lambda_0 \left( \frac{t_i - t_e}{t_i - t_r} - \frac{1}{K_0} \right)$$

que da el espesor de un aislamiento suplementario de conductividad térmica  $\lambda$  para el cual no se producen condensaciones superficiales en un cerramiento de resistencia térmica  $1/K_0$  para unas condiciones higrométricas del aire ambiente dadas.

**4.6 Otras recomendaciones para evitar condensaciones superficiales interiores**

En climas fríos e incluso templados, no se puede garantizar la ausencia de condensaciones superficiales interiores, especialmente en viviendas, en tanto en cuanto éstas no dispongan de un sistema de calefacción uniforme, y de una correcta ventilación. En edificios que carezcan de calefacción, el revestimiento interior, preferiblemente será de un material absorbente que no se deteriore con la humedad y se recomienda colocar una pintura fungicida. La calefacción de que están dotadas algunas de las habitaciones, será preferiblemente seca, y en el caso de que así no lo sea, se recomienda evacuar directamente al exterior los productos de la combustión. En los locales con mayor humedad ambiente, cocinas, aseos y baños, el revestimiento es aconsejable que sea impermeable y deben estar dotados de una extracción de aire permanente, extracción que, en la cocina, es aconsejable que esté localizada en la zona de mayor producción de vapor y dotada de la campana correspondiente. En los cerramientos con puentes térmicos, se recomienda que la diferencia de temperaturas entre el ambiente interior y las diversas partes del cerramiento cumpla la relación:

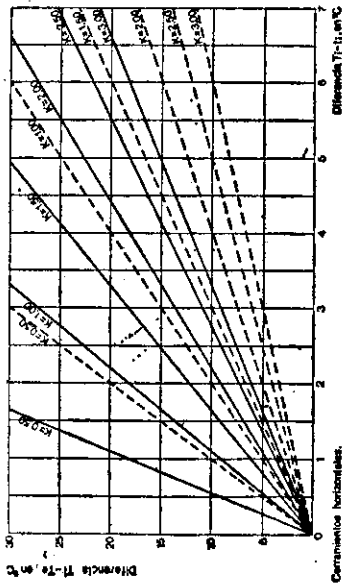
$$t_i - t_r \text{ min } \dots \dots \dots 1,5 \text{ en fachadas ligeras,} \\ t_i - t_r \text{ normal } \dots \dots \dots 2 \text{ en fachadas pesadas}$$

- siendo:
  - $t_i$  = temperatura ambiente interior.
  - $t_r$  = temperatura superficial interior, que será mínima en el puente térmico y normal en la parte normal del muro.
- A estos efectos se consideran fachadas ligeras aquellas cuyo peso por metro cuadrado es inferior a 200 kg, y fachadas pesadas al resto.

**4.7 Cálculo de condensaciones en el interior de los cerramientos**

El vapor de agua producido en el interior de un local aumenta la presión de vapor del aire ambiente y esto ocasiona una diferencia de presión de vapor entre los ambientes interno y externo en virtud de la cual se produce un proceso de difusión de vapor a través del elemento separador de los dos ambientes, desde el ambiente con más presión de vapor, generalmente el interior, hacia el ambiente con menos presión de vapor, generalmente el exterior. En este fenómeno de transporte de vapor a través del cerramiento, si en algún punto de su interior la presión de vapor es superior a la de saturación en ese punto, o dicho de otra forma, si la temperatura en ese punto es inferior a la de rocío del vapor en el mismo se producirá condensación de vapor de agua.

Por ejemplo, para una temperatura interior de 18°C, exterior de 0°C y un cerramiento vertical con  $K = 1,50$  kcal/h m<sup>2</sup> °C, la diferencia entre la temperatura del ambiente interior y la de la superficie interior del cerramiento será de 3,6°C.



De este valor podremos deducir el de  $t_r$ , que nos permite saber que no habrá condensaciones superficiales mientras se cumpla la condición:

Siendo  $t_r$  la temperatura o punto de rocío del ambiente interior a una temperatura  $T_i$  y humedad relativa  $H$  dadas.

El valor de  $t_r$  puede obtenerse en el abaco psicrométrico adjunto. Análogamente, para unos valores dados de  $t_i$  y  $T_i$  puede determinarse cuál es el valor de la humedad relativa  $H$  interior con la que se producirán condensaciones superficiales.

**4.4 Eliminación del riesgo de condensación superficial por renovación de aire**

La elevación de la humedad relativa en un local está limitada por la renovación del aire interior por aire con menor presión de vapor procedente del ambiente exterior o de otro local próximo. Si  $P_w$  y  $P_w'$  son, respectivamente, las presiones de vapor de agua interior y exterior,  $N$  el número de renovaciones horarias de aire, el producto  $(P_w - P_w')N$  la cantidad de vapor eliminada, en gr/m<sup>3</sup> por hora y por metro cúbico de local y  $V$  la cantidad de vapor de agua producida de una manera continua en el tiempo y en el espacio, es decir, en g/m<sup>3</sup> h, el riesgo de condensación se evitará cuando:

$$N > \frac{V}{P_w - P_w'} \text{ Renovaciones/hora}$$

Siendo  $P_w'$  menor o igual a la presión de vapor de saturación a la temperatura superficial interior  $t_i$ . La presión de vapor exterior  $P_w$  debe estimarse para los cálculos como la correspondiente a la temperatura mínima media del mes más frío con la humedad relativa del 95 %.

La presión de vapor interior  $P_w$  será la correspondiente a la temperatura interior de uso del local con una humedad relativa interior que no podrá ser superior al 75 %, excepto los locales húmedos como cocinas o baños donde eventualmente se admite que sea del 85 %. Cuando en el local exista un sistema de calefacción seca será suficiente para los cálculos estimar que la humedad relativa interior es del 60 %. Como orientación, a la producción líquida de vapor de agua, en una vivienda de tres dormitorios pueden darse 7 kg/día, correspondientes a las siguientes fuentes de emisión:

Fuente regular de emisión de vapor	Cantidad de vapor en kg/día
Cocinado	3
Baños y lavado	1
Actividad diurna	1,5
Sueño	1,5
Total	7

A estas fuentes regulares de emisión de vapor de agua pueden añadirse otras eventuales.

Al producirse el fenómeno de condensación existe un desprendimiento de calor. Esto, junto a la influencia de la cantidad del material, hace que la difusión sea un problema de bastante complejidad, no siempre gobernado por las leyes simples de la difusión de gases, lo que obliga, a efectos prácticos, a la introducción de la difusión de gases, a efectos prácticos, a la introducción de la difusión de gases en este campo se estudia de una manera análoga a la transmisión de calor en régimen permanente, es decir, en el proceso inicial de la condensación, cuando la cantidad de agua condensada sea tal que se considere que no ha habido lugar a fenómenos secundarios.

El cálculo para predecir si existirá o no condensaciones en el interior del cerramiento, puede abordarse de la siguiente manera.

- 1.º Calculando, analítica o gráficamente, la temperatura estructural del cerramiento según el método propuesto en el apartado 4.2.
- 2.º Calculando, analítica o gráficamente, la temperatura de roco correspondiente a todos los puntos del cerramiento desde sus superficies interior a la exterior.
- 3.º Comparando ambas temperaturas, en aquellos puntos en que la temperatura del cerramiento sea igual o inferior a la de roco podrán producirse condensaciones interfaciales.

Planteados anteriormente el cálculo de la temperatura estructural del cerramiento, se plantea en el 2.º punto el cálculo de la temperatura de roco a través del cerramiento. Para ello necesitaremos conocer la resistencia al vapor  $R_v$  de los materiales que constituyen el cerramiento.

Esta resistencia es el resultado de multiplicar su resistividad al vapor  $r_v$  por su espesor.

Los valores de resistividades al vapor  $r_v$ , o sus inversos: las permeabilidades al vapor  $d_v$ , se dan en la Tabla 4.2.

Conocida la diferencia de presiones de vapor entre los ambientes interior y exterior  $P_w - P_w'$ , la caída de dicha presión a través del cerramiento es directamente proporcional a la resistencia al vapor del mismo. En un cerramiento formado por varias hojas o capas con distintos valores de resistencia al vapor, la caída de presión en cada hoja es análogamente proporcional a la resistencia de dicha hoja.

Puede establecerse así que:

$$\Delta P_w = (P_w - P_w') \frac{R_{v,n}}{R_{v,T}} = (P_w - P_w') \frac{e_n \cdot r_{v,n}}{R_{v,T}}$$

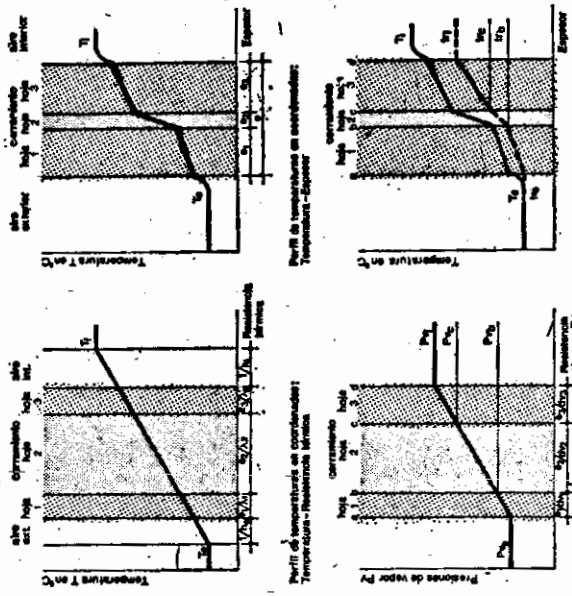
siendo:

- $\Delta P_w$  caída de presión de vapor en la hoja  $n$ , en mbar.
- $P_w$  presión de vapor del aire interior, en mbar.
- $P_w'$  presión de vapor del aire exterior, en mbar.
- $R_{v,n}$  resistencia al vapor de la hoja  $n$ , en  $\text{MN s/g}$  o  $\text{mmHg m}^2 \text{ dia/g}$ .
- $e_n$  espesor de la capa  $n$ , en m.
- $r_{v,n}$  resistividad al vapor de la capa  $n$ , en  $\text{MN s/g m}$  o  $\text{mmHg m}^2 \text{ dia/g cm}$ .
- $R_{v,T}$  resistencia al vapor total del cerramiento en  $\text{MN s/g}$  o  $\text{mmHg m}^2 \text{ dia/g}$ .

Conocidos punto a punto las presiones de vapor correspondientes al cerramiento es posible por medio del abaco psicrométrico o de la tabla de presiones de saturación conocer la temperatura de roco de cada punto.

Esta temperatura de roco comparada con la estructural nos permitirá conocer punto a punto, de modo analítico o gráfico si es en todo momento interior a la saturación, con lo cual no existirá riesgo de condensaciones. En caso contrario podremos determinar en qué parte del cerramiento pueden producirse éstas. Este cálculo permite tomar las decisiones que tiendan a evitarlo como inclusión de barreras de vapor, nueva ordenación de las hojas, aumento del espesor del aislamiento, etc.

Gráficamente, este cálculo puede llevarse a las figuras siguientes en las que a título de ejemplo se ha dispuesto un cerramiento con tres hojas de materiales y espesores diferentes.



Perfiles de presiones de vapor en coordenadas: Presiones de vapor; Resistencia al vapor

Perfiles de temperaturas en coordenadas: Temperaturas en °C

4.8 Prevención de condensaciones en el interior de los cerramientos

En los cerramientos en los que se incluya un material aislante debe comprobarse que no existan condensaciones en el aislamiento. En el caso de que el cerramiento sea una cubierta, se comprobará que no existe condensación en la misma, si bien se podrán admitir condensaciones cuando éstas no perjudiquen al material donde se forman y además puedan ser evacuadas al exterior sin que mojen por transmisión o goteo al material aislante o pueda penetrar en el interior de los locales.

En cerramientos verticales de dos hojas en los que la cámara pueda ir rellena total o parcialmente con el aislamiento se tomarán medidas para lograr que el aislamiento no absorba humedad, como no poner en contacto con la pared exterior el aislamiento, cuando exista la posibilidad de que el agua de lluvia pueda llegar hasta él. Para ello, existirá al menos un centímetro de distancia entre el aislamiento y la hoja exterior, y ésta tendrá los dispositivos de evacuación necesarios para evitar embalsamientos de agua. A título de recomendación pueden existir orificios de evacuación con pendiente hacia el exterior, con un diámetro no inferior a 10 mm, y protegidos suficientemente para que no deseen penetrar en el interior de la cámara el agua de lluvia acompañada de presión de viento.

Otra recomendación para evitar la condensación intersticial en cerramientos puede ser el empleo de barreras de vapor que aumentan la resistencia al paso del vapor en la parte caliente de los cerramientos. En ningún caso deberán colocarse en la parte fría. También puede conseguirse este efecto disminuyendo la resistencia al vapor en la parte fría del cerramiento, que en el caso de muros puede conseguirse, como se dijo anteriormente, con la pequeña ventilación por medio de orificios en el caso de muros o cubiertas con cámara. En muros con cámara de aire suelen presentarse condensaciones de vapor de agua preferentemente en el lado frío de la cámara. En cuanto a los acabados interiores absorbentes, éstos hacen posible la absorción del agua de condensación que eventualmente se pueda tolerar, evaporándola al medio ambiente en los momentos de sequedad.

En el abaco psicrométrico adjunto se muestra la interdependencia de la humedad relativa, en la escala a la izquierda, la temperatura seca en la escala horizontal, y la masa de vapor de agua por masa de aire seco con su equivalencia en presión de vapor, en mbar, en la escala de la derecha.

4.9 Abaco psicrométrico y tabla de presiones de vapor

A título de ejemplo, para aclarar su utilización, puede decirse que si la temperatura seca exterior del aire es 0°C y el aire contiene 3.4 g/kg de aire seco, la humedad relativa es del 80 %, y exista una presión de vapor de 5.4 mbar. Esta puede ser una típica condición del aire en invierno. En el diagrama es el punto A. Este mismo aire, con la misma cantidad de agua por masa de aire seco, calentado a 20°C pasa a tener una humedad relativa del 23 %, lo cual nos demuestra lo que sucede cuando introducimos este aire exterior para ventilación y lo calentamos. En el diagrama es el punto B. Si a este aire le aportamos 7 g/kg como resultados de actividades normales en un edificio, a la misma temperatura, su humedad relativa ascenderá al 70 % con una presión de vapor de 16.5 mbar, y un contenido de 10.4 g/kg. En el diagrama es el punto C. Finalmente, podemos ver que este mismo aire para alcanzar la saturación tendrá que bajar al menos su temperatura a 14.5°C.

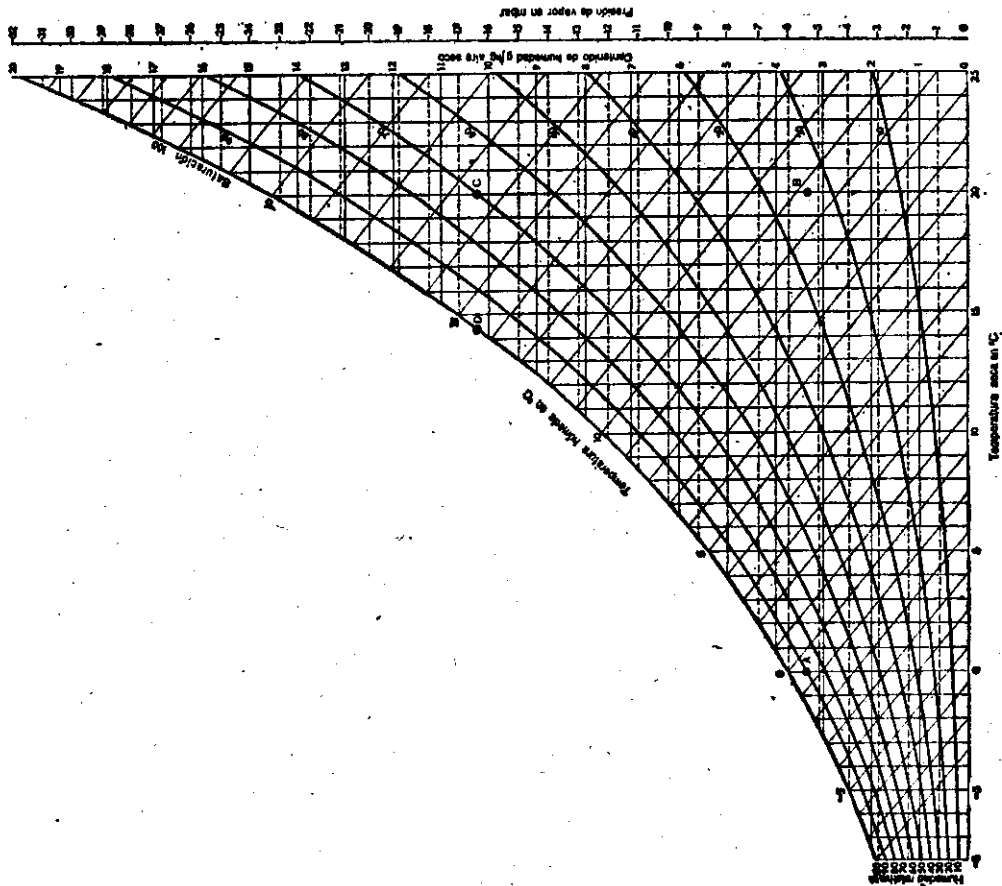


Tabla 4.1

Temperatura °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
+25	31.68	31.86	32.05	32.24	32.44	32.62	32.82	33.01	33.21	33.41
+24	29.84	30.01	30.20	30.38	30.56	30.74	30.93	31.12	31.30	31.49
+23	28.09	28.26	28.42	28.60	28.77	28.94	29.13	29.30	29.84	29.65
+22	26.57	26.60	26.76	26.92	27.09	27.25	27.42	27.58	27.76	27.92
+21	24.86	25.02	25.17	25.33	25.48	25.64	25.80	25.96	26.12	26.28
+20	23.38	23.52	23.66	23.81	23.96	24.10	24.26	24.41	24.56	24.72
+19	21.97	22.10	22.24	22.38	22.52	22.66	22.80	22.94	23.09	23.24
+18	20.64	20.76	20.89	21.02	21.16	21.29	21.42	21.56	21.69	21.82
+17	19.37	19.49	19.61	19.74	19.86	20.00	20.13	20.25	20.37	20.50
+16	18.17	18.29	18.41	18.53	18.65	18.77	18.89	19.01	19.13	19.25
+15	17.05	17.16	17.27	17.39	17.49	17.60	17.72	17.83	17.95	18.07
+14	15.99	16.08	16.19	16.29	16.40	16.51	16.61	16.72	16.83	16.95
+13	14.97	15.07	15.17	15.27	15.37	15.47	15.57	15.68	15.77	15.88
+12	14.03	14.12	14.21	14.31	14.40	14.49	14.59	14.68	14.77	14.86
+11	13.12	13.21	13.31	13.39	13.48	13.57	13.65	13.75	13.84	13.93
+10	12.28	12.46	12.64	12.82	12.99	13.17	13.35	13.52	13.69	13.86
+9	11.48	11.56	11.64	11.72	11.79	11.87	11.95	12.03	12.12	12.20
+8	10.72	10.80	10.87	10.95	11.03	11.09	11.17	11.25	11.32	11.40
+7	10.01	10.08	10.16	10.23	10.29	10.36	10.44	10.51	10.59	10.65
+6	9.35	9.41	9.48	9.55	9.61	9.68	9.75	9.81	9.88	9.95
+5	8.72	8.79	8.84	8.91	8.97	9.03	9.09	9.16	9.23	9.28
+4	8.13	8.19	8.25	8.31	8.36	8.43	8.48	8.55	8.60	8.67
+3	7.57	7.63	7.68	7.75	7.80	7.85	7.91	7.96	8.01	8.08
+2	7.05	7.11	7.16	7.21	7.27	7.32	7.36	7.41	7.47	7.52
+1	6.57	6.61	6.67	6.72	6.76	6.81	6.85	6.81	6.96	7.01
0	6.11	6.15	6.20	6.24	6.28	6.33	6.37	6.43	6.47	6.52
-1	6.11	6.05	6.00	5.96	5.91	5.87	5.81	5.76	5.72	5.67
-2	5.63	5.57	5.53	5.48	5.44	5.39	5.35	5.31	5.25	5.21
-3	5.17	5.13	5.08	5.04	5.00	4.96	4.92	4.88	4.84	4.80
-4	4.76	4.72	4.68	4.64	4.60	4.56	4.52	4.48	4.44	4.40
-5	4.37	4.33	4.29	4.25	4.23	4.19	4.15	4.12	4.08	4.04
-6	4.01	3.97	3.95	3.91	3.88	3.84	3.81	3.77	3.75	3.71
-7	3.68	3.65	3.61	3.59	3.56	3.52	3.49	3.47	3.44	3.40
-8	3.37	3.35	3.32	3.29	3.27	3.25	3.20	3.17	3.15	3.12
-9	3.09	3.07	3.04	3.01	2.98	2.96	2.93	2.91	2.88	2.85
-10	2.83	2.81	2.79	2.76	2.73	2.71	2.68	2.67	2.64	2.61
-11	2.60	2.57	2.55	2.52	2.51	2.48	2.45	2.44	2.41	2.40

Presión de saturación P<sub>s</sub> en mbar del vapor de agua a temperaturas secas entre -25°C y -10°C.

4.10 Permeabilidad al vapor de materiales empleados en cerramientos

Los datos que aparecen en estas tablas de algunos materiales utilizables en cerramientos son valores típicos indicativos para los cálculos que se precisan en esta Norma. Pueden tomarse valores más estrictos cuando el material disponga de datos analizados por Marca o Sello de Calidad y en su defecto se disponga de ensayos realizados en los últimos dos años por laboratorios oficiales. Los valores aparecen en unidades tradicionales y entre paréntesis en el Sistema Internacional S.I. Los valores de las tablas se dan a efectos de facilitar los cálculos, en forma de resistencias y resistencias al vapor, es decir, los valores inversos de la permeabilidad y permiancia respectivamente, que suelen ser los datos ofrecidos por los fabricantes.

**Anexo 5: Condiciones de los materiales**

Este apartado se refiere a los materiales cuyo empleo básico es contribuir al aislamiento térmico de los cerramientos, que se exige en esta Norma. El fabricante dará los valores de las características higrotérmicas que a continuación se señalan en el Sistema Internacional de Medidas, y en el sistema tradicional.

**5.1.1 Conductividad térmica**  
Propiedad ya definida en el Anexo 1. Es la principal característica que se debe dar de un material aislante, y debe darse con el procedimiento o método de ensayo que en cada caso establezca la Comisión de Normas UNE correspondiente. Para materiales aislantes comercializados en espesores fijos y determinados, además de su conductividad térmica, podrá indicarse la resistencia térmica correspondiente a tales espesores.

**5.1.2 Densidad aparente**  
Es la relación entre el peso de la muestra en gramos y su volumen aparente en centímetros cúbicos, o bien en kg/m<sup>3</sup>. El fabricante indicará la densidad aparente de cada uno de los tipos de productos fabricados, relacionándolos con la conductividad térmica en cada tipo diferente, y con su resistencia térmica, en materiales comercializados en espesores determinados.

**5.1.3 Permeabilidad al vapor de agua**  
Es la cantidad de vapor de agua que se transmite a través de un material de espesor dado por unidad de área, unidad de tiempo y de diferencia de presión parcial de vapor de agua. Normalmente se expresa en g cm/m<sup>2</sup> mmHg día o g m/MN s en el S.I.  
Teniendo en cuenta la importancia que el contenido de humedad de un material aislante tiene en otras propiedades como la conductividad térmica y la densidad, esta propiedad deberá indicarse en los materiales aislantes, para cada tipo, con indicación del método de ensayo que para cada tipo de material establezca la Comisión de Normas UNE correspondiente.  
También podrá darse su valor inverso, que es la resistencia al vapor. Para materiales aislantes comercializados en espesores fijos y determinados se podrá dar asimismo su resistencia a la difusión al vapor en g/m<sup>2</sup> mmHg día o g/MN s en el S.I., o su inversa la permeancia.  
En materiales compuestos que lleven incorporada una lámina o barrera contra el vapor se deberá dar el valor de la resistencia al vapor o permeancia del conjunto, debiendo tenerse en cuenta que tal resistencia es la propia del material sin incluir las juntas que eventualmente pueda tener el aislamiento.

**5.1.4 Absorción de agua por volumen**  
Esta propiedad, íntimamente ligada a la conductividad térmica y densidad, se define por el peso de agua que absorbe una probeta de un material aislante sumergido en agua, durante un tiempo determinado y a una temperatura especificada. También podrá indicarse en peso o en porcentaje sobre el peso de la probeta tipo.

**5.1.5 Otras propiedades**  
El fabricante indicará además otras propiedades que puedan interesar en función del empleo y condiciones, en que se vaya a colocar el material aislante, como:  
— Resistencia a la flexión.  
— Envejecimiento ante la humedad, el calor y las radiaciones.  
— Deformación bajo carga (módulo de elasticidad).  
— Coeficiente de dilatación lineal.  
— Comportamiento frente a parásitos.  
— Comportamiento frente al fuego.

**5.1.6 Presentación, medidas y tolerancias**  
Los materiales aislantes, en sus distintas formas de presentación, se expedirán en embalajes que garanticen su transporte delictorio hasta su destino, debiendo

**5.1 Condiciones básicas exigidas a los materiales empleados para aislamiento térmico**

Materiales	Resistencia al vapor (1) MN s/g m	Resistencia al vapor (1) mmHg m <sup>2</sup> día/g cm
Aire en reposo (cámaras)	5,5	0,004
Aire en movimiento (cámaras ventiladas)	0	0
Fábrica de ladrillo macizo	55	0,048
Fábrica de ladrillo perforado	36	0,031
Fábrica de ladrillo hueco	30	0,026
Fábrica de piedra natural	150-450	0,13-0,39
Enlucidos y revocos	100	0,087
Enlucidos de yeso	60	0,052
Placas de anidato-cemento	1,6-3,5	0,001-0,003
Hormigón con áridos normales o ligeros	30-100	0,026-0,086
Hormigón aireado con espumantes	20	0,017
Hormigón celular curado al vapor	77	0,06
Madera	45-75	0,039-0,065
Tablero aglomerado de partículas	15-80	0,013-0,052
Contrachapado de madera	1500-6000	1,30-5,20
Hormigón con fibra de madera	15-40	0,013-0,035
Cartón-yeso, en placas	45-60	0,039-0,052
<b>ASLANTES TÉRMICOS</b>		
Aglomerado de porcho UNE 56.904	92	0,08
Espuma elastomérica	48000	41,6
Fibra de vidrio (2)	9	0,007
Lana mineral: Tipos I y II	9,6	0,008
Tipos III, IV y V	10,5	0,009
Perita expandida	0	0
Poliestireno expandido UNE 53.310:		
Tipo I	138	0,12
Tipo II	161	0,14
Tipo III	173	0,15
Tipo IV	207	0,18
Tipo V	253	0,22
Poliestireno extrusionado	523-1047	0,45-0,90
Poliisocianurato	9600	8,33
Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de	77	0,06
Tipo I	96	0,083
Tipo II	127	0,111
Tipo III	161	0,142
Tipo IV	184	0,166
Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de:		
Tipo I	76	0,066
Tipo II	82	0,071
Urea formaldehído, espuma de	20-30	0,017-0,026

(1) Es el inverso de la permeabilidad al vapor óv.  
(2) Cualquier tipo se incluir protecciones adicionales que pudieran constituir barreras de vapor.

**Tabla 4.2 Resistencias al vapor de agua**

**Tabla 4.2 Resistencias al vapor de agua**

Materiales en forma de lámbas (1)	Resistencia al vapor (2) MN s/g	Resistencia al vapor (2) mmHg m <sup>2</sup> día/g cm
Hoja de aluminio de 8 micras	4000	347
Lámina de polietileno de 0,05 mm	103	9
Lámina de polietileno de 0,10 mm	230	20
Lámina de poliestere de 25 micras	24	2,08
Papel Kraft con oxisulfato	9,7	0,84
Papel Kraft	0,43	0,037
Pintura al esmalte	7,5-40	0,65-3,48
Papel vinílico de revestimiento	5-10	0,43-0,86

(1) Pueden considerarse como barreras de vapor aquellos materiales laminares cuya resistencia al vapor sea comprendida entre 10 y 200 MN s/g (0,86 y 20 mmHg m<sup>2</sup> día/g).  
(2) Es el inverso de la permeabilidad al vapor.

- Ensayo de permeabilidad al aire de ventanas**  
 UNE 7-405-76 Métodos de ensayo de ventanas. Ensayo de permeabilidad al aire (concorda con la EN 42).  
 UNE 85-205-78 Métodos de ensayo de ventanas. Presentación del informe de ensayo (concorda con la EN 76).
- Ensayo de absorción de agua por volumen**  
 UNE 53-028 Materiales plásticos. Determinación de la absorción de agua.
- Otras Normas de ensayo para materiales aislantes térmicos**  
 UNE 53-029 Materiales plásticos. Determinación de la resistencia química.  
 UNE 53-126 Materiales plásticos. Coeficiente de dilatación lineal.  
 UNE 53-127 Ininflamabilidad de las espumas y láminas de plástico.  
 UNE 53-181 Materiales plásticos. Espumas flexibles de poliuretano. Determinación de la deformación remanente.  
 UNE 53-182 Materiales plásticos. Espumas flexibles de poliuretano. Determinación de la resistencia a la compresión.  
 UNE 53-205 Materiales plásticos. Materiales celulares rígidos. Determinación de la resistencia a la compresión.  
 UNE 53-310-78 Materiales plásticos. Espumas de poliestireno expandido utilizadas como aislantes térmicos en habitáculos y en instalaciones isotérmicas y frigoríficas. Características y ensayos.  
 UNE 53-351-78 Plásticos. Espumas rígidas de poliuretano utilizadas como aislantes térmicos en habitáculos y en instalaciones isotérmicas y frigoríficas. Características y métodos de ensayo.  
 UNE 56-904-76 Aglomerado expandido puro de corcho para aislamiento térmico. Placas. Características, muestreo y embalaje.  
 UNE 56-905-74 Aglomerado expandido puro de corcho para aislamiento térmico. Placas. Determinación de dimensiones.  
 UNE 58-908-74 Aglomerado expandido puro de corcho para aislamiento térmico. Placas. Determinación de la densidad aparente.  
 UNE 58-907-74 Aglomerado expandido puro de corcho para aislamiento térmico. Placas. Determinación de la resistencia a la rotura por flexión.  
 UNE 56-908-74 Aglomerado expandido puro de corcho para aislamiento térmico. Placas. Determinación del comportamiento en agua hirviendo.  
 UNE 56-909-74 Aglomerado expandido puro de corcho para aislamiento térmico. Placas. Determinación del contenido de humedad.  
 UNE 56-910-74 Aglomerado expandido puro de corcho para aislamiento térmico. Placas. Determinación de la deformación bajo presión constante.

indicarse en el etiquetado las características señaladas en los apartados 5.1.1 al 5.1.4, incluidos ambos.  
 Asimismo, el fabricante indicará en la documentación técnica de sus productos las dimensiones y tolerancias de los mismos.  
 Para los materiales fabricados «in situ» se darán las instrucciones correspondientes para su correcta ejecución, que deberá correr a cargo de personal especializado, de modo que se garanticen las propiedades enunciadas por el fabricante.

#### 5.1.7 Señales de las características

El fabricante garantizará las características técnicas básicas señaladas anteriormente.  
 Esta garantía se materializará mediante las etiquetas o marcas que preceptivamente deben llevar los productos según el epígrafe anterior.  
 El consumidor puede, a costa suya, encargar a un laboratorio que realice ensayos o análisis de comprobación y extienda el correspondiente certificado de los resultados obtenidos.

#### 5.2.1 Suministro de los materiales aislantes

Las condiciones de suministro de los productos serán objeto de convenio entre el consumidor y el fabricante, ajustado a las condiciones particulares que figuren en el proyecto de ejecución.  
 Los fabricantes, para ofrecer la garantía de las características mínimas exigidas anteriormente de sus productos, realizarán los ensayos y controles que aseguren el autocontrol de su producción.  
 Los ensayos de recepción, que según indica el apartado 5.1.7 el consumidor puede encargarse de cada partida, se realizarán dividiendo la partida en unidades de inspección, de acuerdo con los apartados 5.2.2 y siguientes.

#### 5.2.2 Materiales con Sello o Marca de Calidad

Los materiales que vengán avalados por Sellos o Marcas de Calidad deberán tener la garantía por parte del fabricante del cumplimiento de los requisitos y características mínimas exigidas en esta Norma, por lo que podrá realizarse su recepción sin necesidad de efectuar comprobaciones o ensayos.

#### 5.2.3 Composición de las unidades de inspección

Las unidades de inspección estarán formadas por materiales aislantes del mismo tipo y proceso de fabricación, con el mismo espesor en el caso de los que tengan forma de placa o manila. La superficie de cada unidad de inspección, salvo acuerdo en contrario, la fijará el consumidor.

#### 5.2.6 Toma de muestras

Las muestras para preparación de las probetas utilizadas en los ensayos se tomarán de productos de la unidad de inspección sacados al azar.  
 La forma y dimensiones de las probetas serán las que señale para cada tipo de material la Norma de ensayo correspondiente.

#### 5.2.6 Normas de ensayo

Las Normas UNE que a continuación se indican se emplearán para la realización de los ensayos correspondientes. Asimismo, se emplearán en su caso las normas UNE que la Comisión Técnica de Aislamiento Térmico del IRANOR redacta con posterioridad a la publicación de esta NBE.

#### Ensayo de conductividad térmica

UNE 53-037-76 Materiales plásticos. Determinación de la conductividad térmica de materiales celulares, con el aparato de placas.

#### Ensayo de densidad aparente

UNE 53-144 Materiales plásticos. Espumas flexibles de poliuretano. Determinación de la densidad aparente.  
 UNE 53-215 Materiales plásticos. Determinación de la densidad aparente.  
 UNE 56-906-74 Aglomerado expandido puro de corcho para aislamiento térmico. Placas. Determinación de la densidad aparente.

#### Ensayo de permeabilidad al vapor de agua

UNE 53-312 Materiales plásticos. Materiales celulares rígidos. Permeabilidad al vapor de agua de materiales aislantes térmicos.

### 5.2 Control, recepción y ensayos de materiales aislantes

**Anexo 6: Recomendaciones**

**6.1 Condiciones térmicas de verano para edificios con aire acondicionado**

**6.1.1 Ambito de aplicación**

Esta recomendación se establece para los edificios cuya potencia total instalada de refrigeración sea superior a 50 kW, y exclusivamente para el cerramiento de la zona o parte del edificio que esté climatizada.

**6.1.2 Ganancias de calor permitidas en cubiertas**

Para cualquier latitud el coeficiente máximo de transmisión de las cubiertas será el que se indica en la siguiente tabla.

Valor máximo de K en kcal/h m<sup>2</sup> °C (W/m<sup>2</sup> °C)

**Tipo de cubierta**

- Ventilada 1
- Ligera no ventilada 0,6
- Pesada no ventilada 0,8

El cumplimiento de esta recomendación no exime del cumplimiento de los requisitos obligatorios que se establecen en el artículo de la Norma cuando estos sean más estrictos.

**6.1.3 Ganancia total de calor permitida en cerramientos verticales**

Los valores máximos admisibles de la ganancia de calor Q por unidad de superficie no serán superiores a los señalados en la fórmula siguiente dada en función de la latitud norte L, en grados del lugar donde se ubique el edificio.

$$Q_{max} = 0,76 L + 60,4 \text{ en kcal/h m}^2$$

Por ejemplo, un edificio con latitud 40°N no deberá tener unas ganancias totales de calor superiores a 90,8 kcal/h m<sup>2</sup> (105,6 W/m<sup>2</sup>).

La ganancia total de calor de un edificio se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{\sum K_w \cdot S_w \cdot \Delta T_w + \sum K_v \cdot S_v \cdot \Delta T_v}{\sum (S_w + S_v)}$$

Donde:

**K<sub>w</sub>** es el coeficiente de transmisión de calor del muro opaco, en kcal/h m<sup>2</sup> °C (W/m<sup>2</sup> °C).

**K<sub>v</sub>** es el coeficiente de transmisión de calor de los huecos acristalados, ventanas y puertas, en kcal/h m<sup>2</sup> °C (W/m<sup>2</sup> °C).

**S<sub>w</sub>** es la superficie de muro opaco, en m<sup>2</sup>.

**S<sub>v</sub>** es la superficie de huecos acristalados, en m<sup>2</sup>.

**ΔT<sub>w</sub>** es la diferencia equivalente de temperatura que toma el valor 24°C para fachadas ligeras de < 200 kg/m<sup>2</sup> y el valor de 15°C para fachadas pesadas de ≥ 200 kg/m<sup>2</sup>.

**ΔT<sub>v</sub>** es la diferencia de temperaturas secas, exterior e interior, estimadas en el cálculo del acondicionamiento, en °C.

**f** es la intensidad de la radiación directa que incide en la fachada, según la fórmula siguiente:

$$f = 5,8 L + 112 \text{ en kcal/h m}^2$$

$$f = 6,7 L + 130 \text{ en W/m}^2$$

donde L es la latitud norte en grados del lugar donde esté el edificio, es el factor de reducción solar debido al tipo de vidrio empleado en el acristalamiento y que puede tomarse de la Tabla 6.2.

**F<sub>s</sub>** es el factor de protección solar debido al tipo de protección solar utilizado y que puede tomarse de la Tabla 6.3.

**Tabla 6.2**

Tipo de acristalamiento	Espesor en mm	Factor de transmisión energética	Factor solar F <sub>s</sub>
Sencillo: Vidrio sencillo	3	0,87	0,88
	6	0,82	0,85
Luna incolora	8	0,78	0,83
	10	0,76	0,82
Luna color rosa	6	0,74	0,80
	8	0,64	0,73
Luna color gris	6	0,49	0,64
	10	0,33	0,54
Luna color verde	6	0,44	0,62
	10	0,32	0,53
Luna color bronce	6	0,47	0,64
	10	0,31	0,52
Luna reflectante	—	0,21 a 0,59	0,38 a 0,69
Doble: Lunas incoloras	6 + 6	0,67	0,73
	8 + 8	0,63	0,70
	10 + 8	0,61	0,68
Lunas color bronce + incolora	6 + 6	0,39	0,51
	8 + 8	0,24	0,37
Lunas color gris + incolora	6 + 6	0,40	0,52
	8 + 8	0,26	0,41
Lunas color verde + incolora	6 + 6	0,38	0,50
	8 + 8	0,28	0,39
Reflectante	—	0,17 a 0,49	0,27 a 0,55

**Tabla 6.3**

Tipo de protección solar	Ambiente	Factor de protección solar F <sub>s</sub>
Todo exterior móvil	Oscuro	0,35
Persiana inferior enrollable completamente cerrada	Claro	0,40
	Medio	0,60
	Oscuro	0,80
Persiana inferior enrollable medio cerrada	Claro	0,70
	Medio	0,90
	Oscuro	0,45
Persiana Veneciana Interior con láminas a 45°	Reflector	0,65
	Medio	0,75
	Oscuro	0,50-0,35
Persiana exterior	Oscuro	0,50-0,35

**6.2 Aislamiento entre viviendas de un mismo edificio**

Es recomendable que los elementos horizontales o verticales de separación entre viviendas o locales de un mismo edificio cuando estén calefaccionados por unidades móviles, por instalaciones unitarias, individuales y centralizadas con contadores individuales de calor, tengan el valor máximo de coeficiente de transmisión de calor K que se indica en la Tabla 2 del artículo 5.º de la Norma para cerramientos con locales no calefaccionados.

Este es el caso frecuente de edificios de viviendas con locales comerciales o de servicios en planta baja que disponen de diferente sistema de calefacción que el resto del edificio.

**6.3 Aislamiento térmico en edificaciones existentes**

El aislamiento térmico en edificación existente puede cumplir los objetivos de ahorro de energía, de aumento del confort térmico y de corrección o supresión de problemas de puentes térmicos o de condensaciones.

No pudiendo darse unas reglas fijas sobre los sistemas de aislamiento térmico en elementos constructivos diversos, se dan a continuación, sin embargo algunas soluciones constructivas sobre los elementos más frecuentes de la edificación, indicando sus ventajas e inconvenientes, lo que en cada caso servirá para elegir la solución técnico-económica más adecuada.

Elemento	Solución	Ventajas e inconvenientes
Forjado sobre cámara.	Reducción del número y superficie de los orificios de ventilación, sin eliminar totalmente la ventilación.	<b>Ventajas:</b> Solución factible. <b>Inconvenientes:</b> Limitación de las posibilidades de eliminación de la humedad, pudiendo ocasionarse problemas de condensaciones, si la ventilación se disminuye demasiado.
Forjado sobre intermedio o espacios muy ventilados.	Fijación de panel aislante rígido adherido por la cara exterior con o sin acabado incorporado.	<b>Ventajas:</b> Supresión de puentes térmicos. <b>Inconvenientes:</b> Precisa nuevo acabado si no lo lleva el aislante.
Fachada opaca formada por muro, cámara y tabique.	Solución	<b>Ventajas e inconvenientes</b> <b>Ventajas:</b> No se precisan andamios. No se modifica el aspecto exterior del edificio. Puede realizarse en todos los edificios independientemente de los detalles de fachada. <b>Inconvenientes:</b> Molestias a los ocupantes del edificio y eventual desajuste de los mismos. Trabajos importantes de reposición, como falsos techos, suelo, revestimientos, instalaciones eléctricas y de calefacción.
Cámara con relleno de cámara con aislante en espuma inyectable.	Solución B: Relleno de la cámara con aislante en espuma inyectable.	<b>Ventajas:</b> Facilidad de ejecución sin andamiaje. Conservación del aspecto exterior de la fachada. Trabajos mínimos de reposición al estado original. <b>Inconvenientes:</b> Imposibilidad de controlar eficazmente la expansión de la espuma debido a la frecuencia con que las cámaras tienen interrupciones. No utilizable cuando la cámara tenga como fin la ventilación del muro.
Fachada opaca formada por un muro de una: hoja de ladrillo, bloques, hormigón, etc.	Solución C: Aislamiento exterior con placas de aislante rígido y posterior revestimiento de acabado.	<b>Ventajas:</b> Supresión de puentes térmicos y de fisuras en revocos antiguos. Protección eficaz de las estructuras de la intemperie. Cooperación en la estanqueidad de la fachada. <b>Inconvenientes:</b> Precisa andamiajes completos. Puede modificarse el aspecto exterior de la fachada. De difícil ejecución según la importancia de los entrantes y salientes de la fachada.

### Cerramientos verticales o inclinados más de 60° con la horizontal

No puede olvidarse que el ahorro de energía del cual el aislamiento térmico es parte muy importante, no puede tratarse únicamente desde este punto de vista, olvidando que los sistemas de calefacción, incluida su regulación, deben ser equilibrados a las nuevas condiciones térmicas del edificio. Algunas de estas soluciones además pueden servir para el diseño del aislamiento en proyectos de nueva planta.

### Cerramientos horizontales o inclinados menos de 60° con la horizontal

Elemento	Solución	Ventajas e inconvenientes
Forjado de cubierta horizontal.	<b>Solución A:</b> Aislamiento con placas de material aislante rígido resistente a compresión encima de la impermeabilización existente, con protección mecánica como grava. Es la denominada cubierta invertida.	<b>Ventajas:</b> Se mejora el aislamiento térmico sin tener que hacer una nueva impermeabilización. La impermeabilización sufre menos choques térmicos. <b>Inconvenientes:</b> El agua de lluvia puede infiltrarse bajo el aislamiento con riesgo de disminución de su eficacia si éste es absorbente de la humedad. Aumenta la carga sobre la cubierta al precisarse protección pesada que impida flotar al aislante, más ligero que el agua.
<b>Solución B:</b> Aislamiento con placas de aislante rígidas y no compresibles y nueva impermeabilización.	<b>Solución B:</b> Esta operación puede realizarse cuando se precisa reparar totalmente una impermeabilización.	<b>Ventajas:</b> Esta operación puede realizarse cuando se precisa reparar totalmente una impermeabilización.
Cubierta inclinada formada por forjado horizontal, cámaras y tabiques, con tablero y elemento de cobertura.	Colocación de mantas o material a granel sobre el forjado en el espacio entre tabiques.	<b>Ventajas:</b> Economía y facilidad de colocación. Puede realizarse la operación cuando vaya a repararse el tejado.
Cubierta inclinada sobre forjado inclinado.	<b>Solución A:</b> Colocación de paneles rígidos adheridos por el interior, o fijados sobre resacas o patines.	<b>Ventajas:</b> Economía y mejora del confort apreciables, permitiendo hacer habitables desventajas. <b>Inconvenientes:</b> Pérdida del volumen y altura habitable, y en desventajas ya habitados trabajos importantes de reposición de acabados y de instalaciones, además de las eventuales molestias a los ocupantes.
<b>Solución B:</b> Colocación de paneles rígidos o mantas sobre el forjado bajo los elementos de cobertura normalmente de piezas solapadas como tejas, pizarras, etc.	<b>Solución B:</b> No existen estorbos en el interior al realizarse todos los trabajos al exterior, suministrándose además los puentes térmicos. Puede realizarse cuando se precise reparar gran parte de la cubierta.	<b>Ventajas:</b> No existen estorbos en el interior al realizarse todos los trabajos al exterior, suministrándose además los puentes térmicos. Puede realizarse cuando se precise reparar gran parte de la cubierta.
<b>Solución C:</b> Se precisa desmontar totalmente la cubierta y volver a montarla con necesidad de fijar rastreles o elementos que encuadren el aislante y algún elemento para reparo del peso del material de cobertura y de las cargas de uso.	<b>Solución C:</b> Se precisa desmontar totalmente la cubierta y volver a montarla con necesidad de fijar rastreles o elementos que encuadren el aislante y algún elemento para reparo del peso del material de cobertura y de las cargas de uso.	<b>Inconvenientes:</b> Se precisa desmontar totalmente la cubierta y volver a montarla con necesidad de fijar rastreles o elementos que encuadren el aislante y algún elemento para reparo del peso del material de cobertura y de las cargas de uso.

Elemento constructivo	Sistema de fabricación Prefabricado	Materiales básicos	Rígido	Forma de presentación
Cubiertas Elemento constructivo Cubierta plana Con cámara de aire Asiamiento sobre faldón Faldón Asiante Asiamiento en la cámara Forjado Asiante Asiamiento bajo forjado	* * * * *	* * * * *	* * * * *	* * * * *
Sin cámara de aire Asiamiento sobre faldón Faldón Asiante de espesor uniforme Faldón Asiante de espesor variable Asiamiento sobre el forjado Forjado Asiante Asiamiento bajo forjado Cubierta invertida	* * * * * * * * * * * *	* * * * * * * * * * * *	* * * * * * * * * * * *	* * * * * * * * * * * *
Cubierta inclinada Con cámara de aire Asiamiento sobre faldón Asiamiento en la cámara Forjado Asiante Asiamiento bajo forjado	* * * * * * *	* * * * * * *	* * * * * * *	* * * * * * *
Sin cámara de aire Asiamiento sobre el forjado Forjado Asiante Asiamiento bajo forjado	* * * * *	* * * * *	* * * * *	* * * * *

**Elemento Ventanas.**

**Ventajas e inconvenientes**

**Solución A:** Sustitución del vidrio simple por doble acristalamiento con cámara.

**Ventajas:** Aumenta el aislamiento acústico además del térmico. Limpieza idéntica al simple acristalamiento.

**Inconvenientes:** Las carpinterías no siempre pueden soportar el peso adicional del nuevo acristalamiento, o bien no pueden instalarse en paños pequeños. Inutilización de los acristalamientos anteriores.

**Solución B:** Instalación de dobles ventanas al interior o exterior con cámara sin influencia de su espesor.

**Ventajas:** Mejor aislamiento térmico y acústico que en la solución anterior.

**Inconvenientes:** Gastos importantes en la adquisición de las nuevas ventanas y en su colocación, que precisa trabajos de albanilería y acabados. Molestias eventuales a los ocupantes del edificio si la colocación es por el interior.

**6.4 Recomendaciones para el empleo de materiales aislantes en los elementos constructivos**

Se dan en este apartado unas recomendaciones generales sobre la adecuación a algunas soluciones constructivas de determinados materiales aislantes, acabados, o bien producidos *in situ*; por su naturaleza física, entendiéndose como aislantes básicos aquellos cuya función primordial es la del aislamiento térmico, y como aislantes constructivos aquellos otros que forman parte de elementos con otras funciones, o que ellos mismos las tienen, y finalmente por su forma de presentación, en forma de material rígido, semirrígido y flexible, granuloso y pulverulento, y pastoso.

A estos efectos se consideran materiales aislantes rígidos a los que tienen características mecánicas iguales a las exigibles a un material de construcción normal considerado como rígido, o bien a los que al menos son autosustentantes; semirrígidos y flexibles a los que no son autosustentantes; granulares y pulverulentos a los que con presentación amorfa están compuestos por partículas granulares o pulverulentas no aglomeradas; y, finalmente, se considerarán pastosos a los que procedentes de componentes químicos se conforman en obra, adoptando en primer lugar este aspecto para pasar posteriormente a tener las características de rígido o semirrígido.

En el cuadro, el asterisco indica que el material aislante de ese tipo es el utilizable en esa solución constructiva, y el círculo indica que ese material puede emplearse cuando por medio de materiales auxiliares se le den las características de rígido.

Cerramientos horizontales	Sistema de fabricación Prefabricado en obra	Materiales Básicos	Tipos	Forma de presentación
Elemento constructivo				
Sobre el terreno				
Forjados	Aislamiento sobre el forjado	*	*	*
	Forjado aislante	*	*	*
Soleras	Aislamiento sobre solera	*	*	*
	Solera aislante	*	*	*
Sobre espacios abiertos no calafateados	Aislamiento sobre el forjado	*	*	*
	Forjado aislante	*	*	*
	Aislamiento bajo forjado	*	*	*
Falso techo		*	*	*
Cerramientos verticales				
Elemento constructivo				
Cerramiento opaco (muros)	Con cámara de aire exterior	*	*	*
	Aislamiento en cámara con relleno total	*	*	*
	Aislamiento en cámara con relleno parcial	*	*	*
	Aislamiento por el interior	*	*	*
	Elementos de cerramiento aislantes	*	*	*
Sin cámara de aire exterior	Aislamiento por el exterior	*	*	*
	Aislamiento por el interior	*	*	*
	Elementos de cerramiento aislantes	*	*	*
Cerramiento no opaco	Doble acristalamiento	*	*	*
	Hormigón translúcido	*	*	*
Puentes térmicos en cerramientos	Vigas	*	*	*
	Soportes	*	*	*
	Forjados	*	*	*
	Hornacinas	*	*	*
	Cajas de personas	*	*	*

24867

ORDEN de 15 de octubre de 1979 por la que se establece la Subcomisión de Vivienda y Patrimonio Arquitectónico dentro de las Comisiones Provinciales de Colaboración del Estado con las Corporaciones Locales.

Excelentísimos señores:

El Real Decreto 2668/1977, de 15 de octubre, establece la coordinación administrativa provincial sobre dos órganos colegiados únicos, la Comisión Provincial de Gobierno y la Comisión Provincial de Colaboración del Estado con las Corporaciones Locales.

De otra parte, el Real Decreto 1939/1979, de 22 de junio, dispone que la adjudicación de viviendas de promoción pública se llevará a cabo a través de una Subcomisión integrada en la Comisión Provincial de Colaboración del Estado con los Entes Locales.

Se hace preciso, en consecuencia, regular dicha Subcomisión que, además de realizar la función citada, integre y canalice aquellas actuaciones en materia de vivienda, patrimonio arquitectónico y edificación que, por su naturaleza de cooperación entre los Entes Locales y los servicios periféricos del Estado, deben atribuirse a la misma.

En su virtud, y a propuesta de los Ministros del Interior, de Obras Públicas y Urbanismo y de la Administración Territorial, esta Presidencia del Gobierno dispone:

Primero.—Se constituye, dentro de la Comisión Provincial de Colaboración del Estado con las Corporaciones Locales, la Subcomisión de Vivienda y Patrimonio Arquitectónico.

Segundo.—1. La Subcomisión de Vivienda y Patrimonio Arquitectónico estará presidida por el Gobernador Civil o Subgobernador, en su caso, y será su Vicepresidente el Delegado Provincial de Obras Públicas y Urbanismo o el Subdelegado cuando lo hubiere, actuando como Secretario el Jefe de la División de Arquitectura y Vivienda o, en su defecto, el Secretario Provincial de la Delegación del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

2. Serán Vocales de la Subcomisión:

- El Delegado Provincial de Hacienda.
- El Delegado Provincial de Cultura.
- El Delegado Provincial de Industria y Energía.
- El Delegado Provincial de Educación.

- El Delegado Provincial de Turismo.
- El Delegado Provincial de Agricultura.
- Un representante del Ayuntamiento de la capital de la provincia.
- Un Diputado Provincial o miembro de la Mancomunidad Interinsular de Cabildos.
- Cuatro Alcaldes designados por la Comisión Provincial de Colaboración del Estado con las Corporaciones Locales.

Tercero.—A la Subcomisión de Vivienda y Patrimonio Arquitectónico se le atribuyen las siguientes funciones:

- 1.ª Promover y recoger las iniciativas así como la elaboración de los estudios estadísticos e información de las necesidades existentes en la provincia.
- 2.ª Elevar al Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo las propuestas de programación de viviendas junto con las prioridades existentes en la provincia, haciendo mención expresa de las necesidades que se prevén para cada anualidad.
- 3.ª Elaborar los estudios estadísticos y sociológicos sobre las condiciones de las viviendas en la provincia con especial incidencia en el chabolismo, infravivienda y peculiaridades que sean propias de la zona o provincia de que se trate.
- 4.ª Formular propuestas de medidas concretas para mejorar los niveles propios de la vivienda, patrimonio arquitectónico y edificación en la provincia.
- 5.ª Informar acerca de los planes de actuación precisos para la ejecución de programas de rehabilitación del patrimonio arquitectónico urbano y rural.
- 6.ª Coordinar el desarrollo de la planificación a nivel provincial en materia de vivienda, arquitectura y edificación, así como el desarrollo de los programas conjuntos de actuación interprovincial.
- 7.ª Resolver acerca de la adjudicación, en arrendamiento o en propiedad, de las viviendas de protección oficial del Instituto Nacional de la Vivienda o la extinguida Obra Sindical del Hogar y de aquellas otras viviendas de promoción pública, a las que no sea de aplicación la disposición adicional del Real Decreto 918/1978.

En cualquier caso las viviendas que siendo de promoción pública se destinen a funcionarios civiles y militares y a las fuerzas de seguridad del Estado, estarán excluidas de este sistema de adjudicación.

8.ª Elevar al Ministro de Obras Públicas y Urbanismo una Memoria-informe anual sobre las actividades propias de su competencia.