

## Sección HE 1

### Limitación de demanda energética

## 1 Generalidades

### 1.1. Ámbito de aplicación

- 1 Esta Sección es de aplicación en:
  - a) edificios de nueva construcción;
  - b) modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes con una superficie útil superior a 1000 m<sup>2</sup> donde se renueve más del 25% del total de sus *cerramientos*.
- 2 Se excluyen del campo de aplicación:
  - a) aquellas edificaciones que por sus características de utilización deban permanecer abiertas;
  - b) edificios y monumentos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico, cuando el cumplimiento de tales exigencias pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto;
  - c) edificios utilizados como lugares de culto y para actividades religiosas;
  - d) construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años;
  - e) instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales;
  - f) edificios aislados con una superficie útil total inferior a 50 m<sup>2</sup>.

### 1.2 Procedimiento de verificación

- 1 Para la correcta aplicación de esta Sección deben realizarse las verificaciones siguientes:
  - a) en el proyecto se optará por uno de los dos procedimientos alternativos de comprobación siguientes:
    - i) **opción simplificada**, basada en el control indirecto de la demanda energética de los edificios mediante la limitación de los parámetros característicos de los *cerramientos* y *particiones interiores* que componen su envolvente térmica. La comprobación se realiza a través de la comparación de los valores obtenidos en el cálculo con los valores límite permitidos. Esta opción podrá aplicarse a obras de edificación de nueva construcción que cumplan los requisitos especificados en el apartado 3.2.1.2 y a obras de rehabilitación de edificios existentes;
    - ii) **opción general**, basada en la evaluación de la demanda energética de los edificios mediante la comparación de ésta con la correspondiente a un edificio de referencia que define la propia opción. Esta opción podrá aplicarse a todos los edificios que cumplan los requisitos especificados en 3.3.1.2.

En ambas opciones se limita la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los *cerramientos* y se limitan las pérdidas energéticas debidas a las infiltraciones de aire, para unas condiciones normales de utilización de los edificios.
  - b) durante la construcción de los edificios se comprobarán las indicaciones descritas en el apartado 5.

## 2 Caracterización y cuantificación de las exigencias

### 2.1 Demanda energética

- 1 La demanda energética de los edificios se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática establecida en el apartado 3.1.1, y de la carga interna en sus espacios según el apartado 3.1.2.
- 2 La demanda energética será inferior a la correspondiente a un edificio en el que los parámetros característicos de los *cerramientos y particiones interiores* que componen su *envolvente térmica*, sean los valores límites establecidos en las tablas 2.2.
- 3 Los parámetros característicos que definen la *envolvente térmica* se agrupan en los siguientes tipos:
  - a) transmitancia térmica de muros de fachada  $U_M$ ;
  - b) transmitancia térmica de cubiertas  $U_C$ ;
  - c) transmitancia térmica de suelos  $U_S$ ;
  - d) transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno  $U_T$ ;
  - e) transmitancia térmica de huecos  $U_H$ ;
  - f) factor solar modificado de huecos  $F_H$ ;
  - g) factor solar modificado de lucernarios  $F_L$ ;
  - h) transmitancia térmica de medianerías  $U_{MD}$ .
- 4 Para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, cada uno de los *cerramientos y particiones interiores* de la *envolvente térmica* tendrán una transmitancia no superior a los valores indicados en la tabla 2.1 en función de la zona climática en la que se ubique el edificio.

**Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m<sup>2</sup> K**

<i>Cerramientos y particiones interiores</i>	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno <sup>(1)</sup> y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos <sup>(2)</sup>	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

<sup>(2)</sup> Las transmitancias térmicas de vidrios y marcos se compararán por separado.

- 5 En edificios de viviendas, las *particiones interiores* que limitan las *unidades de uso* con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas, tendrán cada una de ellas una transmitancia no superior a 1,2 W/m<sup>2</sup>K.

Tablas 2.2 Valores límite de los parámetros característicos medios

**ZONA CLIMÁTICA A3**

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_{Mlim}: 0,94 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{Slim}: 0,53 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Clim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{Lim}: 0,29$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	-	-	-	0,48	-	0,51
de 41 a 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,57	-	0,60	0,41	0,57	0,44
de 51 a 60	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,50	-	0,54	0,36	0,51	0,39

**ZONA CLIMÁTICA A4**

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_{Mlim}: 0,94 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{Slim}: 0,53 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Clim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{Lim}: 0,29$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,56	-	0,57
de 31 a 40	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	0,57	-	0,58	0,43	0,59	0,44
de 41 a 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,47	-	0,48	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,40	0,55	0,42	0,30	0,42	0,32

<sup>(1)</sup> En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada  $U_{Mm}$ , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,67 se podrá tomar el valor de  $U_{Hlim}$  indicado entre paréntesis para las zonas climáticas A3 y A4.

**ZONA CLIMÁTICA B3**

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{Llim}: 0,30$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	-	-	-	0,45	-	0,50
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

**ZONA CLIMÁTICA B4**

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{Llim}: 0,28$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,55	-	0,57
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	0,55	-	0,58	0,42	0,59	0,44
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,45	-	0,48	0,34	0,49	0,36
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,39	0,55	0,41	0,29	0,42	0,31

<sup>(1)</sup> En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada  $U_{Mm}$ , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,58 se podrá tomar el valor de  $U_{Hlim}$  indicado entre paréntesis para las zonas climáticas B3 y B4.

**ZONA CLIMÁTICA C1****Transmitancia límite de muros de fachada y****cerramientos en contacto con el terreno** **$U_{Mlim}$ : 0,73 W/m<sup>2</sup>K****Transmitancia límite de suelos** **$U_{Slim}$ : 0,50 W/m<sup>2</sup>K****Transmitancia límite de cubiertas** **$U_{Clim}$ : 0,41 W/m<sup>2</sup>K****Factor solar modificado límite de lucernarios** **$F_{Lim}$ : 0,37**

% de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,56	-	0,60
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	-	-	-	0,47	-	0,52
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	-	-	-	0,42	-	0,46

**ZONA CLIMÁTICA C2****Transmitancia límite de muros de fachada y****cerramientos en contacto con el terreno** **$U_{Mlim}$ : 0,73 W/m<sup>2</sup>K****Transmitancia límite de suelos** **$U_{Slim}$ : 0,50 W/m<sup>2</sup>K****Transmitancia límite de cubiertas** **$U_{Clim}$ : 0,41 W/m<sup>2</sup>K****Factor solar modificado límite de lucernarios** **$F_{Lim}$ : 0,32**

% de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,47	-	0,51
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,59	-	-	0,40	0,58	0,43
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,51	-	0,55	0,35	0,52	0,38

<sup>(1)</sup> En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada  $U_{Mm}$ , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,52 se podrá tomar el valor de  $U_{Hlim}$  indicado entre paréntesis para las zonas climáticas C1, C2, C3 y C4.

**ZONA CLIMÁTICA C3**

Transmitancia límite de muros de fachada y  
cerramientos en contacto con el terreno

$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{Llim}: 0,28$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,55	-	0,59
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,43	-	0,46
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,51	-	0,54	0,35	0,52	0,39
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,43	-	0,47	0,31	0,46	0,34

**ZONA CLIMÁTICA C4**

Transmitancia límite de muros de fachada y  
cerramientos en contacto con el terreno

$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{Llim}: 0,27$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,54	-	0,56
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	0,54	-	0,56	0,41	0,57	0,43
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,47	-	0,46	0,34	0,47	0,35
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,38	0,53	0,39	0,29	0,40	0,30

<sup>(1)</sup> En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada  $U_{Mm}$ , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,52 se podrá tomar el valor de  $U_{Hlim}$  indicado entre paréntesis para las zonas climáticas C1, C2, C3 y C4.

**ZONA CLIMÁTICA D1**

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno  
 Transmitancia límite de suelos  
 Transmitancia límite de cubiertas  
 Factor solar modificado límite de lucernarios

$U_{Mlim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 $U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 $U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 $F_{Llim}: 0,36$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,54	-	0,58
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	-	-	-	0,45	-	0,49
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	-	-	-	0,40	0,57	0,44

**ZONA CLIMÁTICA D2**

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno  
 Transmitancia límite de suelos  
 Transmitancia límite de cubiertas  
 Factor solar modificado límite de lucernarios

$U_{Mlim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 $U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 $U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 $F_{Llim}: 0,31$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,58	-	0,61
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,46	-	0,49
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	-	-	0,61	0,38	0,54	0,41
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,49	-	0,53	0,33	0,48	0,36

**ZONA CLIMÁTICA D3**

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno  
 Transmitancia límite de suelos  
 Transmitancia límite de cubiertas  
 Factor solar modificado límite de lucernarios

$U_{Mlim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 $U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 $U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 $F_{Llim}: 0,28$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,54	-	0,57
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,42	0,58	0,45
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	0,50	-	0,53	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,42	0,61	0,46	0,30	0,43	0,32

<sup>(1)</sup> En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada  $U_{Mm}$ , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,47 se podrá tomar el valor de  $U_{Hlim}$  indicado entre paréntesis para las zonas climáticas D1, D2 y D3.

**ZONA CLIMÁTICA E1**

**Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno**

**$U_{Mlim}$ : 0,57 W/m<sup>2</sup> K**

**Transmitancia límite de suelos**

**$U_{Slim}$ : 0,48 W/m<sup>2</sup> K**

**Transmitancia límite de cubiertas**

**$U_{Clim}$ : 0,35 W/m<sup>2</sup> K**

**Factor solar modificado límite de lucernarios**

**$F_{Llim}$ : 0,36**

% de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,6 (2,9)	3,0 (3,1)	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,1	3,1	-	-	-	0,54	-	0,56
de 41 a 50	2,0 (2,2)	2,4 (2,6)	3,1	3,1	-	-	-	0,45	0,60	0,49
de 51 a 60	1,9 (2,0)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	-	-	-	0,40	0,54	0,43

<sup>(1)</sup> En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada  $U_{Mm}$ , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,43 se podrá tomar el valor de  $U_{Hlim}$  indicado entre paréntesis para las zonas climáticas E1.



## 2.2 Condensaciones

- 1 Las condensaciones superficiales en los *cerramientos* y *particiones interiores* que componen la *envolvente térmica* del edificio, se limitarán de forma que se evite la formación de mohos en su superficie interior. Para ello, en aquellas superficies interiores de los cerramientos que puedan absorber agua o susceptibles de degradarse y especialmente en los puentes térmicos de los mismos, la humedad relativa media mensual en dicha superficie será inferior al 80%.
- 2 Las condensaciones intersticiales que se produzcan en los *cerramientos* y *particiones interiores* que componen la *envolvente térmica* del edificio serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. Además, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

## 2.3 Permeabilidad al aire

- 1 Las carpinterías de los huecos (ventanas y puertas) y lucernarios de los *cerramientos* se caracterizan por su permeabilidad al aire.
- 2 La permeabilidad de las carpinterías de los huecos y lucernarios de los *cerramientos* que limitan los *espacios habitables* de los edificios con el ambiente exterior se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática establecida en el apartado 3.1.1.
- 3 La permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa, tendrá unos valores inferiores a los siguientes:
  - a) para las zonas climáticas A y B:  $50 \text{ m}^3/\text{h m}^2$ ;
  - b) para las zonas climáticas C, D y E:  $27 \text{ m}^3/\text{h m}^2$ .

# 3. Cálculo y dimensionado

## 3.1 Datos previos

### 3.1.1 Zonificación Climática

- 1 Para la limitación de la demanda energética se establecen 12 zonas climáticas identificadas mediante una letra, correspondiente a la división de invierno, y un número, correspondiente a la división de verano. En general, la zona climática donde se ubican los edificios se determinará a partir de los valores tabulados. En localidades que no sean capitales de provincia y que dispongan de registros climáticos contrastados, se podrán emplear, previa justificación, zonas climáticas específicas.
- 2 El procedimiento para la determinación de la zonificación climática se recoge en el apéndice D.

### 3.1.2 Clasificación de los espacios

- 1 Los espacios interiores de los edificios se clasifican en *espacios habitables* y *espacios no habitables*.
- 2 A efectos de cálculo de la demanda energética, los *espacios habitables* se clasifican en función de la cantidad de calor disipada en su interior, debido a la actividad realizada y al periodo de utilización de cada espacio, en las siguientes categorías:
  - a) espacios con baja carga interna: espacios en los que se disipa poco calor.

Son los espacios destinados principalmente a residir en ellos, con carácter eventual o permanente. En esta categoría se incluyen todos los espacios de edificios de viviendas y aquellas zonas o espacios de edificios asimilables a éstos en uso y dimensión, tales como habitaciones de hotel, habitaciones de hospitales y salas de estar, así como sus zonas de circulación vinculadas.
  - b) espacios con alta carga interna: espacios en los que se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación, iluminación o equipos existentes. Son aquellos espacios no incluidos en la definición de espacios con baja carga interna. El conjunto de estos espacios conforma la zona de alta carga interna del edificio.

- 3 A efectos de comprobación de la limitación de condensaciones en los cerramientos, los *espacios habitables* se caracterizan por el *exceso de humedad interior*. En ausencia de datos más precisos y de acuerdo con la clasificación que se expresa en la norma EN ISO 13788: 2002 se establecen las siguientes categorías:
- espacios de clase de higrometría 5: espacios en los que se prevea una gran producción de humedad, tales como lavanderías y piscinas;
  - espacios de clase de higrometría 4: espacios en los que se prevea una alta producción de humedad, tales como cocinas industriales, restaurantes, pabellones deportivos, duchas colectivas u otros de uso similar;
  - espacios de clase de higrometría 3 o inferior: espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

### 3.1.3 Definición de la envolvente térmica del edificio y clasificación de sus componentes

- La *envolvente térmica* del edificio, como muestra la figura 3.2, está compuesta por todos los *cerramientos* que limitan *espacios habitables* con el ambiente exterior (aire o terreno u otro edificio) y por todas las *particiones interiores* que limitan los *espacios habitables* con los *espacios no habitables* que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.
- Los *cerramientos* y *particiones interiores* de los *espacios habitables* se clasifican según su situación en las siguientes categorías:
  - cubiertas, comprenden aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación sea inferior a  $60^\circ$  respecto a la horizontal;
  - suelos, comprenden aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que estén en contacto con el aire, con el terreno, o con un *espacio no habitable*;
  - fachadas, comprenden los cerramientos exteriores en contacto con el aire cuya inclinación sea superior a  $60^\circ$  respecto a la horizontal. Se agrupan en 6 orientaciones según los sectores angulares contenidos en la figura 3.1. La orientación de una fachada se caracteriza mediante el ángulo  $\alpha$  que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario;
  - medianerías, comprenden aquellos *cerramientos* que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que conformen una división común. Si el edificio se construye con posterioridad el cerramiento se considerará, a efectos térmicos, una fachada;
  - cerramientos en contacto con el terreno, comprenden aquellos cerramientos distintos a los anteriores que están en contacto con el terreno;
  - particiones interiores, comprenden aquellos elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos.

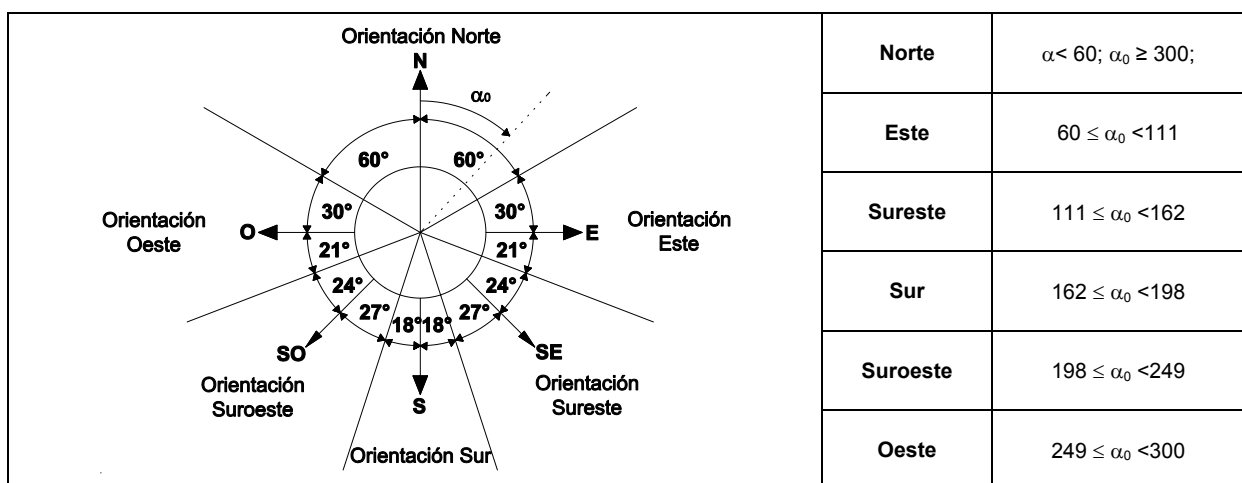


Figura 3.1. Orientaciones de las Fachadas

- 3 Los *cerramientos* de los *espacios habitables* se clasifican según su diferente comportamiento térmico y cálculo de sus parámetros característicos en las siguientes categorías:
- a) cerramientos en contacto con el aire:
    - i) parte opaca, constituida por muros de fachada, cubiertas, suelos en contacto con el aire y los puentes térmicos integrados;
    - ii) parte semitransparente, constituida por huecos (ventanas y puertas) de fachada y lucernarios de cubiertas.
  - b) cerramientos en contacto con el terreno, clasificados según los tipos siguientes:
    - i) suelos en contacto con el terreno;
    - ii) muros en contacto con el terreno;
    - iii) cubiertas enterradas.
  - c) *particiones interiores* en contacto con *espacios no habitables*, clasificados según los tipos siguientes:
    - i) *particiones interiores* en contacto con cualquier *espacio no habitable* (excepto cámaras sanitarias);
    - ii) suelos en contacto con cámaras sanitarias.

## 3.2 Opción simplificada

### 3.2.1 Aplicación de la opción

#### 3.2.1.1 Objeto

- 1 El objeto de la opción simplificada es:
- a) limitar la demanda energética de los edificios, de una manera indirecta, mediante el establecimiento de determinados valores límite de los parámetros de transmitancia térmica U y del factor solar modificado F de los componentes de la *envolvente térmica*;
  - b) limitar la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los cerramientos para las condiciones ambientales establecidas en este Documento Básico;
  - c) limitar las infiltraciones de aire en los huecos y lucernarios;
  - d) limitar en los edificios de viviendas la transmisión de calor entre las *unidades de uso calefactadas* y las zonas comunes no calefactadas.

#### 3.2.1.2 Aplicabilidad

- 1 Puede utilizarse la opción simplificada cuando se cumplan simultáneamente las condiciones siguientes:
- a) que el porcentaje de huecos en cada fachada sea inferior al 60% de su superficie;
  - b) que el porcentaje de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.
- 2 Como excepción, se admiten porcentajes de huecos superiores al 60% en aquellas fachadas cuyas áreas supongan un porcentaje inferior al 10% del área total de las fachadas del edificio.
- 3 Quedan excluidos aquellos edificios cuyos cerramientos estén formados por soluciones constructivas no convencionales tales como *muros Trombe*, *muros paretodinámicos*, *invernaderos adosados*, etc.
- 4 En el caso de obras de rehabilitación, se aplicarán a los nuevos cerramientos los criterios establecidos en esta opción.

#### 3.2.1.3 Cerramientos y particiones interiores objeto de la opción

- 1 Son objeto de esta opción simplificada los *cerramientos* y *particiones interiores* que componen la *envolvente térmica* del edificio y que se define en el apartado 3.1.3.
- 2 A efectos de limitación de la demanda, se incluirán en la consideración anterior sólo aquellos *puentes térmicos* cuya superficie sea superior a 0,5 m<sup>2</sup> y que estén integrados en las fachadas, tales como pilares, contornos de huecos y cajas de persiana.
- 3 No se incluirán en la consideración anterior las puertas cuyo porcentaje de superficie semitransparente sea inferior al 50 %.

**3.2.1.4 Conformidad con la opción**

- 1 El procedimiento de aplicación mediante la opción simplificada es el siguiente:
  - a) determinación de la zonificación climática según el apartado 3.1.1;
  - b) clasificación de los espacios del edificio según el apartado 3.1.2;
  - c) definición de la *envolvente térmica* y cerramientos objeto según el apartado 3.2.1.3;
  - d) comprobación del cumplimiento de las limitaciones de permeabilidad al aire establecidas en el apartado 2.3 de las carpinterías de los huecos y lucernarios de la *envolvente térmica*;
  - e) cálculo de los parámetros característicos de los distintos componentes de los *cerramientos y particiones interiores* según el apéndice E;
  - f) limitación de la demanda energética:
    - i) comprobación de que cada una de las transmitancias térmicas de los *cerramientos y particiones interiores* que conforman la *envolvente térmica* es inferior al valor máximo indicado en la tabla 2.1;
    - ii) cálculo de la media de los distintos parámetros característicos para la zona con baja carga interna y la zona de alta carga interna del edificio según el apartado 3.2.2.1;
    - iii) comprobación de que los parámetros característicos medios de la zona de baja carga interna y la zona de alta carga interna son inferiores a los valores límite de las tablas 2.2, como se describe en el apartado 3.2.2.2;
    - iv) en edificios de vivienda, limitación de la transmitancia térmica de las *particiones interiores* que separan las unidades de uso con las zonas comunes del edificio, según el apartado 2.1;
  - g) control de las condensaciones intersticiales y superficiales según el apartado 3.2.3.

**3.2.1.5 Documentación justificativa**

- 1 En la memoria del proyecto se justificará el cumplimiento de las condiciones que se establecen en esta Sección mediante las fichas justificativas del cálculo de los parámetros característicos medios y los formularios de conformidad que figuran en el Apéndice H para la zona habitable de baja carga interna y la de alta carga interna del edificio.

**3.2.2 Comprobación de la limitación de la demanda energética****3.2.2.1 Parámetros característicos medios**

- 1 Tanto para las zonas de baja carga interna como para la zonas de alta carga interna de los edificios, se calculará el valor de los parámetros característicos de los *cerramientos y particiones interiores* como se describe en el apéndice E y se agruparán en las categorías descritas en el apartado 3.1.3.
- 2 Para cada categoría se determinará la media de los parámetros característicos U y F, que se obtendrá ponderando los parámetros correspondientes a cada cerramiento según su fracción de área en relación con el área total de la categoría a la que pertenece.
- 3 Se obtendrán de esta manera, los siguientes valores:
  - a) transmitancia media de cubiertas  $U_{Cm}$ , incluyendo en el promedio la transmitancia de los lucernarios  $U_L$  y los puentes térmicos integrados en cubierta  $U_{PC}$ ;
  - b) transmitancia media de suelos  $U_{Sm}$ ;
  - c) transmitancia media de muros de fachada para cada orientación  $U_{Mm}$ , incluyendo en el promedio los puentes térmicos integrados en la fachada tales como contorno de huecos  $U_{PF1}$ , pilares en fachada  $U_{PF2}$  y de cajas de persianas  $U_{PF3}$ , u otros;
  - d) transmitancia media de cerramientos en contacto con el terreno  $U_{Tm}$ ;
  - e) transmitancia media de huecos de fachadas  $U_{Hm}$  para cada orientación;
  - f) factor solar modificado medio de huecos de fachadas  $F_{Hm}$  para cada orientación;
  - g) factor solar modificado medio de lucernarios de cubiertas  $F_{Hm}$ .
- 4 Las áreas de los cerramientos se considerarán a partir de las dimensiones tomadas desde el interior del edificio.

### 3.2.2.2 Valores límite de los parámetros característicos medios

- 1 Tanto para las zonas de baja carga interna como para la zonas de alta carga interna de los edificios, los parámetros característicos medios de los *cerramientos y particiones interiores* que limitan los *espacios habitables* serán inferiores a los valores límite indicados en las tablas 2.2 en función de la zona climática en la que se encuentre el edificio, de la siguiente manera:
  - a) la transmitancia media de muros de fachada  $U_{Mm}$  para cada orientación y la transmitancia media de cerramientos en contacto con el terreno  $U_{Tm}$  serán inferiores a la transmitancia límite de muros  $U_{Mlim}$ ;
  - b) la transmitancia media de suelos  $U_{Sm}$  será inferior a la transmitancia límite de suelos  $U_{Slim}$ ;
  - c) la transmitancia media de cubiertas  $U_{Cm}$  será inferior a la transmitancia límite de cubiertas  $U_{Clim}$ ;
  - d) El factor solar modificado medio de lucernarios  $F_{Lm}$  será inferior al factor solar modificado límite de lucernarios  $F_{Llim}$ .
  - e) la transmitancia media de huecos  $U_{Hm}$  en función del porcentaje de huecos y de la transmitancia media de muros de fachada  $U_{Mm}$  será inferior, para cada orientación, a la transmitancia límite de huecos  $U_{Hlim}$ ;
  - f) el factor solar modificado medio de huecos  $F_{Hm}$  en función del porcentaje de huecos y de la zona del edificio de la que se trate (de baja carga interna o de alta carga interna) será inferior, para cada orientación de fachada, al factor solar modificado límite de huecos  $F_{Hlim}$ .
- 2 La figura 3.2 y la tabla 3.1 resumen esta verificación.
- 3 En el caso de que en una determinada fachada el porcentaje de huecos sea superior al 60% de su superficie y suponga un área inferior al 10% del área total de las fachadas del edificio, la transmitancia media de dicha fachada  $U_F$  (incluyendo parte opaca y huecos) será inferior a la transmitancia media que resultase si el porcentaje fuera del 60%.

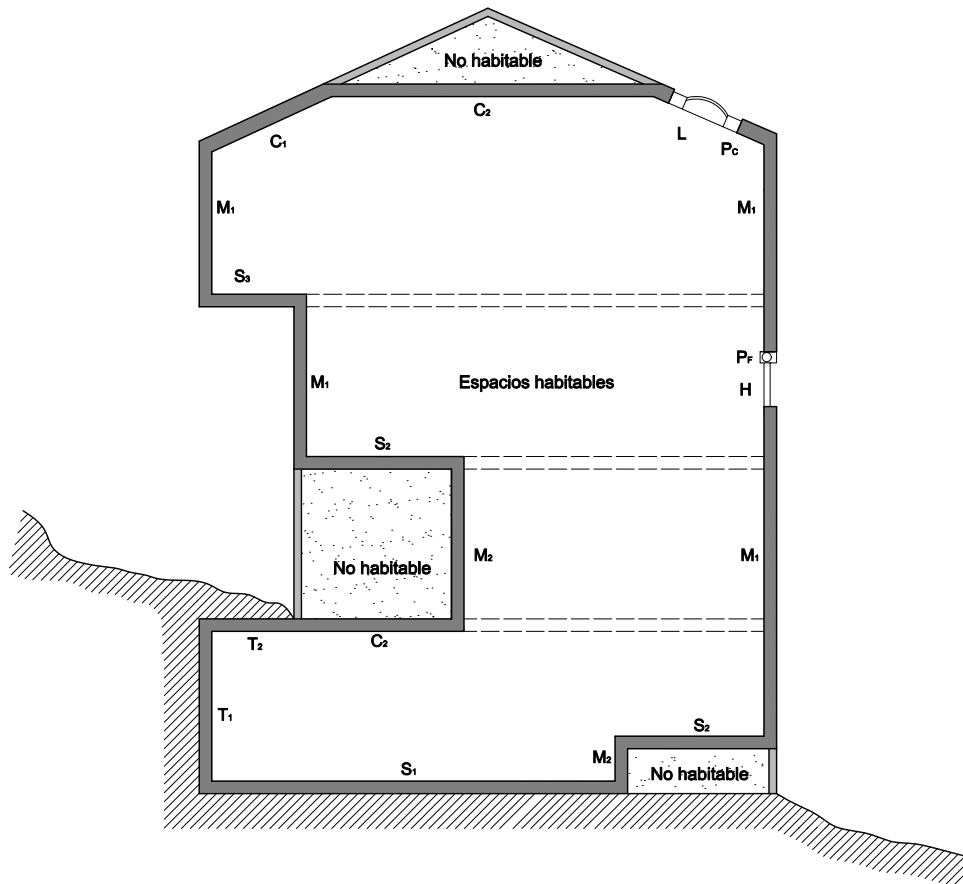


Figura 3.2 Esquema de *envolvente térmica* de un edificio



Tabla 3.1 Síntesis del procedimiento de comparación con los valores límite

Cerramientos y particiones interiores	Componentes		Parámetros característicos	Parámetros característicos medios	Comparación con los valores límites
<b>CUBIERTAS</b>	C <sub>1</sub>	En contacto con el aire	U <sub>C1</sub>	$U_{Cm} = \frac{\sum A_C \cdot U_C + \sum A_{PC} \cdot U_{PC} + \sum A_L \cdot U_L}{\sum A_C + \sum A_{PC} + \sum A_L}$	U <sub>Cm</sub> ≤ U <sub>Clim</sub>
	C <sub>2</sub>	En contacto con un espacio no habitable	U <sub>C2</sub>		
	P <sub>C</sub>	Puente térmico (Contorno de lucernario > 0,5 m <sup>2</sup> )	U <sub>PC</sub>		
	L	Lucernarios	U <sub>L</sub> F <sub>L</sub>	$F_{Lm} = \frac{\sum A_F \cdot F_L}{\sum A_F}$	F <sub>Lm</sub> ≤ F <sub>Llim</sub>
<b>FACHADAS</b>	M <sub>1</sub>	Muro en contacto con el aire	U <sub>M1</sub>	$U_{Mm} = \frac{\sum A_M \cdot U_M + \sum A_{PF} \cdot U_{PF}}{\sum A_M + \sum A_{PF}}$	U <sub>Mm</sub> ≤ U <sub>Mlim</sub>
	M <sub>2</sub>	Muro en contacto con espacios no habitables	U <sub>M2</sub>		
	P <sub>F1</sub>	Puente térmico (contorno de huecos > 0,5 m <sup>2</sup> )	U <sub>PF1</sub>		
	P <sub>F2</sub>	Puente térmico (pilares en fachada > 0,5 m <sup>2</sup> )	U <sub>PF2</sub>		
	P <sub>F3</sub>	Puente térmico (caja de persianas > 0,5 m <sup>2</sup> )	U <sub>PF3</sub>		
	H	Huecos	U <sub>H</sub> F <sub>H</sub>	$U_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot U_H}{\sum A_H}$ $F_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot F_H}{\sum A_H}$	U <sub>Hm</sub> ≤ U <sub>Hlim</sub> F <sub>Hm</sub> ≤ F <sub>Hlim</sub>
<b>SUELOS</b>	S <sub>1</sub>	Apoyados sobre el terreno	U <sub>S1</sub>	$U_{Sm} = \frac{\sum A_s \cdot U_s}{\sum A_s}$	U <sub>Sm</sub> ≤ U <sub>Slim</sub>
	S <sub>2</sub>	En contacto con espacios no habitables	U <sub>S2</sub>		
	S <sub>3</sub>	En contacto con el aire exterior	U <sub>S3</sub>		
<b>CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO</b>	T <sub>1</sub>	Muros en contacto con el terreno	U <sub>T1</sub>	$U_{Tm} = \frac{\sum A_T \cdot U_T}{\sum A_T}$	U <sub>Tm</sub> ≤ U <sub>Mlim</sub>
	T <sub>2</sub>	Cubiertas enterradas	U <sub>T2</sub>		
	T <sub>3</sub>	Suelos a una profundidad mayor de 0,5 m	U <sub>T3</sub>		

NOTAS: El cálculo se realizará para la zona de baja carga interna y para la zona de alta carga interna de los edificios. La tabla no es exhaustiva en cuanto a los componentes de los *cerramientos y particiones interiores*.

### 3.2.3 Comprobación de la limitación de condensaciones

#### 3.2.3.1 Condensaciones superficiales

- 1 La comprobación de la limitación de condensaciones superficiales se basa en la comparación del factor de temperatura de la superficie interior  $f_{Rsi}$  y el factor de temperatura de la superficie interior mínimo  $f_{Rsi,min}$  para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero y especificadas en el apartado G.1 de esta Sección.
- 2 Para la comprobación de la limitación de condensaciones superficiales en los *cerramientos* y *puentes térmicos* se debe comprobar que el factor de temperatura de la superficie interior es superior al factor de temperatura de la superficie interior mínimo. Este factor se podrá obtener a partir de la tabla 3.2 en función del tipo de espacio, clasificado según el apartado 3.1.2, y la zona climática donde se encuentre el edificio.

**Tabla 3.2 Factor de temperatura de la superficie interior mínimo  $f_{Rsi,min}$**

Categoría del espacio	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Clase de higrometría 5	0.80	0.80	0.80	0.90	0.90
Clase de higrometría 4	0.66	0.66	0.69	0.75	0.78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0.50	0.52	0.56	0.61	0.64

- 3 El cumplimiento de los valores de transmitancia máxima de la tabla 2.1 aseguran, para los cerramientos y particiones interiores de los espacios de clase de higrometría 4 o inferior, la verificación de la condición anterior. No obstante, debe comprobarse en los puentes térmicos.
- 4 En caso de disponer de información suficiente, el factor de temperatura de la superficie interior mínimo podrá calcularse mediante el método descrito en el apartado G.2.1.2 bajo las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero de la localidad.
- 5 El cálculo del factor de temperatura superficial correspondiente a cada *cerramiento* o *punto térmico* se realizará según la metodología descrita en el apartado G.2.1.1.
- 6 Estarán exentos de la comprobación aquellas *particiones interiores* que lindan con *espacios no habitables* donde se prevea escasa producción de vapor de agua, así como los *cerramientos* en contacto con el terreno.

#### 3.2.3.2 Condensaciones intersticiales

- 1 El procedimiento para la comprobación de la formación de condensaciones intersticiales se basa en la comparación entre la presión de vapor y la presión de vapor de saturación que existe en cada punto intermedio de un cerramiento formado por diferentes capas, para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero y especificadas en el apartado G.1 de esta Sección.
- 2 Para que no se produzcan condensaciones intersticiales se debe comprobar que la presión de vapor en la superficie de cada capa es inferior a la presión de vapor de saturación.
- 3 Para cada cerramiento objeto se calculará, según el apartado G.2.2:
  - a) la distribución de temperaturas;
  - b) la distribución de presiones de vapor de saturación para las temperaturas antes calculadas;
  - c) la distribución de presiones de vapor.
- 4 Estarán exentos de la comprobación aquellos *cerramientos* en contacto con el terreno y los *cerramientos* que dispongan de barrera contra el paso de vapor de agua en la parte caliente del cerramiento. Para *particiones interiores* en contacto con *espacios no habitables* en los que se prevea gran producción de humedad, se colocará la barrera de vapor en el lado de dicho *espacio no habitable*.
- 5 En caso de que se produzcan condensaciones intersticiales en una capa distinta a la de aislamiento, se deberá comprobar que la cantidad de agua condensada en cada periodo anual no sea superior a la cantidad de agua evaporada posible en el mismo periodo. Para ello, se repetirá el procedimiento descrito anteriormente, pero para cada mes del año a partir de los datos climáticos del apartado G.1 y se calculará en cada uno de ellos y para cada capa de material, la cantidad de agua condensada o evaporada según el proceso descrito en el apartado 6 de la norma UNE EN ISO 13788:2002.
- 6 Salvo expresa justificación en el proyecto, se considerará nula la cantidad de agua condensada admisible en los materiales aislantes.



### 3.2.4 Permeabilidad al aire

- 1 Se considerarán válidos los huecos y lucernarios clasificados según la norma UNE EN 12 207:2000 y ensayados según la norma UNE EN 1 026:2000 para las distintas zonas climáticas:
  - a) para las zonas climáticas A y B: huecos y lucernarios de clase 1, clase 2, clase 3, clase 4;
  - b) para las zonas climáticas C, D y E: huecos y lucernarios de clase 2, clase 3, clase 4.

## 3.3. Opción General

### 3.3.1 Aplicación de la opción general

#### 3.3.1.1 Objeto

- 1 El objeto de la opción general es cuádruple y consiste en:
  - a) limitar la demanda energética de los edificios de una manera directa, evaluando dicha demanda mediante el método de cálculo especificado en 3.3.2. Esta evaluación se realizará considerando el edificio en dos situaciones:
    - i) como edificio objeto, es decir, el edificio tal cual ha sido proyectado en geometría (forma y tamaño), construcción y operación;
    - ii) como edificio de referencia, que tiene la misma forma y tamaño del edificio objeto; la misma zonificación interior y el mismo uso de cada zona que tiene el edificio objeto; los mismos obstáculos remotos del edificio objeto; y unas calidades constructivas de los componentes de fachada, suelo y cubierta por un lado y unos elementos de sombra por otro que garantizan el cumplimiento de las exigencias de demanda energética, establecidas en el apartado 2.1;
  - b) limitar la presencia de condensaciones en la envolvente térmica, según el apartado 2.2;
  - c) limitar las infiltraciones de aire para las condiciones establecidas en 2.3.

#### 3.3.1.2 Aplicabilidad

- 1 La única limitación para la utilización de la opción general es la derivada del uso en el edificio de soluciones constructivas innovadoras cuyos modelos no puedan ser introducidos en el programa informático que se utilice.
- 2 En el caso de utilizar soluciones constructivas no incluidas en el programa se justificarán en el proyecto las mejoras de ahorro de energía introducidas y que se obtendrán mediante método de simulación o cálculo al uso.

#### 3.3.1.3 Conformidad con la opción

- 1 El procedimiento de aplicación para verificar que un edificio es conforme con la opción general consiste en comprobar que:
  - a) las demandas energéticas de la *envolvente térmica* del edificio objeto para régimen de calefacción y refrigeración son ambas inferiores a las del edificio de referencia. Por régimen de calefacción se entiende, como mínimo, los meses de diciembre a febrero ambos inclusive y por régimen de refrigeración los meses de junio a septiembre, ambos inclusive. Como excepción, se admite que en caso de que para el edificio objeto una de las dos demandas anteriores sea inferior al 10% de la otra, se ignore el cumplimiento de la restricción asociada a la demanda más baja. Además para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, cada uno de los *cerramientos* y *particiones interiores* de la *envolvente térmica* tendrán una transmitancia no superior a los valores indicados en la tabla 2.1 en función de la zona climática en la que se ubique el edificio.
  - b) la humedad relativa media mensual en la superficie interior sea inferior al 80% para controlar las condensaciones superficiales. Comprobar, además, que la humedad acumulada en cada capa del cerramiento se seca a lo largo de un año, y que la máxima condensación acumulada en un mes no sea mayor que el valor admisible para cada material aislante.
  - c) el cumplimiento de las limitaciones de permeabilidad al aire de las carpinterías de los huecos establecidas en el apartado 2.3.

- d) en el caso de edificios de viviendas, la limitación de la transmitancia térmica de las *particiones interiores* que limitan las unidades de uso con las zonas comunes del edificio según el apartado 2.4.
- 2 Estas comprobaciones se han de realizar mediante programas informáticos que desarrollen el método de cálculo.

### 3.3.2 Método de cálculo

#### 3.3.2.1 Especificaciones del método de cálculo

- 1 El método de cálculo que se utilice para demostrar el cumplimiento de la opción general se basará en cálculo hora a hora, en régimen transitorio, del comportamiento térmico del edificio, teniendo en cuenta de manera simultánea las solicitaciones exteriores e interiores y considerando los efectos de masa térmica.
- 2 El desarrollo del método de cálculo debe contemplar los aspectos siguientes:
  - a) particularización de las solicitaciones exteriores de radiación solar a las diferentes orientaciones e inclinaciones de los *cerramientos* de la envolvente, teniendo en cuenta las sombras propias del edificio y la presencia de otros edificios u obstáculos que pueden bloquear dicha radiación;
  - b) determinación de las sombras producidas sobre los huecos por obstáculos de fachada tales como voladizos, retranqueos, salientes laterales, etc.;
  - c) valoración de las ganancias y pérdidas por conducción a través de cerramientos opacos y huecos acristalados considerando la radiación absorbida;
  - d) transmisión de la radiación solar a través de las superficies semitransparentes teniendo en cuenta la dependencia con el ángulo de incidencia;
  - e) valoración del efecto de persianas y cortinas exteriores a través de coeficientes correctores del factor solar y de la transmitancia térmica del hueco.
  - f) cálculo de infiltraciones a partir de la permeabilidad de las ventanas;
  - g) comprobación de la limitación de condensaciones superficiales e intersticiales;
  - h) toma en consideración de la ventilación en términos de renovaciones/hora para las diferentes zonas y de acuerdo con unos patrones de variación horarios y estacionales.
  - i) valoración del efecto de las cargas internas, diferenciando sus fracciones radiantes y convectivas y teniendo en cuenta variaciones horarias de la intensidad de las mismas para cada zona térmica;
  - j) valoración de la posibilidad de que los espacios se comporten a temperatura controlada o en oscilación libre (durante los periodos en los que la temperatura de éstos se sitúe espontáneamente entre los valores de consigna y durante los periodos sin ocupación);
  - k) acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio que se encuentren a diferente nivel térmico.

#### 3.3.2.2 Descripción del edificio necesaria para la utilización del método de cálculo

- 1 Para el uso de la opción general se debe disponer de los datos que se detallan a continuación.
- 2 Para la definición geométrica será necesario especificar los siguientes datos o parámetros:
  - a) situación, forma, dimensiones de los lados, orientación e inclinación de todos los cerramientos de *espacios habitables y no habitables*. De igual manera se precisará si están en contacto con aire o con el terreno;
  - b) longitud de los puentes térmicos, tanto de los integrados en las fachadas como de los lineales procedentes de encuentros entre *cerramientos*;
  - c) para cada cerramiento la situación, forma y las dimensiones de los huecos (puertas, ventanas, lucernarios y claraboyas) contenidos en el mismo;
  - d) para cada hueco la situación, forma y las dimensiones de los obstáculos de fachada, incluyendo retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales y cualquier otro elemento de control solar exterior al hueco;
  - e) para las persianas y cortinas exteriores no se definirá su geometría sino que se incluirán coeficientes correctores de los parámetros de caracterización del hueco;
  - f) La situación, forma y dimensiones de aquellos obstáculos remotos que puedan arrojar sombra sobre los *cerramientos* exteriores del edificio.
- 3 Para la definición constructiva se precisarán para cada tipo de cerramiento los datos siguientes:
  - a) Parte opaca de los *cerramientos*:

- i) espesor y propiedades de cada una de las capas (conductividad térmica, densidad, calor específico y factor de resistencia a la difusión del vapor de agua);
  - ii) absorptividad de las superficies exteriores frente a la radiación solar en caso de que el cerramiento esté en contacto con el aire exterior;
  - iii) factor de temperatura de la superficie interior en caso de que se trate de cerramientos sin capa aislante.
- b) Puentes térmicos:
  - i) transmitancia térmica lineal
- c) Huecos y lucernarios:
  - i) transmitancia del acristalamiento y del marco;
  - ii) factor solar del acristalamiento;
  - iii) absorptividad del marco;
  - iv) corrector del factor solar y corrector de la transmitancia para persianas o cortinas exteriores;
  - v) permeabilidad al aire de las carpinterías de los huecos para una sobrepresión de 100 Pa. (Para las puertas se proporcionará siempre un valor por defecto igual a  $60 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ).
- 4 Se especificará para cada espacio si se trata de un *espacio habitable* o *no habitable*, indicando para estos últimos, si son de baja carga interna o alta carga interna.
- 5 Se indicarán para cada espacio la categoría del mismo en función de la clase de higrometría o, en caso de que se pueda justificar, la temperatura y la humedad relativa media mensual de dicho espacio para todos los meses del año.

### 3.3.2.3 Programa informático de referencia

- 1 El método de cálculo de la opción general se formaliza a través de un programa informático oficial o de referencia que realiza de manera automática los aspectos mencionados en el apartado anterior, previa entrada de los datos necesarios.
- 2 La versión oficial de este programa se denomina Limitación de la Demanda Energética, LIDER, y tiene la consideración de Documento Reconocido del CTE, estando disponible al público para su libre utilización.

### 3.3.2.4 Métodos alternativos de cálculo

- 1 Para la verificación de la opción general se podrán utilizar otros programas de ordenador alternativos basados en el método de cálculo y que sean Documentos Reconocidos del CTE.
- 2 Con el fin de que cualquier programa informático que desarrolle el método de cálculo pueda ser aceptado como procedimiento válido para cumplimentar la opción general, éste debe ser validado con el procedimiento que se establezca para su reconocimiento.

## 4 Productos de construcción

### 4.1 Características exigibles a los productos

- 1 Los edificios se caracterizan térmicamente a través de las propiedades higrotérmicas de los productos de construcción que componen su envolvente térmica.
- 2 Se distinguen los productos para los muros y la parte ciega de las cubiertas, de los productos para los huecos y lucernarios.
- 3 Los productos para los muros y la parte ciega de las cubiertas se definen mediante las siguientes propiedades higrométricas:
  - a) la conductividad térmica  $\lambda$  (W/mK);
  - b) el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua  $\mu$ .
- 4 En su caso, además se podrán definir las siguientes propiedades:
  - a) la densidad  $\rho$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );
  - b) el calor específico  $c_p$  ( $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ).

- 5 Los productos para huecos y lucernarios se caracterizan mediante los siguientes parámetros:
  - a) Parte semitransparente del hueco por:
    - i) la transmitancia térmica  $U$  ( $W/m^2K$ );
    - ii) el factor solar,  $g_L$ .
  - b) Marcos de huecos (puertas y ventanas) y lucernarios por:
    - i) la transmitancia térmica  $U$  ( $W/m^2K$ );
    - ii) la absorptividad  $\alpha$ .
- 6 Los valores de diseño de las propiedades citadas se obtendrán de valores declarados para cada producto, según marcado CE, o de Documentos Reconocidos para cada tipo de producto.
- 7 En el pliego de condiciones del proyecto debe expresarse las características higrotérmicas de los productos utilizados en los *cerramientos* y *particiones interiores* que componen la envolvente térmica del edificio. Si éstos están recogidos de Documentos Reconocidos, se podrán tomar los datos allí incluidos por defecto. Si no están incluidos, en la memoria deben incluirse los cálculos justificativos de dichos valores y consignarse éstos en el pliego.
- 8 En todos los casos se utilizarán valores térmicos de diseño, los cuales se pueden calcular a partir de los valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001. En general y salvo justificación los valores de diseño serán los definidos para una temperatura de 10 °C y un contenido de humedad correspondiente al equilibrio con un ambiente a 23 °C y 50 % de humedad relativa.

## 4.2 Características exigibles a los *cerramientos* y *particiones interiores* de la envolvente térmica

- 1 Las características exigibles a los *cerramientos* y *particiones interiores* son las expresadas mediante los parámetros característicos de acuerdo con lo indicado en el apartado 2 de este Documento Básico.
- 2 El cálculo de estos parámetros deberá figurar en la memoria del proyecto. En el pliego de condiciones del proyecto se consignarán los valores y características exigibles a los *cerramientos* y *particiones interiores*.

## 4.3 Control de recepción en obra de productos

- 1 En el pliego de condiciones del proyecto se indicarán las condiciones particulares de control para la recepción de los productos que forman los *cerramientos* y *particiones interiores* de la envolvente térmica, incluyendo los ensayos necesarios para comprobar que los mismos reúnen las características exigidas en los apartados anteriores.
- 2 Debe comprobarse que los productos recibidos:
  - a) corresponden a los especificados en el pliego de condiciones del proyecto;
  - b) disponen de la documentación exigida;
  - c) están caracterizados por las propiedades exigidas;
  - d) han sido ensayados, cuando así se establezca en el pliego de condiciones o lo determine el director de la ejecución de la obra con el visto bueno del director de obra, con la frecuencia establecida.
- 3 En el control se seguirán los criterios indicados en el artículo 7.2 de la Parte I del CTE.

## 5 Construcción

- 1 En el proyecto se definirán y justificarán las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, así como las condiciones de ejecución de cada unidad de obra, con las verificaciones y controles especificados para comprobar su conformidad con lo indicado en dicho proyecto, según lo indicado en el artículo 6 de la Parte I del CTE.

### 5.1 Ejecución

- 1 Las obras de construcción del edificio se ejecutarán con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable, a las normas de la buena práctica constructiva y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7 de la Parte I

del CTE. En el pliego de condiciones del proyecto se indicarán las condiciones particulares de ejecución de los *cerramientos* y *particiones interiores* de la *envolvente térmica*.

## **5.2 Control de la ejecución de la obra**

- 1 El control de la ejecución de las obras se realizará de acuerdo con las especificaciones del proyecto, sus anexos y modificaciones autorizados por el director de obra y las instrucciones del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7.3 de la Parte I del CTE y demás normativa vigente de aplicación.
- 2 Se comprobará que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con los controles y con la frecuencia de los mismos establecida en el pliego de condiciones del proyecto.
- 3 Cualquier modificación que pueda introducirse durante la ejecución de la obra quedará en la documentación de la obra ejecutada sin que en ningún caso dejen de cumplirse las condiciones mínimas señaladas en este Documento Básico.

### **5.2.1 Cerramientos y *particiones interiores* de la *envolvente térmica***

- 1 Se prestará especial cuidado en la ejecución de los puentes térmicos integrados en los *cerramientos* tales como pilares, contornos de huecos y cajas de persiana, atendiéndose a los detalles constructivos correspondientes.
- 2 Se controlará que la puesta en obra de los aislantes térmicos se ajusta a lo indicado en el proyecto, en cuanto a su colocación, posición, dimensiones y tratamiento de puntos singulares.
- 3 Se prestará especial cuidado en la ejecución de los puentes térmicos tales como frentes de forjado y encuentro entre *cerramientos*, atendiéndose a los detalles constructivos correspondientes.

### **5.2.2 Condensaciones**

- 1 Si es necesario la interposición de una barrera de vapor, ésta se colocará en la cara caliente del cerramiento y se controlará que durante su ejecución no se produzcan roturas o deterioros en la misma.

### **5.2.3 Permeabilidad al aire**

- 1 Se comprobará que la fijación de los cercos de las carpinterías que forman los huecos (puertas y ventanas) y lucernarios, se realiza de tal manera que quede garantizada la estanquidad a la permeabilidad del aire especificada según la zonificación climática que corresponda.

## **5.3 Control de la obra terminada**

- 1 En el control de la obra terminada se seguirán los criterios indicados en el artículo 7.4 de la Parte I del CTE.
- 2 En esta Sección del Documento Básico no se prescriben pruebas finales.



## Apéndice A Terminología

**Absortividad:** Fracción de la radiación solar incidente a una superficie que es absorbida por la misma. La absortividad va de 0,0 (0%) hasta 1,0 (100%).

**Bienestar térmico:** Condiciones interiores de temperatura, humedad y velocidad del aire establecidas reglamentariamente que se considera que producen una sensación de bienestar adecuada y suficiente a sus ocupantes.

**Cerramiento:** Elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios.

**Componentes del edificio:** Se entienden por componentes del edificio los que aparecen en su *envolvente edificatoria*: *cerramientos*, *huecos* y *puentes térmicos*.

**Condiciones higrotérmicas:** Son las condiciones de temperatura seca y humedad relativa que prevalecen en los ambientes exterior e interior para el cálculo de las condensaciones intersticiales.

**Demanda energética:** Es la energía necesaria para mantener en el interior del edificio unas condiciones de confort definidas reglamentariamente en función del uso del edificio y de la zona climática en la que se ubique. Se compone de la demanda energética de calefacción, correspondientes a los meses de la temporada de calefacción y de refrigeración respectivamente.

**Edificio de referencia:** Edificio obtenido a partir del edificio objeto, cuya demanda energética debe ser mayor, tanto en régimen de calefacción como de refrigeración, que la del edificio objeto. Se obtiene a partir del edificio objeto sustituyendo los *cerramientos* por otros que cumplen los requisitos de la opción simplificada.

**Edificio objeto:** Edificio del que se quiere verificar el cumplimiento de la reglamentación.

**Emisividad:** Capacidad relativa de una superficie para radiar calor. Los factores de emisividad van de 0,0 (0%) hasta 1,0 (100%).

**Envolvente edificatoria:** Se compone de todos los *cerramientos* del edificio.

**Envolvente térmica:** Se compone de los *cerramientos* del edificio que separan los recintos *habitables* del ambiente exterior y las *particiones interiores* que separan los *recintos habitables* de los *no habitables* que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

**Espacio habitable:** Espacio formado por uno o varios *recintos habitables* contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de demanda energética.

**Espacio habitable de baja carga interna:** Espacio donde se disipa poco calor. Comprende principalmente los recintos destinados a residir en ellos, con carácter eventual o permanente. En esta categoría se incluyen todos los espacios de edificios de viviendas y aquellas zonas o espacios de edificios asimilables a éstos en uso y dimensión, tales como habitaciones de hotel, habitaciones de hospitales y salas de estar, así como sus zonas de circulación vinculadas.

En el caso de espacios no destinados a viviendas, el proyectista estimará si el calor disipado por las fuentes internas en el interior del espacio se puede asimilar a la que se podría producir si fuera un espacio de vivienda, por ejemplo, una pequeña sala de estar de una residencia de ancianos podría tener las mismas fuentes internas que un salón de una vivienda.

**Espacio no habitable:** Espacio formado por uno o varios *recintos no habitables* contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de demanda energética.

**Exceso de humedad interior:** Cociente entre la cantidad media de producción de humedad producida en el interior de un espacio (kg/h) y el producto de la tasa de renovación de aire por el volumen del mismo ( $\text{m}^3/\text{h}$ ). El exceso de humedad interior se expresa en  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

**Lucernario:** Cualquier hueco situado en una cubierta, por tanto su inclinación será menor de 60° respecto a la horizontal.

**Factor de sombra:** Es la fracción de la radiación incidente en un hueco que no es bloqueada por la presencia de obstáculos de fachada tales como retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales u otros.

**Factor de temperatura de la superficie interior:** Es el cociente entre la diferencia de temperatura superficial interior y la del ambiente exterior y la diferencia de temperatura del ambiente interior y exterior.

**Factor solar:** Es el cociente entre la radiación solar a incidencia normal que se introduce en el edificio a través del acristalamiento y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco perfectamente transparente.

**Factor solar modificado:** Producto del factor solar por el factor de sombra.

**Grados-día:** Grados-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.

**Hueco:** Es cualquier elemento semitransparente de la *envolvente del edificio*. Comprende las ventanas y puertas acristaladas.

**Humedad relativa:** Es la fracción de la presión de saturación que representa la presión parcial del vapor de agua en el espacio o ambiente exterior en estudio. Se tiene en cuenta en el cálculo de las condensaciones, superficiales e intersticiales en los cerramientos.

**Invernadero adosado:** Recinto no acondicionado formado por un cerramiento exterior con un porcentaje alto de superficie acristalada que se coloca adyacente a las fachadas de un edificio. El elemento de fachada que actúa de separación entre el invernadero y las zonas interiores del edificio puede incluir también acristalamientos. Es posible la existencia de una circulación de aire generalmente forzada a través de dicho recinto, bien en forma de recirculación del aire interior o de precalentamiento de aire exterior que se usa para ventilación. A esta misma categoría pertenecen las galerías y los balcones acristalados.

**Material:** Parte de un producto si considerar su modo de entrega, forma y dimensiones, sin ningún revestimiento o recubrimiento.

**Muro parietodinámico:** *Cerramiento* que aprovecha la energía solar para el precalentamiento del aire exterior de ventilación. Generalmente está formado por una hoja interior de fábrica, una cámara de aire y una hoja exterior acristalada o metálica que absorbe la radiación solar. La circulación del aire puede ser natural (termosifón) o forzada.

**Muro Trombe:** *Cerramiento* que aprovecha la energía solar para el calentamiento por recirculación del aire interior del edificio. Generalmente está formado por una hoja interior de fábrica, una cámara de aire y un acristalamiento exterior. La circulación del aire puede ser natural (termosifón) o forzada. También se denomina muro solar ventilado.

**Parámetro característico:** Los parámetros característicos son las magnitudes que se suministran como datos de entrada a los procedimientos de cumplimentación, tanto el simplificado como el general.

**Partición interior:** Elemento constructivo del edificio que divide su interior en recintos independientes. Pueden ser verticales u horizontales (suelos y techos).

**Permeabilidad al aire:** 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.

**Permeabilidad al vapor de agua:** 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.



**Porcentaje de huecos:** Fracción del área total de la fachada ocupada por los huecos de la misma, expresada en porcentaje.

**Producto:** Forma final de un material listo para su uso, de forma y dimensiones dadas y que incluye cualquier recubrimiento o revestimiento.

**Puente térmico:** Se consideran puentes térmicos las zonas de la envolvente del edificio en las que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio del espesor del cerramiento, de los materiales empleados, por penetración de elementos constructivos con diferente conductividad, etc., lo que conlleva necesariamente una minoración de la resistencia térmica respecto al resto de los cerramientos. Los puentes térmicos son partes sensibles de los edificios donde aumenta la posibilidad de producción de condensaciones superficiales, en la situación de invierno o épocas frías.

Los puentes térmicos más comunes en la edificación, que se tendrán en cuenta en el análisis, se clasifican en:

- a) puentes térmicos integrados en los *cerramientos*:
  - i) pilares integrados en los *cerramientos* de las fachadas;
  - ii) contorno de huecos y lucernarios;
  - iii) cajas de persianas;
  - iv) otros puentes térmicos integrados;
- b) puentes térmicos formados por encuentro de *cerramientos*:
  - i) frentes de forjado en las fachadas;
  - ii) uniones de cubiertas con fachadas;
    - cubiertas con pretil;
    - cubiertas sin pretil;
  - iii) uniones de fachadas con *cerramientos* en contacto con el terreno;
    - unión de fachada con losa o solera;
    - unión de fachada con muro enterrado o pantalla;
  - iv) esquinas o encuentros de fachadas, dependiendo de la posición del ambiente exterior respecto se subdividen en:
    - esquinas entrantes;
    - esquinas salientes;
- c) encuentros de voladizos con fachadas;
- d) encuentros de tabiquería interior con fachadas.

**Recinto habitable:** Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se consideran recintos habitables los siguientes:

- a) habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales;
- b) aulas, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente;
- c) quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario;
- d) oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo;
- e) cocinas, baños, aseos, pasillos y distribuidores, en edificios de cualquier uso;
- f) zonas comunes de circulación en el interior de los edificios;
- g) cualquier otro con un uso asimilable a los anteriores.

**Recinto no habitable:** Recinto interior no destinado al uso permanente de personas o cuya ocupación, por ser ocasional o excepcional y por ser bajo el tiempo de estancia, sólo exige unas condiciones de salubridad adecuadas. En esta categoría se incluyen explícitamente como no habitables los garajes, trasteros, las cámaras técnicas y desvanes no acondicionados, y sus zonas comunes.

**Régimen de invierno:** Condiciones de uso del edificio que prevalecen durante la temporada de calefacción.

**Régimen de verano:** Condiciones de uso del edificio que prevalecen durante la temporada de refrigeración.

**Severidad climática:** La severidad climática de una localidad es el cociente entre la demanda energética de un edificio cualquiera en dicha localidad y la correspondiente al mismo edificio en una localidad de referencia. En la presente reglamentación se ha tomado Madrid como localidad de referencia, siendo, por tanto, su severidad climática la unidad. Se define una severidad climática para verano y una para invierno.

**Temporada de calefacción:** En la presente Sección se extiende, como mínimo, de diciembre a febrero.

**Temporada de refrigeración:** En la presente Sección se extiende de junio a septiembre.

**Transmitancia térmica:** Es el flujo de calor, en régimen estacionario, dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera.

**Unidad de uso:** Edificio o parte de él destinada a un uso específico, en la que sus usuarios están vinculados entre sí bien por pertenecer a una misma unidad familiar, empresa, corporación; o bien por formar parte de un grupo o colectivo que realiza la misma actividad. Se consideran unidades de uso diferentes entre otras, las siguientes:

En edificios de vivienda, cada una de las viviendas.

En hospitales, hoteles, residencias, etc., cada habitación incluidos sus anexos.

En edificios docentes, cada aula, laboratorio, etc.

**Zona climática:** En esta Sección se definen 12 zonas climáticas en función de las severidades climáticas de invierno (A, B, C, D, E) y verano (1, 2, 3, 4) de la localidad en cuestión. Se excluyen las combinaciones imposibles para la climatología española.

## Apéndice B Notaciones y unidades

$\alpha$	Absortividad, adimensional
$\beta$	Angulo de inclinación de lamas horizontales, grados sexagesimales
$\varphi$	Humedad relativa, en %
$\varphi_e$	Humedad relativa exterior, en %
$\varphi_i$	Humedad relativa interior, en %
$\theta_n$	Temperatura en la capa n, en °C
$\theta_e$	Temperatura exterior, en °C
$\theta_i$	Temperatura interior, en °C
$\theta_{si}$	Temperatura superficial interior, en °C
$\theta_{si,min}$	Temperatura superficial interior mínima aceptable, en °C
$\theta_{se}$	Temperatura superficial exterior, en °C
$\lambda$	Conductividad térmica, en W/m.K
$\rho$	Densidad, en Kg/m <sup>3</sup>
$\mu$	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, adimensional
$\sigma$	Angulo de orientación de lamas verticales, grados sexagesimales
$\tau$	Transmitancia de tejido en toldos, adimensional
$c_p$	Calor específico, en J/Kg.K
$A$	Área de la solera o losa, m <sup>2</sup>
$D$	Ancho de banda de aislamiento, en m
$G$	Ritmo de producción de la humedad interior, en kg/h
$\Delta v$	Exceso de humedad interior $v_i - v_e$ , en kg/m <sup>3</sup>
$\Delta p$	Exceso de presión de vapor interior $P_i - P_e$ , en Pa
$n$	Tasa de renovación de aire, en h <sup>-1</sup>
$R_v$	Constante de gas para el agua = 462 Pa m <sup>3</sup> / (K kg)
$T$	Temperatura en K
$f_{Rsi}$	Factor de temperatura de la superficie interior, adimensional
$f_{Rsi,min}$	Factor de temperatura de la superficie interior mínimo, adimensional
$F$	Factor solar modificado
$F_s$	Factor de sombra, adimensional
$F_H$	Factor solar modificado de huecos
$F_L$	Factor solar modificado de lucernarios
$F_{Hlim}$	Factor solar modificado límite de huecos
$F_{Llim}$	Factor solar modificado límite de lucernarios
$F_{Hm}$	Factor solar modificado medio de huecos
$F_{Lm}$	Factor solar modificado medio de lucernarios
$FM$	Fracción de marco
$g_{\perp}$	Factor solar de la parte transparente de un hueco, para radiación solar a incidencia normal, adimensional
$P$	Presión de vapor del aire, en Pa
$P_e$	Presión de vapor del aire exterior, en Pa
$P_i$	Presión de vapor del aire interior, en Pa
$P_n$	Presión de vapor del aire en la capa n, en Pa
$P_{sat}$	Presión de vapor de saturación, en Pa
$R_n$	Resistencia térmica de la capa n de un cerramiento, en m <sup>2</sup> K/ W
$R_m$	Resistencia térmica del muro enterrado, en m <sup>2</sup> K/ W
$R_a$	Resistencia térmica del aislante en soleras o losas, en m <sup>2</sup> K/ W

---

$R_{se}$	Resistencia térmica superficial exterior, en $m^2 K/ W$
$R_{si}$	Resistencia térmica superficial interior, en $m^2 K/ W$
$R_u$	Resistencia térmica para espacios no habitables, en $m^2 K/ W$
$R_T$	Resistencia térmica total, en $m^2 K/ W$
$R_g$	Resistencia térmica de una cavidad de aire sin ventilar, en $m^2 K/ W$
$S_{dn}$	Espesor equivalente de la capa n de un cerramiento, en m
$U$	Transmitancia térmica, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_M$	Transmitancia térmica de muros, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Mlim}$	Transmitancia térmica límite de muros, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Mm}$	Transmitancia térmica media de muros, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_C$	Transmitancia térmica de cubiertas, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Clim}$	Transmitancia térmica límite de cubiertas, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Cm}$	Transmitancia térmica media de cubiertas, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_L$	Transmitancia térmica de lucernarios, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_F$	Transmitancia térmica de fachadas con un porcentaje de huecos $>60\%$ , en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_H$	Transmitancia térmica de huecos, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Hlim}$	Transmitancia térmica límite de huecos, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Hm}$	Transmitancia térmica media de huecos, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{H,v}$	Transmitancia térmica de la parte acristalada del hueco, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{H,m}$	Transmitancia térmica del marco del hueco, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_T$	Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Tm}$	Transmitancia térmica media de cerramientos en contacto con el terreno, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_S$	Transmitancia térmica de suelos, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Slim}$	Transmitancia térmica límite de suelos, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Sm}$	Transmitancia térmica media de suelos, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_f$	Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con la cámara de aire, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_P$	Transmitancia térmica de <i>particiones interiores</i> , en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$u$	Coefficiente de transmisión térmica lineal para soleras y losas, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$e$	Espesor de una capa, en m
$\epsilon$	Emisividad de una superficie, adimensional
$E$	Factor de emisividad entre las superficies, adimensional
$h_a$	Coefficiente de conducción convección, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$h_{ro}$	Coefficiente de radiación para una superficie negra, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$

## **Apéndice C Normas de referencia**

### **Normas de cálculo**

**UNE EN ISO 10 211-1:1995** “Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales. Parte 1: Métodos generales de cálculo”

**UNE EN ISO 10 211-2: 2002** “Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales. Parte 2: Puentes térmicos lineales”

**UNE EN ISO 6 946: 1997** “Elementos y componentes de edificación. Resistencia y transmitancia térmica. Método de cálculo”

**UNE EN ISO 13 370 : 1999** “Prestaciones térmicas de edificios. Transmisión de calor por el terreno. Métodos de cálculo”

**EN ISO 13 788:2001** “Características higrotérmicas de los elementos y componentes de la edificación. Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial. Métodos de cálculo”

**UNE EN 673:1998** “Vidrio en la construcción. Determinación del coeficiente de transmisión térmica, U. Método de cálculo.”

**UNE EN 673/A1: 2001**

**UNE EN 673/A2: 2003**

**UNE EN ISO 10 077-1: 2001** “Características térmicas de ventanas, puertas y contraventanas. Cálculo del coeficiente de transmisión térmica. Parte 1: Método simplificado”

**UNE EN 410:1998** “Vidrio para la edificación. Determinación de las características luminosas y solares de los acristalamientos”

### **Normas de producto**

**UNE EN ISO 10456: 2001** “Materiales y productos para la edificación. Procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados y de diseño”

### **Normas de ensayo**

**UNE EN 1 026: 2000** “Ventanas y puertas. Permeabilidad al aire. Método de ensayo”

**UNE EN 12 207: 2000** “Puertas y ventanas. Permeabilidad al aire. Clasificación”



## Apéndice D Zonas climáticas

### D.1 Determinación de la zona climática a partir de valores tabulados

- 1 La zona climática de cualquier localidad en la que se ubiquen los edificios se obtiene de la tabla D.1 en función de la diferencia de altura que exista entre dicha localidad y la altura de referencia de la capital de su provincia. Si la diferencia de altura fuese menor de 200 m o la localidad se encontrase a una altura inferior que la de referencia, se tomará, para dicha localidad, la misma zona climática que la que corresponde a la capital de provincia.

Tabla D.1.- Zonas climáticas

Provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Melilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de gran canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

### D.2 Determinación de la zona climática a partir de registros climáticos

- 1 La determinación de zonas climáticas, para localidades que dispongan de registros climáticos contrastados, se obtendrá a partir del cálculo de las severidades climáticas de invierno y de verano para dichas localidades.
- 2 Una vez obtenidas las dos severidades climáticas, la zona climática se determinará localizando los dos intervalos correspondientes en los que se encuentran dichas severidades, de acuerdo con la figura D.1.

- 3 La severidad climática combina los *grados-día* y la radiación solar de la localidad, de forma que se puede demostrar que cuando dos localidades tienen la misma severidad climática de invierno (SCI) la demanda energética de calefacción de un mismo edificio situado en ambas localidades es sensiblemente igual. Lo mismo es aplicable para la severidad climática de verano (SCV).
- 4 Para invierno se definen cinco divisiones distintas correspondientes a los siguientes intervalos de valores:

Tabla D.2a - Severidad climática de invierno

A	B	C	D	E
$SCI \leq 0,3$	$0,3 < SCI \leq 0,6$	$0,6 < SCI \leq 0,95$	$0,95 < SCI \leq 1,3$	$SCI > 1,3$

- 5 Para verano se definen 4 divisiones distintas correspondientes a los siguientes intervalos de valores:

Tabla D.2b - Severidad climática de verano

1	2	3	4
$SCV \leq 0,6$	$0,6 < SCV \leq 0,9$	$0,9 < SCV \leq 1,25$	$SCV > 1,25$

- 6 Combinando las 5 divisiones de invierno con las 4 de verano se obtendrían 20 zonas distintas, de las cuales se han retenido únicamente las 12 en las cuales se ubican las localidades españolas.
- 7 Las 12 zonas retenidas se identifican mediante una letra, correspondiente a la división de invierno, y un número, correspondiente a la división de verano, como se muestra en la figura D.1.

SC (verano)	A4	B4	C4		E1
	A3	B3	C3	D3	
			C2	D2	
			C1	D1	
	SC (invierno)				

Figura D1. Zonas climáticas

- 8 Para las zonas A1 y A2 se considerarán a todos los efectos, las mismas exigencias correspondientes a la zona climática A3.
- 9 Para las zonas B1 y B2 se considerarán a todos los efectos, las mismas exigencias correspondientes a la zona climática B3.
- 10 Para las zonas E2, E3, E4 se considerarán a todos los efectos, las mismas exigencias correspondientes a la zona climática E1.

## D.2.1 Cálculo de las severidades climáticas

### D.2.1.1 Severidad climática de Invierno (SCI)

- 1 En función de la disponibilidad de datos climáticos existen dos correlaciones alternativas:
- a) correlación1: a partir de los grados-día de invierno, y de la radiación global acumulada.
- $$SCI = a \cdot Rad + b \cdot GD + c \cdot Rad \cdot GD + d \cdot (Rad)^2 + e \cdot (GD)^2 + f \quad (D.1)$$

siendo

GD la media de los grados-día de invierno en base 20 para los meses de enero, febrero, y diciembre. Para cada mes están calculados en base horaria, y posteriormente divididos por 24;

Rad la media de la radiación global acumulada para los meses de enero, febrero, y diciembre [kW h / m<sup>2</sup>].

a	b	c	d	e	f
$-8,35 \cdot 10^{-3}$	$3,72 \cdot 10^{-3}$	$-8,62 \cdot 10^{-6}$	$4,88 \cdot 10^{-5}$	$7,15 \cdot 10^{-7}$	$-6,81 \cdot 10^{-2}$



- b) correlación 2: a partir de los grados-día de invierno, y del ratio entre número de horas de sol y número de horas de sol máximas.

$$SCI = a \cdot GD + b \cdot n/N + c \cdot (GD)^2 + d \cdot (n/N)^2 + e \quad (D.2)$$

siendo

GD la media de los grados-día de invierno en base 20 para los meses de enero, febrero, y diciembre. Para cada mes están calculados en base horaria, y posteriormente divididos por 24;

n/N el ratio entre número de horas de sol y número de horas de sol máximas sumadas cada una de ellas por separado para los meses de enero, febrero, y diciembre.

a	b	c	d	e
$2,395 \cdot 10^{-3}$	-1,111	$1,885 \cdot 10^{-6}$	$7,026 \cdot 10^{-1}$	$5,709 \cdot 10^{-2}$

#### D.2.2.2 Severidad climática de Verano (SCV)

- 1 Al igual que para invierno, en función de la disponibilidad de datos climáticos existen dos correlaciones alternativas:

- a) correlación 1: a partir de los grados-día de verano y de la radiación global acumulada.

$$SCV = a \cdot Rad + b \cdot GD + c \cdot Rad \cdot GD + d \cdot (Rad)^2 + e \cdot (GD)^2 + f \quad (D.3)$$

siendo

GD la media de los grados-día de verano en base 20 para los meses de junio, julio, agosto, y septiembre. Para cada mes están calculados en base horaria, y posteriormente divididos por 24;

Rad la media de la radiación global acumulada para los meses de junio, julio, agosto, y septiembre [kW h / m<sup>2</sup>].

a	b	c	d	e	f
$3,724 \cdot 10^{-3}$	$1,409 \cdot 10^{-2}$	$-1,869 \cdot 10^{-5}$	$-2,053 \cdot 10^{-6}$	$-1,389 \cdot 10^{-5}$	$-5,434 \cdot 10^{-1}$

- b) correlación 2: a partir de los grados-día de verano, y del ratio entre número de horas de sol y número de horas de sol máximas.

$$SCV = a \cdot GD + b \cdot n/N + c \cdot (GD)^2 + d \cdot (n/N)^2 + e \quad (D.4)$$

siendo

GD la media de los grados-día de verano en base 20 para los meses de junio, julio, agosto, y septiembre. Para cada mes están calculados en base horaria, y posteriormente divididos por 24;

n/N el ratio entre número de horas de sol y número de horas de sol máximas sumadas cada una de ellas por separado para los meses de junio, julio, agosto, y septiembre.

a	b	c	d	e
$1,090 \cdot 10^{-2}$	1,023	$-1,638 \cdot 10^{-5}$	$-5,977 \cdot 10^{-1}$	$-3,370 \cdot 10^{-1}$



## Apéndice E Cálculo de los parámetros característicos de la demanda

### E.1 Transmitancia térmica

#### E.1.1 Cerramientos en contacto con el aire exterior

- Este cálculo es aplicable a la parte opaca de todos los *cerramientos* en contacto con el aire exterior tales como muros de fachada, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior. De la misma forma se calcularán los puentes térmicos integrados en los citados cerramientos cuya superficie sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>, despreciándose en este caso los efectos multidimensionales del flujo de calor.

- La transmitancia térmica U (W/m<sup>2</sup>K) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (E.1)$$

siendo

$R_T$  la resistencia térmica total del componente constructivo [m<sup>2</sup> K/ W].

- La resistencia térmica total  $R_T$  de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (E.2)$$

siendo

$R_1, R_2, \dots, R_n$  las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (E.3) [m<sup>2</sup> K/W];

$R_{si}$  y  $R_{se}$  las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [m<sup>2</sup> K/W].

- En caso de un componente constituido por capas homogéneas y heterogéneas la resistencia térmica total  $R_T$  debe calcularse mediante el procedimiento descrito en el apéndice F.
- La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (E.3)$$

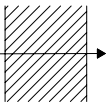
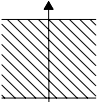
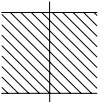
siendo

$e$  el espesor de la capa [m].

En caso de una capa de espesor variable se considerará el espesor medio.

$\lambda$  la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de Documentos Reconocidos, [W/m K].

**Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m<sup>2</sup>K/W**

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente		0,04	0,17

- 6 Las cámaras de aire pueden ser consideradas por su resistencia térmica, para ello se considerarán:

a) cámara de aire sin ventilar: aquella en la que no existe ningún sistema específico para el flujo del aire a través de ella. Una cámara de aire que no tenga aislamiento entre ella y el ambiente exterior pero con pequeñas aberturas al exterior puede también considerarse como cámara de aire sin ventilar, si esas aberturas no permiten el flujo de aire a través de la cámara y no exceden:

- i)  $500 \text{ mm}^2$  por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;
- ii)  $500 \text{ mm}^2$  por  $\text{m}^2$  de superficie para cámaras de aire horizontales.

La resistencia térmica de las cámaras de aires sin ventilar viene definida en la tabla E.2 en función de su espesor. Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Los valores son aplicables cuando la cámara:

- esté limitada por dos superficies paralelas entre sí y perpendiculares a la dirección del flujo de calor y cuyas emisividades sean superiores a 0,8;
- tengan un espesor menor a 0,1 veces cada una de las otras dos dimensiones y no mayor a 0,3 m;
- no tenga intercambio de aire con el ambiente interior.

**Tabla E.2 Resistencias térmicas de cámaras de aire en  $\text{m}^2 \text{ K/W}$**

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

Para un cálculo más detallado se considera válido el procedimiento descrito en el apartado B.2 de la norma UNE EN ISO 6 946:1997.

b) cámara de aire ligeramente ventilada: aquella en la que no existe un dispositivo para el flujo de aire limitado a través de ella desde el ambiente exterior pero con aberturas dentro de los siguientes rangos:

- i)  $500 \text{ mm}^2 < S_{\text{aberturas}} \leq 1500 \text{ mm}^2$  por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;
- ii)  $500 \text{ mm}^2 < S_{\text{aberturas}} \leq 1500 \text{ mm}^2$  por  $\text{m}^2$  de superficie para cámaras de aire horizontales.

La resistencia térmica de una cámara de aire ligeramente ventilada es la mitad de los valores de la tabla E.2.

c) cámara de aire muy ventilada: aquella en que los valores de las aberturas exceden:

- i)  $1500 \text{ mm}^2$  por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;
- ii)  $1500 \text{ mm}^2$  por  $\text{m}^2$  de superficie para cámaras de aire horizontales.

- 7 Para cámaras de aire muy ventiladas, la resistencia térmica total del cerramiento se obtendrá despreciando la resistencia térmica de la cámara de aire y las de las demás capas entre la cámara de aire y el ambiente exterior, e incluyendo una resistencia superficial exterior correspondiente al aire en calma, igual a la resistencia superficial interior del mismo elemento.

- 8 La transmitancia térmica  $U_{\text{MD}}$  ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ) de las medianerías se calculará como un cerramiento en contacto con el exterior pero considerando las resistencias superficiales como interiores.

## E.1.2 Cerramientos en contacto con el terreno

### E.1.2.1 Suelos en contacto con el terreno

- 1 Para el cálculo de la transmitancia  $U_s$  ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ) se consideran en este apartado:

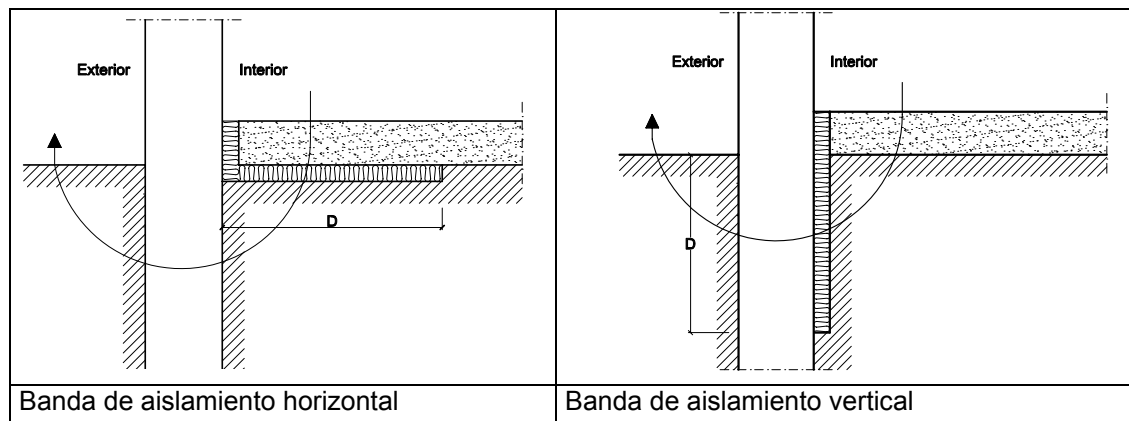
CASO 1 soleras o losas apoyadas sobre el nivel del terreno o como máximo 0,50 m por debajo de éste;

CASO 2 soleras o losas a una profundidad superior a 0,5 m respecto al nivel del terreno.

### CASO 1

- 1 La transmitancia térmica  $U_s$  ( $W/m^2K$ ) se obtendrá de la tabla E.3 en función del ancho  $D$  de la banda de aislamiento perimetrico, de la resistencia térmica del aislante  $R_a$  calculada mediante la expresión (E.3) y la longitud característica  $B'$  de la solera o losa.
- 2 Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

**Figura E.1. Soleras con aislamiento perimetral**



- 3 Se define la longitud característica  $B'$  como el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro, según la expresión:

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P} \quad (E.4)$$

siendo

$P$  la longitud del perímetro de la solera [m];

$A$  el área de la solera [ $m^2$ ].

- 4 Para soleras o losas sin aislamiento térmico, la transmitancia térmica  $U_s$  se tomará de la columna  $R_a = 0 \text{ m}^2 \text{ K/W}$  en función de su longitud característica  $B'$ .
- 5 Para soleras o losas con aislamiento continuo en toda su superficie se tomarán los valores de la columna  $D \geq 1,5 \text{ m}$ .
- 6 La transmitancia térmica del primer metro de losa o solera se obtendrá de la fila  $B' = 1$ .

**Tabla E.3 Transmitancia térmica  $U_s$  en  $W/m^2 K$**

$B'$	$R_a$	$D = 0.5 \text{ m}$					$D = 1.0 \text{ m}$					$D \geq 1.5 \text{ m}$				
		$R_a \text{ (m}^2 \text{ K/W)}$					$R_a \text{ (m}^2 \text{ K/W)}$					$R_a \text{ (m}^2 \text{ K/W)}$				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
$\geq 20$	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

- 7 Alternativamente, para un cálculo más detallado de la transmitancia térmica  $U_s$  podrá utilizarse la metodología descrita en la norma UNE EN ISO 13 370:1999.

## CASO 2

- 1 La transmitancia térmica  $U_s$  ( $W/m^2K$ ) se obtendrá de la tabla E.4 en función de la profundidad  $z$  de la solera o losa respecto al nivel del terreno, de su resistencia térmica  $R_f$  calculada mediante la expresión (E.2), despreciando las resistencias térmicas superficiales, y la longitud característica  $B'$  calculada mediante la expresión (E.4).
- 2 Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

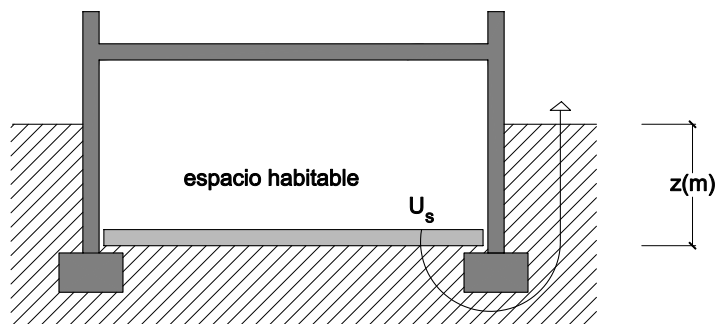


Figura E.2. Solera enterrada

- 3 La transmitancia térmica para el primer metro del muro enterrado se obtendrá de la columna  $z=1m$ .

Tabla E.4 Transmitancia térmica  $U_s$  en  $W/m^2 K$

$B'$	$0.5 m < z \leq 1.0 m$				$1.0 m < z \leq 2.0 m$				$2.0 m < z \leq 3.0 m$				$z > 3.0 m$			
	$R_f (m^2 K/W)$				$R_f (m^2 K/W)$				$R_f (m^2 K/W)$				$R_f (m^2 K/W)$			
	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50
5	0,64	0,52	0,44	0,39	0,54	0,45	0,40	0,36	0,42	0,37	0,34	0,31	0,35	0,32	0,29	0,27
6	0,57	0,46	0,40	0,35	0,48	0,41	0,36	0,33	0,38	0,34	0,31	0,28	0,32	0,29	0,27	0,25
7	0,52	0,42	0,37	0,33	0,44	0,38	0,33	0,30	0,35	0,31	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,24
8	0,47	0,39	0,34	0,30	0,40	0,35	0,31	0,28	0,33	0,29	0,27	0,25	0,28	0,26	0,24	0,22
9	0,43	0,36	0,32	0,28	0,37	0,32	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,23	0,26	0,24	0,22	0,21
10	0,40	0,34	0,30	0,27	0,35	0,30	0,27	0,25	0,29	0,26	0,24	0,22	0,25	0,23	0,21	0,20
12	0,36	0,30	0,27	0,24	0,31	0,27	0,24	0,22	0,26	0,23	0,21	0,20	0,22	0,21	0,19	0,18
14	0,32	0,27	0,24	0,22	0,28	0,25	0,22	0,20	0,23	0,21	0,20	0,18	0,20	0,19	0,18	0,17
16	0,29	0,25	0,22	0,20	0,25	0,23	0,20	0,19	0,21	0,20	0,18	0,17	0,19	0,17	0,16	0,16
18	0,26	0,23	0,20	0,19	0,23	0,21	0,19	0,18	0,20	0,18	0,17	0,16	0,17	0,16	0,15	0,15
$\geq 20$	0,24	0,21	0,19	0,17	0,22	0,19	0,18	0,16	0,18	0,17	0,16	0,15	0,16	0,15	0,14	0,14

- 2 Alternativamente, para un cálculo más detallado de la transmitancia térmica  $U_s$  podrá utilizarse la metodología descrita en la norma UNE EN ISO 13 370:1999.

### E.1.2.2 Muros en contacto con el terreno

- 1 La transmitancia térmica  $U_T$  ( $W/m^2K$ ) de los muros o pantallas en contacto con el terreno se obtendrá de la tabla E.5 en función de su profundidad  $z$ , y de la resistencia térmica del muro  $R_m$  calculada mediante la expresión (E.2) despreciando las resistencias térmicas superficiales.
- 2 Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

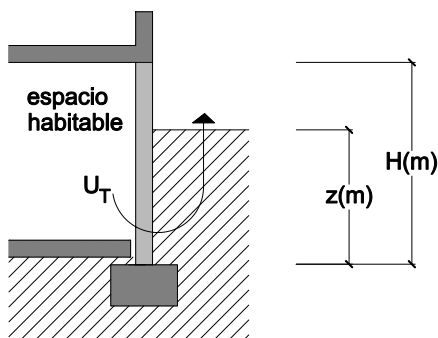


Figura E.3 Muro en contacto con el terreno

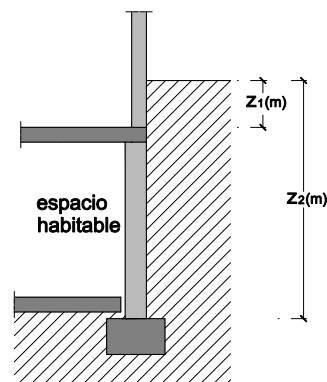


Figura E.4 Muro enterrado

Tabla E.5 Transmitancia térmica de muros enterrados  $U_T$  en  $W/m^2 K$ 

$R_m$ ( $m^2 K/W$ )	Profundidad $z$ de la parte enterrada del muro (m)					
	0,5	1	2	3	4	$\geq 6$
0,00	3,05	2,20	1,48	1,15	0,95	0,71
0,50	1,17	0,99	0,77	0,64	0,55	0,44
1,00	0,74	0,65	0,54	0,47	0,42	0,34
1,50	0,54	0,49	0,42	0,37	0,34	0,28
2,00	0,42	0,39	0,35	0,31	0,28	0,24

- 3 En el caso de muros cuya composición varíe con la profundidad, como muestra la figura E.4, la transmitancia térmica  $U_T$  se obtendrá de la expresión:

$$U_T = \frac{U_1 \cdot z_1 + U_2 \cdot z_2 - U_{12} \cdot z_1}{z_2} \quad (E.5)$$

siendo

$z_1$  y  $z_2$  la profundidad del primer y el segundo tramo respectivamente [m].

$U_1$  la transmitancia térmica del primer tramo del muro, obtenida de la tabla E.5 para una profundidad  $z = z_1$  y una resistencia térmica  $R_m = R_1$  [ $W/m^2 K$ ];

$U_2$  la transmitancia térmica obtenida de la tabla E.5 de un muro hipotético de profundidad  $z = z_2$  y resistencia térmica  $R_m = R_2$  [ $W/m^2 K$ ];

$U_{12}$  la transmitancia térmica obtenida de la tabla E.5 de un muro hipotético de profundidad  $z = z_1$  y resistencia térmica  $R_m = R_2$  [ $W/m^2 K$ ];

- 4 Alternativamente, para un cálculo más detallado de la transmitancia térmica  $U_T$  podrá utilizarse la metodología descrita en la norma UNE EN ISO 13 370:1999.

### E.1.2.3 Cubiertas enterradas

- 1 La transmitancia térmica  $U_T$  ( $W/m^2 K$ ) de las cubiertas enterradas se obtendrá mediante procedimiento descrito en el apartado E.1.1, considerando el terreno como otra capa térmicamente homogénea de conductividad  $\lambda = 2 W/mK$ .

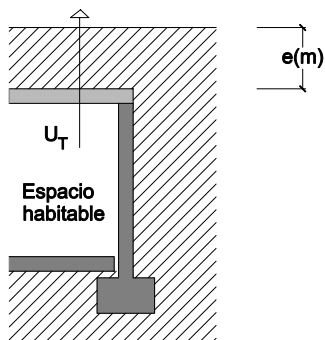


Figura E.5 Cubierta enterrada

**E.1.3 Particiones interiores en contacto con espacios no habitables**

- 1 Para el cálculo de la transmitancia  $U$  ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ) se consideran en este apartado el caso de cualquier *partición interior* en contacto con un *espacio no habitable* que a su vez esté en contacto con el exterior.

**E.1.3.1 Particiones interiores (excepto suelos en contacto con cámaras sanitarias)**

- 1 Se excluyen de este apartado los vacíos o cámaras sanitarias.
- 2 La transmitancia térmica  $U$  ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ) viene dada por la siguiente expresión:

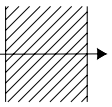
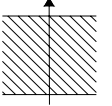
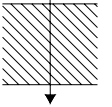
$$U = U_p b \quad (\text{E.6})$$

siendo

$U_p$  la transmitancia térmica de la *partición interior* en contacto con el *espacio no habitable*, calculada según el apartado E.1.1, tomando como resistencias superficiales los valores de la tabla E.6. [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ];

$b$  el coeficiente de reducción de temperatura (relacionado al *espacio no habitable*) obtenido por la tabla E.6 para los casos concretos que se citan o mediante el procedimiento descrito.

**Tabla E.6 Resistencias térmicas superficiales de *particiones interiores* en  $\text{m}^2\text{K/W}$**

Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor	$R_{se}$	$R_{si}$
<b>Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal <math>&gt;60^\circ</math> y flujo horizontal</b> 	0,13	0,13
<b>Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal <math>\leq 60^\circ</math> y flujo ascendente</b> 	0,10	0,10
<b>Particiones interiores horizontales y flujo descendente</b> 	0,17	0,17

- 3 El coeficiente de reducción de temperatura  $b$  para espacios adyacentes *no habitables* (trasteros, despensas, garajes adyacentes...) y espacios no acondicionados bajo cubierta inclinada se podrá obtener de la tabla E.7 en función de la situación del aislamiento térmico (véase figura E.6), del grado de ventilación del espacio y de la relación de áreas entre la *partición interior* y el *cerrojo* ( $A_{iu}/A_{ue}$ ). Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.
- 4 Se distinguen dos grados de ventilación en función del nivel de estanqueidad del espacio definido en la tabla E.8:

- CASO 1 espacio ligeramente ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 1, 2 o 3;
- CASO 2 espacio muy ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 4 o 5.



Tabla E.7 Coeficiente de reducción de temperatura b

$A_{iu}/A_{ue}$	No aislado <sub>ue</sub> - Aislado <sub>iu</sub>		No aislado <sub>ue</sub> -No aislado <sub>iu</sub>		Aislado <sub>iu</sub> -No aislado <sub>iu</sub>	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0.25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0.25 ≤0.50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0.50 ≤0.75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0.75 ≤1.00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1.00 ≤1.25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1.25 ≤2.00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2.00 ≤2.50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2.50 ≤3.00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3.00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

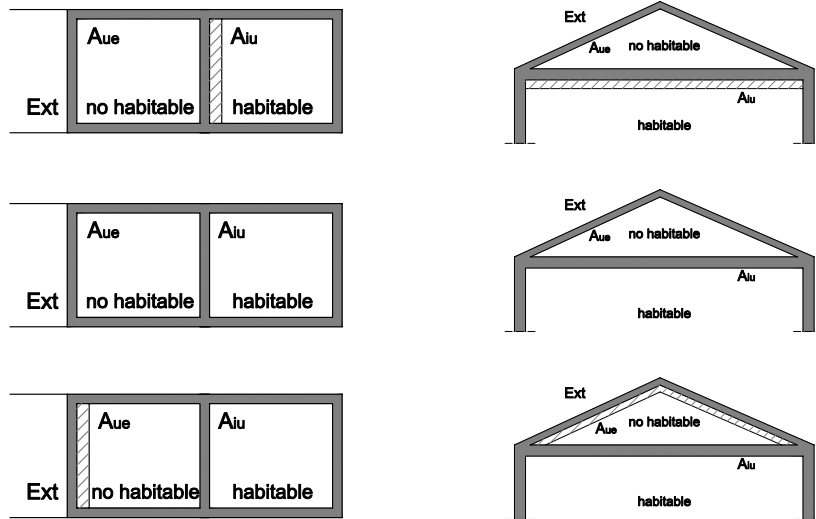


Figura E.6 Espacios habitables en contacto con espacios no habitables

NOTA: El subíndice *ue* se refiere al cerramiento entre el *espacio no habitable* y el exterior;  
El subíndice *iu* se refiere a la partición interior entre el *espacio habitable* y el *espacio no habitable*.

- 5 El coeficiente de reducción de temperatura *b*, para el resto de *espacios no habitables*, se define mediante la siguiente expresión:

$$b = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad (E.7)$$

siendo

$H_{ue}$  es el coeficiente de pérdida del *espacio no habitable* hacia el exterior [W/m];

$H_{iu}$  es el coeficiente de pérdida del *espacio habitable* hacia el *espacio no habitable* [W/m].

- 6 Los coeficientes  $H_{ue}$  y  $H_{iu}$  incluyen las pérdidas por transmisión y por renovación de aire. Se calculan mediante las fórmulas siguientes:

$$H_{ue} = \sum U_{ue} A_{ue} + 0,34 Q_{ue} \quad (E.8)$$

$$H_{iu} = \sum U_{iu} A_{iu} + 0,34 Q_{iu} \quad (E.9)$$

siendo

$U_{ue}$  la transmitancia térmica del cerramiento del *espacio no habitable* en contacto con el ambiente exterior, calculado mediante la expresión (E.1) si está en contacto con el aire o mediante la metodología descrita en el apartado E.1.2 si está en contacto con el terreno [W/m<sup>2</sup>K];

$U_{iu}$  la transmitancia térmica del cerramiento del *espacio habitable* en contacto con el *no habitable* calculado mediante la expresión (E.1) [W/m<sup>2</sup>K];

$A_{ue}$  el área del cerramiento del *espacio no habitable* en contacto con el ambiente exterior;

$A_{iu}$  el área del cerramiento del *espacio habitable* en contacto con el *no habitable*;

- $Q_{ue}$  el caudal de aire entre el exterior y el *espacio no habitable* [ $m^3/h$ ];  
 $Q_{iu}$  el caudal de aire entre el *espacio no habitable* y el *espacio habitable* [ $m^3/h$ ].

- 7 Para el cálculo del caudal de aire  $Q_{ue}$  se utilizarán los valores del apartado 2 de la Sección HS3 del DB “Salubridad”. En ausencia de datos podrán utilizar los valores de renovaciones hora ( $h^{-1}$ ) contenidos en la tabla E.8 multiplicados por el volumen del *espacio no habitable*.

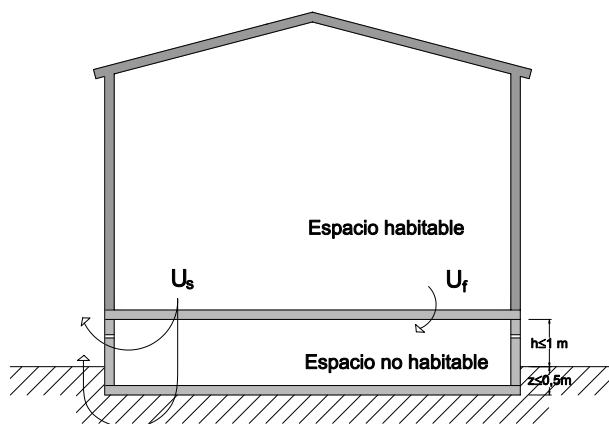
**Tabla E.8 Tasa de renovación de aire entre espacios no habitables y el exterior ( $h^{-1}$ )**

Nivel de estanqueidad		$h^{-1}$
1	Ni puertas, ni ventanas, ni aberturas de ventilación	0
2	Todos los componentes sellados, sin aberturas de ventilación	0,5
3	Todos los componentes bien sellados, pequeñas aberturas de ventilación	1
4	Poco estanco, a causa de juntas abiertas o presencia de aberturas de ventilación permanentes	5
5	Poco estanco, con numerosas juntas abiertas o aberturas de ventilación permanentes grandes o numerosas	10

- 8 Alternativamente, para un cálculo más detallado de la transmitancia térmica U podrá utilizarse la metodología descrita en la norma UNE EN ISO 13 789:2001.

### E.1.3.2 Suelos en contacto con cámaras sanitarias

- Este apartado es aplicable para cámaras de aire ventiladas por el exterior que cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:
  - que tengan una altura  $h$  inferior o igual a 1 m;
  - que tengan una profundidad  $z$  respecto al nivel del terreno inferior o igual a 0,5 m.
- En caso de no cumplirse la condición a), pero sí la b), la transmitancia del cerramiento en contacto con la cámara se calculará mediante el procedimiento descrito en el apartado E.1.1
- En caso de no cumplirse la condición b), la transmitancia del cerramiento se calculará mediante la definición general del coeficiente b descrito en el apartado E.1.3.1.



**Figura 3.8. Cámaras sanitarias**

- La transmitancia térmica del suelo sanitario  $U_s$  viene dada por la tabla E.9, en función longitud característica  $B'$  del suelo en contacto con la cámara y su resistencia térmica  $R_f$  calculada mediante la expresión (E.2) despreciando las resistencias térmicas superficiales.
- Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Tabla E.9 Transmitancia térmica  $U_s$  en  $W/m^2 K$ 

B'	$R_f$ ( $m^2K/W$ )					
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
5	2,63	1,14	0,72	0,53	0,42	0,35
6	2,30	1,07	0,70	0,52	0,41	0,34
7	2,06	1,01	0,67	0,50	0,40	0,33
8	1,87	0,97	0,65	0,49	0,39	0,33
9	1,73	0,93	0,63	0,48	0,39	0,32
10	1,61	0,89	0,62	0,47	0,38	0,32
12	1,43	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31
14	1,30	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31
16	1,20	0,75	0,55	0,43	0,35	0,30
18	1,12	0,72	0,53	0,42	0,35	0,29
20	1,06	0,69	0,51	0,41	0,34	0,29
22	1,00	0,67	0,50	0,40	0,33	0,29
24	0,96	0,65	0,49	0,39	0,33	0,28
26	0,92	0,63	0,48	0,39	0,32	0,28
28	0,89	0,61	0,47	0,38	0,32	0,28
30	0,86	0,60	0,46	0,38	0,32	0,27
32	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31	0,27
34	0,81	0,58	0,45	0,37	0,31	0,27
≥36	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31	0,27

- 6 Alternativamente, para un cálculo más detallado podrá utilizarse el método descrito en el apartado 10 de la norma UNE EN ISO 13 370.

### E.1.4 Huecos y lucernarios

#### E.1.4.1 Transmitancia térmica de huecos

- 1 La transmitancia térmica de los huecos  $U_H$  ( $W/m^2 K$ ) se determinará mediante la siguiente expresión:

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m} \quad (E.10)$$

siendo

$U_{H,v}$  la transmitancia térmica de la parte semitransparente [ $W/m^2 K$ ];

$U_{H,m}$  la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta [ $W/m^2 K$ ];

FM la fracción del hueco ocupada por el marco.

- 2 En ausencia de datos, la transmitancia térmica de la parte semitransparente  $U_{H,v}$  podrá obtenerse según según la norma UNE EN ISO 10 077-1:2001 .

### E.2 Factor solar modificado de huecos y lucernarios

- 1 El factor solar modificado en el hueco  $F_H$  o en el lucernario  $F_L$  se determinará utilizando la siguiente expresión:

$$F = F_S \cdot [ (1 - FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha ] \quad (E.11)$$

siendo

$F_S$  el factor de sombra del hueco o lucernario obtenido de las tablas E.11 a E.15 en función del dispositivo de sombra o mediante simulación. En caso de que no se justifique adecuadamente el valor de  $F_S$  se debe considerar igual a la unidad;

FM la fracción del hueco ocupada por el marco en el caso de ventanas o la fracción de parte maciza en el caso de puertas;

$g_{\perp}$  el factor solar de la parte semitransparente del hueco o lucernario a incidencia normal. El factor solar puede ser obtenido por el método descrito en la norma UNE EN 410:1998;

$U_m$  la transmitancia térmica del marco del hueco o lucernario [ $W/m^2 K$ ];  
 $\alpha$  la absorptividad del marco obtenida de la tabla E.10 en función de su color.

Tabla E.10 Absortividad del marco para radiación solar  $\alpha$ 

Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	0,20	0,30	---
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	---
Negro	---	0,96	---

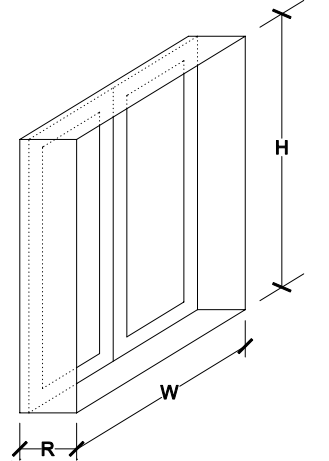
Tabla E.11: Factor de sombra para obstáculos de fachada: Voladizo

Diagrama de un voladizo de fachada. Se muestra un perfil en sección transversal con una longitud  $L$  y una altura  $H$ . El voladizo proyecta una sombra sobre la fachada. Se indica la distancia  $D$  desde el centro del acristalamiento hasta el borde del voladizo.

NOTA: En caso de que exista un retranqueo, la longitud  $L$  se medirá desde el centro del acristalamiento.

ORIENTACIONES DE FACHADAS			$0,2 < L/H \leq 0,5$	$0,5 < L/H \leq 1$	$1 < L/H \leq 2$	$L/H > 2$	
		S	$0 < D/H \leq 0,2$	0,82	0,50	0,28	0,16
			$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,87	0,64	0,39	0,22
			$D/H > 0,5$	0,93	0,82	0,60	0,39
		SE/SO	$0 < D/H \leq 0,2$	0,90	0,71	0,43	0,16
			$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,94	0,82	0,60	0,27
			$D/H > 0,5$	0,98	0,93	0,84	0,65
		E/O	$0 < D/H \leq 0,2$	0,92	0,77	0,55	0,22
			$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,96	0,86	0,70	0,43
			$D/H > 0,5$	0,99	0,96	0,89	0,75

Tabla E.12: Factor de sombra para obstáculos de fachada: Retranqueo



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

Tabla E.13 Factor de sombra para obstáculos de fachada: lamas

LAMAS HORIZONTALES		ORIENTACIÓN	ANGULO DE INCLINACIÓN ( $\beta$ )		
			0	30	60
	SUR		0,49	0,42	0,26
	SURESTE/ SUROESTE		0,54	0,44	0,26
	ESTE/ OESTE		0,57	0,45	0,27

LAMAS VERTICALES		ORIENTACIÓN	ANGULO DE INCLINACIÓN ( $\sigma$ )						
			-60	-45	-30	0	30	45	60
	SUR		0,37	0,44	0,49	0,53	0,47	0,41	0,32
	SURESTE		0,46	0,53	0,56	0,56	0,47	0,40	0,30
	ESTE		0,39	0,47	0,54	0,63	0,55	0,45	0,32
	OESTE		0,44	0,52	0,58	0,63	0,50	0,41	0,29
	SUROESTE		0,38	0,44	0,50	0,56	0,53	0,48	0,38

NOTAS Los valores de factor de sombra que se indican en estas tablas han sido calculados para una relación D/L igual o inferior a 1.  
El ángulo  $\sigma$  debe ser medido desde la normal a la fachada hacia el plano de las lamas, considerándose positivo en dirección horaria.

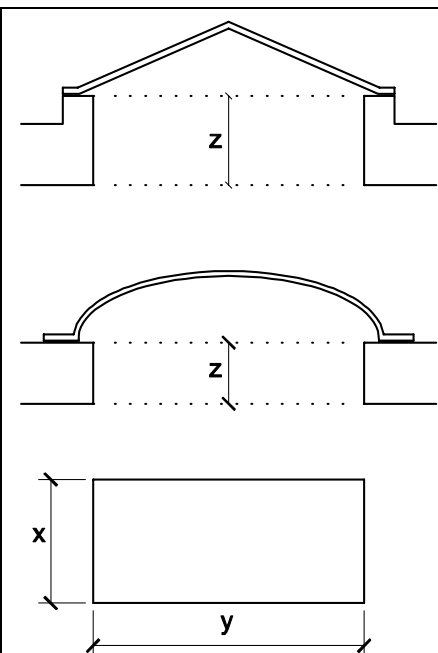
Tabla E.14 Factor de sombra para obstáculos de fachada: toldos

	CASO A	Tejido opacos $\tau=0$		Tejidos translúcidos $\tau=0,2$	
	$\alpha$	SE/S/SO	E/O	SE/S/SO	E/O
	30	0,02	0,04	0,22	0,24
	45	0,05	0,08	0,25	0,28
	60	0,22	0,28	0,42	0,48

	CASO B	Tejido opacos $\tau=0$			Tejidos translúcidos $\tau=0,2$		
	$\alpha$	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O
	30	0,43	0,61	0,67	0,63	0,81	0,87
	45	0,20	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60
	60	0,14	0,39	0,28	0,34	0,42	0,48

Tabla E.15 Factor de sombra para lucernarios

		Y / Z						
		0,1	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0	
	X / Z	0,1	0,42	0,43	0,43	0,43	0,44	0,44
		0,5	0,43	0,46	0,48	0,50	0,51	0,52
		1,0	0,43	0,48	0,52	0,55	0,58	0,59
		2,0	0,43	0,50	0,55	0,60	0,66	0,68
		5,0	0,44	0,51	0,58	0,66	0,75	0,79
		10,0	0,44	0,52	0,59	0,68	0,79	0,85

NOTAS Los valores de factor de sombra que se indican en esta tabla son válidos para lucernarios sensiblemente horizontales.

En caso de lucernarios de planta elíptica o circular podrán tomarse como dimensiones características equivalentes los ejes mayor y menor o el diámetro.

## Apéndice F Resistencia térmica total de un elemento de edificación constituido por capas homogéneas y heterogéneas.

- 1 La resistencia térmica total  $R_T$ , de un elemento constituido por capas térmicamente homogéneas y heterogéneas paralelas a la superficie, es la media aritmética de los valores límite superior e inferior de la resistencia:

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} \quad (F.1)$$

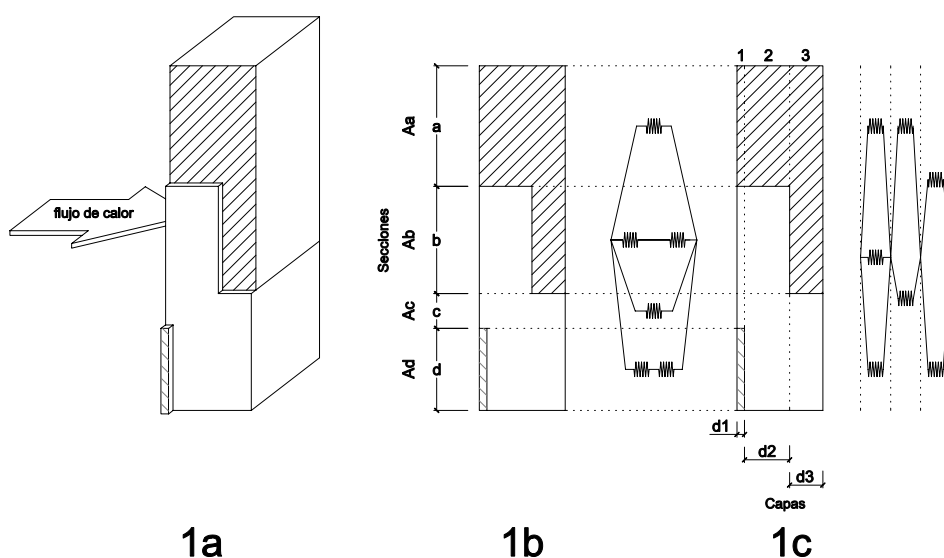
siendo

$R'_T$  el límite superior de la resistencia térmica total calculada mediante el procedimiento descrito en el apartado F.1 [ $m^2 K/W$ ];

$R''_T$  el límite inferior de la resistencia térmica total calculada mediante el procedimiento descrito en el apartado F.2 [ $m^2 K/W$ ].

- 2 Si la proporción entre el límite superior e inferior es mayor de 1,5, se deberán utilizar los métodos descritos en la norma UNE EN ISO 10 211-1: 1995 o UNE EN ISO 10 211-2: 2002.
- 3 Para realizar el cálculo de los valores límite superior e inferior, el elemento se divide en rebanadas horizontales (figura 1b) y verticales (figura 1c) como se muestra en la figura F.1, de tal manera que las capas que se generan sean térmicamente homogéneas.

Figura F.1



- 4 La rebanada horizontal  $m$  ( $m = a, b, c, \dots q$ ) tiene un área fraccional  $f_m$ .
- 5 La rebanada vertical  $j$  ( $j = 1, 2, \dots n$ ) tiene un espesor  $d_j$ .
- 6 La capa  $mj$  tiene una conductividad térmica  $\lambda_{mj}$ , un espesor  $d_j$ , un área fraccional  $f_m$  y una resistencia térmica  $R_{mj}$ .
- 7 El área fraccional de una sección es su proporción del área total. Entonces  $f_a + f_b + \dots + f_q = 1$ .

### F.1 Límite superior de la resistencia térmica total $R'_T$

- 8 El límite superior de la resistencia térmica total se determina suponiendo que el flujo de calor es unidimensional y perpendicular a las superficies del componente. Viene dado por la siguiente expresión:

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_q}{R_{Tq}} \quad (F.2)$$

siendo

$R_{Ta}, R_{Tb}, \dots, R_{Tq}$  las resistencias térmicas totales de cada rebanada horizontal, calculada mediante la expresión (E.2) [ $m^2 K/W$ ];

$f_a, f_b, \dots, f_q$  las áreas fraccionales de cada rebanada horizontal.

## F.2 Límite inferior de la resistencia térmica total $R''_T$

- 1 El límite inferior se determina suponiendo que todos los planos paralelos a la superficie del componente son superficies isotermas.
- 2 El cálculo de la resistencia térmica equivalente  $R_j$ , para cada rebanada vertical térmicamente heterogénea se realizará utilizando la siguiente expresión:

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{f_q}{R_{qj}} \quad (F.3)$$

siendo

$R_{aj}, R_{bj}, \dots, R_{qj}$  las resistencias térmicas de cada capa de cada rebanada vertical, calculadas mediante la expresión (E.3) [ $m^2 K/W$ ];

$f_a, f_b, \dots, f_q$  las áreas fraccionales de cada rebanada vertical.

- 3 El límite inferior se determina entonces según la siguiente expresión:

$$R''_T = R_{si} + R_{j1} + R_{j2} + \dots + R_{jn} + R_{se} \quad (F.4)$$

siendo

$R_{j1}, R_{j2}, \dots, R_{jn}$  las resistencias térmicas equivalentes de cada rebanada vertical, obtenida de la expresión (F.3) [ $m^2 K/W$ ];

$R_{si}$  y  $R_{se}$  las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del elemento, dirección del flujo de calor [ $m^2 K/W$ ].

- 4 Si una de las capas que constituyen la rebanada heterogénea es una cavidad de aire sin ventilar, se podrá considerar como un material de conductividad térmica equivalente  $\lambda_j$  definida mediante la expresión:

$$\lambda_j = d_j / R_g \quad (F.5)$$

siendo

$d_j$  el espesor de la rebanada vertical [m];

$R_g$  la resistencia térmica de la cavidad de aire sin ventilar calculada mediante el apartado F.3 [ $m^2 K/W$ ].

## F.3 Resistencia térmica de cavidades de aire sin ventilar $R_g$

- 1 Se consideran cavidades de aire sin ventilar los pequeños espacios de aire cuyo largo y ancho es inferior a 10 veces su espesor en dirección al flujo de calor.
- 2 La resistencia térmica  $R_g$  de una cavidad de aire sin ventilar se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R_g = \frac{1}{h_a + \frac{1}{\frac{1}{E} - 1 + \frac{1}{\frac{1}{2} \left( 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{d^2}{b^2} \right)} - \frac{d}{b} \right)}}} \quad (F.6)$$



siendo

- d el espesor del hueco en la dirección del flujo de calor;  
 b la anchura del hueco;  
 E el factor de emisividad entre las superficies calculada mediante la expresión (F.7);  
 $h_a$  el coeficiente de conducción convección cuyo valor viene dado en función de la dirección del flujo de calor:
- para flujo de calor horizontal: el mayor de 1, 25 W/ m<sup>2</sup>K y 0,025/d W/m<sup>2</sup>K;
  - para flujo de calor hacia arriba: el mayor de 1, 95 W/ m<sup>2</sup>K y 0,025/d W/m<sup>2</sup>K;
  - para flujo de calor hacia abajo: el mayor de 0, 12d<sup>-0,44</sup> W/ m<sup>2</sup>K y 0,025/d W/m<sup>2</sup>K.
- $h_{ro}$  es el coeficiente de radiación para una superficie negra obtenido de la tabla F.1.

- 3 El factor de emisividad entre las superficies E viene dado por la siguiente expresión:

$$E = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} \quad (F.7)$$

siendo

$\epsilon_1$  y  $\epsilon_2$  las emisividades corregidas de las superficies que rodean el hueco.

**Tabla F.1: coeficiente de radiación para una superficie negra**

Temperatura	$H_{ro}$ en W/m <sup>2</sup> K
-10	4,1
0	4,6
10	5,1
20	5,7
30	6,3



## Apéndice G Condensaciones

### G.1 Condiciones para el cálculo de condensaciones

#### G.1.1 Condiciones exteriores

- 1 Se tomarán como temperatura exterior y humedad relativa exterior los valores medios mensuales de la localidad donde se ubique el edificio.
- 2 Para las capitales de provincia, los valores que se usarán serán los contenidos en la tabla G.1.
- 3 En el caso de localidades que no sean capitales de provincia y que no dispongan de registros climáticos contrastados, se supondrá que la temperatura exterior es igual a la de la capital de provincia correspondiente minorada en 1 °C por cada 100 m de diferencia de altura entre ambas localidades. La humedad relativa para dichas localidades se calculará suponiendo que su humedad absoluta es igual a la de su capital de provincia.
- 4 El procedimiento a seguir para el cálculo de la humedad relativa de una cierta localidad a partir de los datos de su capital de provincia es el siguiente:
  - a) cálculo de la presión de saturación de la capital de provincia  $P_{\text{sat}}$  en [Pa], a partir de su temperatura exterior para el mes de cálculo en [°C], según el apartado G.3.1
  - b) cálculo de la presión de vapor de la capital de provincia  $P_e$  en [Pa], mediante la expresión:
$$P_e = \phi_e \cdot P_{\text{sat}}(\theta_e) \quad (\text{G.1})$$
siendo  
 $\phi_e$  la humedad relativa exterior para la capital de provincia y el mes de cálculo [en tanto por 1].
  - c) cálculo de la presión de saturación de la localidad  $P_{\text{sat,loc}}$  en [Pa], según el apartado G.3.1, siendo ahora  $\theta$  la temperatura exterior para la localidad y el mes de cálculo en [°C].
  - d) cálculo de la humedad relativa para dicha localidad y mes, mediante:
$$\phi_{e,\text{loc}} = P_e / P_{\text{sat,loc}}(\theta_{e,\text{loc}}) \quad (\text{G.2})$$
- 5 Si la localidad se encuentra a menor altura que la de referencia se tomará para dicha localidad la misma temperatura y humedad que la que corresponde a la capital de provincia.

Tabla G.2 Datos climáticos mensuales de capitales de provincia, T en °C y HR en %

Localidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Albacete	T <sub>med</sub>	5,0	6,3	8,5	10,9	15,3	20,0	24,0	23,7	20,0	14,1	8,5	5,3
	HR <sub>med</sub>	78	70	62	60	54	50	44	50	58	70	77	79
Alicante	T <sub>med</sub>	11,6	12,4	13,8	15,7	18,6	22,2	25,0	25,5	23,2	19,1	15,0	12,1
	HR <sub>med</sub>	67	65	63	65	65	65	64	68	69	70	69	68
Almería	T <sub>med</sub>	12,4	13,0	14,4	16,1	18,7	22,3	25,5	26,0	24,1	20,1	16,2	13,3
	HR <sub>med</sub>	70	68	66	65	67	65	64	66	66	69	70	69
Ávila	T <sub>med</sub>	3,1	4,0	5,6	7,6	11,5	16,0	19,9	19,4	16,5	11,2	6,0	3,4
	HR <sub>med</sub>	75	70	62	61	55	50	39	40	50	65	73	77
Badajoz	T <sub>med</sub>	8,7	10,1	12,0	14,2	17,9	22,3	25,3	25,0	22,6	17,4	12,1	9,0
	HR <sub>med</sub>	80	76	69	66	60	55	50	50	57	68	77	82
Barcelona	T <sub>med</sub>	8,8	9,5	11,1	12,8	16,0	19,7	22,9	23,0	21,0	17,1	12,5	9,6
	HR <sub>med</sub>	73	70	70	70	72	70	69	72	74	74	74	71
Bilbao	T <sub>med</sub>	8,9	9,6	10,4	11,8	14,6	17,4	19,7	19,8	18,8	16,0	11,8	9,5
	HR <sub>med</sub>	73	70	70	72	71	72	73	75	74	74	74	74
Burgos	T <sub>med</sub>	2,6	3,9	5,7	7,6	11,2	15,0	18,4	18,3	15,8	11,1	5,8	3,2
	HR <sub>med</sub>	86	80	73	72	69	67	61	62	67	76	83	86
Caceres	T <sub>med</sub>	7,8	9,3	11,7	13,0	16,6	22,3	26,1	25,4	23,6	17,4	12,0	8,8
	HR <sub>med</sub>	55	53	60	63	65	76	76	76	78	74	65	57
Cádiz	T <sub>med</sub>	12,8	13,5	14,7	16,2	18,7	21,5	24,0	24,5	23,5	20,1	16,1	13,3
	HR <sub>med</sub>	77	75	70	71	71	70	69	69	70	73	76	77
Castellón	T <sub>med</sub>	10,1	11,1	12,7	14,2	17,2	21,3	24,1	24,5	22,3	18,3	13,5	11,2
	HR <sub>med</sub>	68	66	64	66	67	66	66	69	71	71	73	69
Ceuta	T <sub>med</sub>	11,5	11,6	12,6	13,9	16,3	18,8	21,7	22,2	20,2	17,7	14,1	12,1
	HR <sub>med</sub>	87	87	88	87	87	87	87	87	89	89	88	88
Ciudad Real	T <sub>med</sub>	5,7	7,2	9,6	11,9	16,0	20,8	25,0	24,7	21,0	14,8	9,1	5,9
	HR <sub>med</sub>	80	74	66	65	59	54	47	48	57	68	78	82
Córdoba	T <sub>med</sub>	9,5	10,9	13,1	15,2	19,2	23,1	26,9	26,7	23,7	18,4	12,9	9,7
	HR <sub>med</sub>	80	75	67	65	58	53	46	49	55	67	76	80
A Coruña	T <sub>med</sub>	10,2	10,5	11,3	12,1	14,1	16,4	18,4	18,9	18,1	15,7	12,7	10,9
	HR <sub>med</sub>	77	76	74	76	78	79	79	79	79	79	79	78
Cuenca	T <sub>med</sub>	4,2	5,2	7,4	9,6	13,6	18,2	22,4	22,1	18,6	12,9	7,6	4,8
	HR <sub>med</sub>	78	73	64	62	58	54	44	46	56	68	76	79
Girona	T <sub>med</sub>	6,8	7,9	9,8	11,6	15,4	19,4	22,8	22,4	19,9	15,2	10,2	7,7
	HR <sub>med</sub>	77	73	71	71	70	67	62	68	72	76	77	75
Granada	T <sub>med</sub>	6,5	8,4	10,5	12,4	16,3	21,1	24,3	24,1	21,1	15,4	10,6	7,4
	HR <sub>med</sub>	76	71	64	61	56	49	42	42	53	62	73	77
Guadalajara	T <sub>med</sub>	5,5	6,8	8,8	11,6	15,3	19,8	23,5	22,8	19,5	14,1	9,0	5,9
	HR <sub>med</sub>	80	76	69	68	67	62	53	54	61	72	79	81
Huelva	T <sub>med</sub>	12,2	12,8	14,4	16,5	19,2	22,2	25,3	25,7	23,7	20,0	15,4	12,5
	HR <sub>med</sub>	76	72	66	63	60	59	54	54	60	67	72	75
Huesca	T <sub>med</sub>	4,7	6,7	9,0	11,3	15,3	19,5	23,3	22,7	19,7	14,6	8,7	5,3
	HR <sub>med</sub>	80	73	64	63	60	56	48	53	61	70	78	81
Jaén	T <sub>med</sub>	8,7	9,9	12,0	14,3	18,5	23,1	27,2	27,1	23,6	17,6	12,2	8,7
	HR <sub>med</sub>	77	72	67	64	59	53	44	45	55	67	75	77
León	T <sub>med</sub>	3,1	4,4	6,6	8,6	12,1	16,4	19,7	19,1	16,7	11,7	6,8	3,8
	HR <sub>med</sub>	81	75	66	63	60	57	52	53	60	72	78	81
Lleida	T <sub>med</sub>	5,5	7,8	10,3	13,0	17,1	21,2	24,6	24,0	21,1	15,7	9,2	5,8
	HR <sub>med</sub>	81	69	61	56	55	54	47	54	62	70	77	82
Logroño	T <sub>med</sub>	5,8	7,3	9,4	11,5	15,1	19,0	22,2	21,8	19,2	14,4	9,1	6,3
	HR <sub>med</sub>	75	68	62	61	59	56	55	56	61	69	73	76
Lugo	T <sub>med</sub>	5,8	6,5	7,8	9,5	11,7	14,9	17,2	17,5	16,0	12,5	8,6	6,3
	HR <sub>med</sub>	85	81	77	77	76	76	75	75	77	82	84	85

Localidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Madrid	T <sub>med</sub>	6,2	7,4	9,9	12,2	16,0	20,7	24,4	23,9	20,5	14,7	9,4	6,4
	HR <sub>med</sub>	71	66	56	55	51	46	37	39	50	63	70	73
Málaga	T <sub>med</sub>	12,2	12,8	14,0	15,8	18,7	22,1	24,7	25,3	23,1	19,1	15,1	12,6
	HR <sub>med</sub>	71	70	66	65	61	59	60	63	65	70	72	72
Melilla	T <sub>med</sub>	13,2	13,8	14,6	15,9	18,3	21,5	24,4	25,3	23,5	20,0	16,6	14,1
	HR <sub>med</sub>	72	72	71	70	69	68	67	68	72	75	74	73
Murcia	T <sub>med</sub>	10,6	11,4	12,6	14,5	17,4	21,0	23,9	24,6	22,5	18,7	14,3	11,3
	HR <sub>med</sub>	72	69	69	68	70	71	72	74	73	73	73	73
Ourense	T <sub>med</sub>	7,4	9,3	10,7	12,4	15,3	19,3	21,9	21,7	19,8	15,0	10,6	8,2
	HR <sub>med</sub>	83	75	69	70	67	64	61	62	64	73	83	84
Oviedo	T <sub>med</sub>	7,5	8,5	9,5	10,3	12,8	15,8	18,0	18,3	17,4	14,0	10,4	8,7
	HR <sub>med</sub>	77	75	74	77	79	80	80	80	78	78	78	76
Palencia	T <sub>med</sub>	4,1	5,6	7,5	9,5	13,0	17,2	20,7	20,3	17,9	13,0	7,6	4,4
	HR <sub>med</sub>	84	77	71	70	67	64	58	59	63	73	80	85
Palma de Mallorca	T <sub>med</sub>	11,6	11,8	12,9	14,7	17,6	21,8	24,6	25,3	23,5	20,0	15,6	13,0
	HR <sub>med</sub>	71	69	68	67	69	69	67	71	73	72	72	71
Palmas, Las	T <sub>med</sub>	17,5	17,6	18,3	18,7	19,9	21,4	23,2	24,0	23,9	22,5	20,4	18,3
	HR <sub>med</sub>	68	67	65	66	65	67	66	67	69	70	70	68
Pamplona	T <sub>med</sub>	4,5	6,5	8,0	9,9	13,3	17,3	20,5	20,3	18,2	13,7	8,3	5,7
	HR <sub>med</sub>	80	73	68	66	66	62	58	61	61	68	76	79
Pontevedra	T <sub>med</sub>	9,9	10,7	11,9	13,6	15,4	18,8	20,7	20,5	19,1	16,1	12,6	10,3
	HR <sub>med</sub>	74	73	69	67	68	66	65	65	69	72	73	74
S ,Sebastian	T <sub>med</sub>	7,9	8,5	9,4	10,7	13,5	16,1	18,4	18,7	18,0	15,2	10,9	8,6
	HR <sub>med</sub>	76	74	74	79	79	82	82	83	79	76	76	76
Salamanca	T <sub>med</sub>	3,7	5,3	7,3	9,6	13,4	17,8	21,0	20,3	17,5	12,3	7,0	4,1
	HR <sub>med</sub>	85	78	69	66	62	58	50	53	62	74	82	86
Santa Cruz de Tenerife	T <sub>med</sub>	17,9	18,0	18,6	19,1	20,5	22,2	24,6	25,1	24,4	22,4	20,7	18,8
	HR <sub>med</sub>	66	66	62	61	60	59	56	58	63	65	67	66
Santander	T <sub>med</sub>	9,7	10,3	10,8	11,9	14,3	17,0	19,3	19,5	18,5	16,1	12,5	10,5
	HR <sub>med</sub>	71	71	71	74	75	77	77	78	77	75	73	72
Segovia	T <sub>med</sub>	4,1	5,2	7,1	9,1	13,1	17,7	21,6	21,2	17,9	12,6	7,3	4,3
	HR <sub>med</sub>	75	71	65	65	61	55	47	49	55	65	73	78
Sevilla	T <sub>med</sub>	10,7	11,9	14,0	16,0	19,6	23,4	26,8	26,8	24,4	19,5	14,3	11,1
	HR <sub>med</sub>	79	75	68	65	59	56	51	52	58	67	76	79
Soria	T <sub>med</sub>	2,9	4,0	5,8	8,0	11,8	16,1	19,9	19,5	16,5	11,3	6,1	3,4
	HR <sub>med</sub>	77	73	68	67	64	60	53	54	60	70	76	78
Tarragona	T <sub>med</sub>	10,0	11,3	13,1	15,3	18,4	22,2	25,3	25,3	22,7	18,4	13,5	10,7
	HR <sub>med</sub>	66	63	59	59	61	60	59	62	67	70	68	66
Teruel	T <sub>med</sub>	3,8	4,8	6,8	9,3	12,6	17,5	21,3	20,6	17,9	12,1	7,0	4,5
	HR <sub>med</sub>	72	67	60	60	60	55	50	54	59	66	71	76
Toledo	T <sub>med</sub>	6,1	8,1	10,9	12,8	16,8	22,5	26,5	25,7	22,6	16,2	10,7	7,1
	HR <sub>med</sub>	78	72	59	62	55	47	43	45	54	68	77	81
Valencia	T <sub>med</sub>	10,4	11,4	12,6	14,5	17,4	21,1	24,0	24,5	22,3	18,3	13,7	10,9
	HR <sub>med</sub>	63	61	60	62	64	66	67	69	68	67	66	64
Valladolid	T <sub>med</sub>	4,1	6,1	8,1	9,9	13,3	18,0	21,5	21,3	18,6	12,9	7,6	4,8
	HR <sub>med</sub>	82	72	62	61	57	52	44	46	53	67	77	83
Vitoria	T <sub>med</sub>	4,6	6,0	7,2	9,2	12,4	15,6	18,3	18,5	16,5	12,7	7,5	5,0
	HR <sub>med</sub>	83	78	72	71	71	71	69	70	70	74	81	83
Zamora	T <sub>med</sub>	4,3	6,3	8,3	10,5	14,0	18,5	21,8	21,3	18,7	13,4	8,1	4,9
	HR <sub>med</sub>	83	75	65	63	59	54	47	50	58	70	79	83
Zaragoza	T <sub>med</sub>	6,2	8,0	10,3	12,8	16,8	21,0	24,3	23,8	20,7	15,4	9,7	6,5
	HR <sub>med</sub>	76	69	60	59	55	52	48	54	61	70	75	77

## G.1.2 Condiciones interiores

### G.1.2.1 Para el cálculo de condensaciones superficiales

- 1 Se tomará una temperatura del ambiente interior igual a 20 °C para el mes de enero.
- 2 En caso de conocer el ritmo de producción de la humedad interior, y la tasa de renovación de aire, se podrá calcular la humedad relativa interior del mes de enero mediante el método descrito en el apartado G.3.2.
- 3 Si se dispone del dato de humedad relativa interior y ésta se mantiene constante, debido por ejemplo a un sistema de climatización, se podrá utilizar dicho dato en el cálculo añadiéndole 0,05 como margen de seguridad.

### G.1.2.2 Para el cálculo de condensaciones intersticiales

- 1 En ausencia de datos más precisos, se tomará una temperatura del ambiente interior igual a 20 °C para todos los meses del año, y una humedad relativa del ambiente interior en función de la clase de higrometría del espacio:
  - a) clase de higrometría 5: 70%
  - b) clase de higrometría 4: 62%
  - c) clase de higrometría 3 o inferior: 55%
- 2 En caso de conocer el ritmo de producción de la humedad interior, y la tasa de renovación de aire, se podrá calcular la humedad relativa interior para cada mes del año mediante el método descrito en el apartado G.3.2.
- 3 Si se disponen de los datos temperatura interior y de humedad relativa interior, se podrán utilizar dichos datos en el cálculo añadiéndole 0,05 a la humedad relativa como margen de seguridad.

## G.2 Comprobación de las condensaciones

### G.2.1 Condensaciones superficiales

#### G.2.1.1 Factor de temperatura de la superficie interior de un cerramiento

- 1 El factor de temperatura de la superficie interior  $f_{Rsi}$ , para cada *cerramiento*, *partición interior*, o *puentes térmicos* integrados en los *cerramientos*, se calculará a partir de su transmitancia térmica mediante la siguiente ecuación:

$$f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25 \quad (G.6)$$

siendo

U la transmitancia térmica del *cerramiento*, *partición interior*, o *punto térmico* integrado en el cerramiento calculada por el procedimiento descrito en el apartado E.1 [W/m<sup>2</sup> K].

- 2 El factor de temperatura de la superficie interior  $f_{Rsi}$  para los *puentes térmicos* formados por encuentros de *cerramientos* se calcularán aplicando los métodos descritos en las normas UNE EN ISO 10 211-1:1995 y UNE EN ISO 10 211-2:2002. Se podrán tomar por defecto los valores recogidos en Documentos Reconocidos.

#### G.2.1.2 Factor de temperatura de la superficie interior mínimo

- 1 El factor de temperatura de la superficie interior mínimo aceptable  $f_{Rsi,min}$  de un *punto térmico*, *cerramiento* o *partición interior* se podrá calcular a partir de la siguiente expresión:

$$f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{20 - \theta_e} \quad (G.3)$$

siendo

$\theta_e$  la temperatura exterior de la localidad en el mes de enero definida en el apartado G.1.1 [°C];

$\theta_{si,min}$  la temperatura superficial interior mínima aceptable obtenida de la siguiente expresión [°C]:

$$\theta_{si,min} = \frac{237.3 \log_e \left( \frac{P_{sat}}{610.5} \right)}{17.269 - \log_e \left( \frac{P_{sat}}{610.5} \right)} \quad (G.4)$$

donde

$P_{sat}$  es la presión de saturación máxima aceptable en la superficie obtenida de la siguiente expresión [Pa]:

$$P_{sat} = \frac{P_i}{0.8} \quad (G.5)$$

donde

$P_i$  es la presión del vapor interior obtenida de la siguiente expresión [Pa].

$$P_i = \phi_i \cdot 2337 \quad (G.6)$$

donde

$\phi_i$  es la humedad relativa interior definida en el apartado G.1.2.1 [en tanto por 1].

## G.2.2 Condensaciones intersticiales

### G.2.2.1 Distribución de temperatura

- 1 La distribución de temperaturas a lo largo del espesor de un cerramiento formado por varias capas depende de las temperaturas del aire a ambos lados de la misma, así como de las resistencias térmicas superficiales interior  $R_{si}$  y exterior  $R_{se}$ , y de las resistencias térmicas de cada capa ( $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ ).
- 2 El procedimiento a seguir para el cálculo de la distribución de temperaturas es el siguiente:
  - a) cálculo de la resistencia térmica total del elemento constructivo mediante la expresión (E.2).
  - b) cálculo de la temperatura superficial exterior  $\theta_{se}$ :

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (G.7)$$

siendo

$\theta_e$  la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio según G.1.1 correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C];

$\theta_i$  la temperatura interior definida en el apartado G.1.2.2 [°C];

$R_T$  la resistencia térmica total del componente constructivo obtenido mediante la expresión (E.2) [m² K/W];

$R_{se}$  la resistencia térmica superficial correspondiente al aire exterior, tomada de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del elemento constructivo, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [m² K/W].

- c) cálculo de la temperatura en cada una de las capas que componen el elemento constructivo según las expresiones siguientes:

$$\theta_1 = \theta_{se} + \frac{R_1}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_2 = \theta_1 + \frac{R_2}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

...

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (H.8)$$

siendo

$\theta_{se}$	la temperatura superficial exterior [°C];
$\theta_e$	la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio obtenida del apartado G.1.1 correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C];
$\theta_i$	la temperatura interior definida en el apartado G.1.2.2 [°C];
$\theta_1 \dots \theta_{n-1}$	la temperatura en cada capa [°C].
$R_1, R_2 \dots R_n$	las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (E.3) [m²K/W];
$R_T$	la resistencia térmica total del componente constructivo, calculada mediante la expresión (E.2) [m² K/ W];

d) cálculo de la temperatura superficial interior  $\theta_{si}$ :

$$\theta_{si} = \theta_n + \frac{R_{si}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (G.9)$$

siendo

$\theta_e$	la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio obtenida del apartado G.1.1 correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C];
$\theta_i$	la temperatura interior definida en el apartado G.1.2.2 [°C];
$\theta_n$	la temperatura en la capa n [°C];
$R_{si}$	la resistencia térmica superficial correspondiente al aire interior, tomada de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del elemento constructivo, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [m² K/W].
$R_T$	la resistencia térmica total del componente constructivo calculada mediante la expresión (E.2) [m² K/ W];

3 Se considera que la distribución de temperaturas en cada capa es lineal.

### G.2.2.2 Distribución de la presión de vapor de saturación

Se determinará la distribución de la presión de vapor de saturación a lo largo de un muro formado por varias capas, a partir de la distribución de temperaturas obtenida anteriormente, mediante las expresiones indicadas en el apartado G.3.1.

### G.2.2.3 Distribución de presión de vapor

1 La distribución de presión de vapor a través del cerramiento se calculará mediante las siguientes expresiones:

$$P_1 = P_e + \frac{S_{d1}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

$$P_2 = P_1 + \frac{S_{d2}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

$$\dots$$

$$P_n = P_{n-1} + \frac{S_{d(n-1)}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e) \quad (G.10)$$

siendo

$P_i$	la presión de vapor del aire interior [Pa];
$P_e$	la presión de vapor del aire exterior [Pa];
$P_1 \dots P_{n-1}$	la presión de vapor en cada capa n [Pa];
$S_{d1} \dots S_{d(n-1)}$	el espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua, calculado mediante la siguiente expresión [m];

$$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n \quad (G.11)$$

donde



$\mu_n$  es el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua de cada capa, calculado a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456: 2001 o tomado de Documentos Reconocidos;  
 $e_n$  es el espesor de la capa  $n$  [m].

- La distribución de presiones de vapor a través del cerramiento se puede representar gráficamente mediante una línea recta que una el valor de  $P_i$  con  $P_e$ , dibujado sobre la sección del cerramiento utilizando los espesores de capa equivalentes a la difusión de vapor de agua,  $S_{dn}$  (véase figura G.1)
- Para el cálculo analítico de  $P_i$  y de  $P_e$ , en función de la temperatura y de la humedad relativa, se utilizará la siguiente expresión:

$$P_i = \phi_i \cdot P_{\text{sat}}(\theta_i) \quad (\text{G.12})$$

$$P_e = \phi_e \cdot P_{\text{sat}}(\theta_e) \quad (\text{G.13})$$

siendo

$\phi_i$  la humedad relativa del ambiente interior definida en el apartado G.1.2.2 [en tanto por 1];  
 $\phi_e$  la humedad relativa del ambiente exterior definida en el apartado G.1.1 [en tanto por 1].

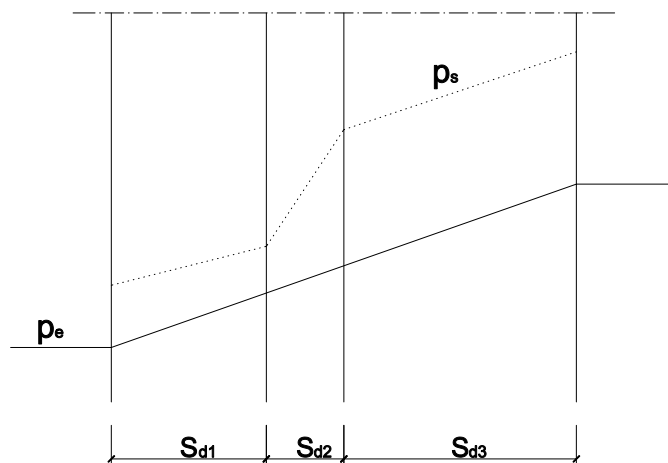


Figura G.1 Distribución de presiones de vapor de saturación y presiones de vapor en un elemento multicapa del edificio dibujada frente a la resistencia a presión de vapor de cada capa.

## G.3 Relaciones psicrométricas

### G.3.1 Cálculo de la presión de saturación de vapor

- La presión de vapor de saturación se calculará en función de la temperatura, a partir de las siguientes ecuaciones:

a) Si la temperatura ( $\theta$ ) es mayor o igual a 0 °C:  $P_{\text{sat}} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}}$  (G.14)

b) Si la temperatura ( $\theta$ ) es menor que 0 °C:  $P_{\text{sat}} = 610,5 \cdot e^{\frac{21,875 \cdot \theta}{265,5 + \theta}}$  (G.15)

### G.3.2 Cálculo de la humedad relativa interior

- En caso de conocer el ritmo de producción de la humedad interior  $G$  y la tasa de renovación de aire  $n$ , se podrá calcular la humedad relativa interior mediante el procedimiento que se describe a continuación.

- 2 La humedad relativa interior  $\phi_i$  (%) para la localidad donde se ubique el edificio y el mes de cálculo se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\phi_i = \frac{100 \cdot P_i}{P_{\text{sat}}(\theta_{\text{si}})} \quad (\text{G.16})$$

siendo

$P_{\text{sat}}(\theta_{\text{si}})$  la presión de saturación correspondiente a la temperatura superficial interior obtenida según la ecuación (H.14) [Pa];

$P_i$  la presión de vapor interior calculada mediante la siguiente expresión [Pa]:

$$P_i = P_e + \Delta p \quad (\text{G.17})$$

donde

$P_e$  es la presión de vapor exterior calculada según la ecuación (H.13) [Pa];

$\Delta p$  es el exceso de presión de vapor interior del local calculado mediante la siguiente ecuación [Pa]:

$$\Delta p = \frac{\Delta v \cdot R_v \cdot (T_i + T_e)}{2} \quad (\text{G.18})$$

donde

$R_v$  es la constante de gas para el agua = 462 [Pa m<sup>3</sup> / (K kg)];

$T_i$  es la temperatura interior [K];

$T_e$  es la temperatura exterior para la localidad y el mes de cálculo [K];

$\Delta v$  es el exceso de humedad interior obtenida mediante la siguiente expresión [kg/m<sup>3</sup>]:

$$\Delta v = \frac{G}{n \cdot V} \quad (\text{G.19})$$

donde

$G$  es el ritmo de producción de la humedad interior [kg/h];

$n$  es la tasa de renovación de aire [h<sup>-1</sup>];

$V$  es el volumen de aire del local [m<sup>3</sup>].

## Apéndice H Fichas justificativas de la opción simplificada

### FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

<b>ZONA CLIMÁTICA</b>		<b>Zona de baja carga interna</b> <input type="checkbox"/>	<b>Zona de alta carga interna</b> <input type="checkbox"/>
-----------------------	--	--	--

MUROS ( $U_{Mm}$ ) y ( $U_{Tm}$ )					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A · U (W/°K)	Resultados
N					$\Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
E					$\Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
O					$\Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
S					$\Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
SE					$\Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
SO					$\Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
C-TER					$\Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$U_{Tm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>

SUELOS ( $U_{Sm}$ )					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A · U (W/°K)	Resultados
					$\Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$U_{Sm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS ( $U_{Cm}$ , $F_{Lm}$ )					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A · U (W/°K)	Resultados
					$\Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>
					$U_{Cm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>

Tipos		A (m <sup>2</sup> )	F	A · F (m <sup>2</sup> )	Resultados	Tipos
					$\Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>	
					$\Sigma A \cdot F =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>	
					$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$ <input style="width: 50px;" type="text"/>	

<b>ZONA CLIMÁTICA</b>		<b>Zona de baja carga interna</b> <input type="checkbox"/>	<b>Zona de alta carga interna</b> <input type="checkbox"/>
-----------------------	--	--	--

<b>HUECOS (<math>U_{Hm}</math>, <math>F_{Hm}</math>)</b>								
Tipos		$A$ (m <sup>2</sup> )	$U$ (W/m <sup>2</sup> °K)	$A \cdot U$ (W/°K)	Resultados			
<b>N</b>					$\Sigma A =$			
					$\Sigma A \cdot U =$			
					$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$			
Tipos		$A$ (m <sup>2</sup> )	$U$	$F$	$A \cdot U$	$A \cdot F$ (m <sup>2</sup> )	Resultados	Tipos
<b>E</b>							$\Sigma A =$	
							$\Sigma A \cdot U =$	
							$\Sigma A \cdot F =$	
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$	
<b>O</b>							$\Sigma A =$	
							$\Sigma A \cdot U =$	
							$\Sigma A \cdot F =$	
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$	
<b>S</b>							$\Sigma A =$	
							$\Sigma A \cdot U =$	
							$\Sigma A \cdot F =$	
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$	
<b>SE</b>							$\Sigma A =$	
							$\Sigma A \cdot U =$	
							$\Sigma A \cdot F =$	
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$	
<b>SO</b>							$\Sigma A =$	
							$\Sigma A \cdot U =$	
							$\Sigma A \cdot F =$	
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$	

## FICHA 2 CONFORMIDAD- Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA		Zona de baja carga interna	<input type="checkbox"/>	Zona de alta carga interna	<input type="checkbox"/>
----------------	--	----------------------------	--------------------------	----------------------------	--------------------------

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	$U_{\max(\text{proyecto})}^{(1)}$	$U_{\max}^{(2)}$
Muros de fachada		
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno		
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables		
Suelos		
Cubiertas		
Vidrios de huecos y lucernarios		
Marcos de huecos y lucernarios		
Medianerías		
Particiones interiores (edificios de viviendas) <sup>(3)</sup>		$\leq 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

MUROS DE FACHADA	
$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$
N	
E	
O	
S	
SE	
SO	

HUECOS Y LUCERNARIOS			
$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$

CERR. CONTACTO TERRENO	
$U_{Tm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Slim}^{(5)}$

CUBIERTAS	
$U_{Cm}^{(4)}$	$U_{Clim}^{(5)}$

LUCERNARIOS	
$F_{Lm}$	$F_{Llim}$

<sup>(1)</sup>  $U_{\max(\text{proyecto})}$  corresponde al mayor valor de la transmitancia de los cerramientos o particiones interiores indicados en proyecto.

<sup>(2)</sup>  $U_{\max}$  corresponde a la transmitancia térmica máxima definida en la tabla 2.1 para cada tipo de cerramiento o partición interior.

<sup>(3)</sup> En edificios de viviendas,  $U_{\max(\text{proyecto})}$  de particiones interiores que limiten unidades de uso con un sistema de calefacción previsto desde proyecto con las zonas comunes no calefactadas.

<sup>(4)</sup> Parámetros característicos medios obtenidos en la ficha 1.

<sup>(5)</sup> Valores límite de los parámetros característicos medios definidos en la tabla 2.2.

## FICHA 3 CONFORMIDAD-Condensaciones

CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS									
Tipos	C. superficiales		C. intersticiales						
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6
	$f_{Rsi}$		$P_{sat,n}$						
	$f_{Rmin}$		$P_n$						
	$f_{Rsi}$		$P_{sat,n}$						
	$f_{Rmin}$		$P_n$						
	$f_{Rsi}$		$P_{sat,n}$						
	$f_{Rmin}$		$P_n$						
	$f_{Rsi}$		$P_{sat,n}$						
	$f_{Rmin}$		$P_n$						
	$f_{Rsi}$		$P_{sat,n}$						
	$f_{Rmin}$		$P_n$						
	$f_{Rsi}$		$P_{sat,n}$						
	$f_{Rmin}$		$P_n$						
	$f_{Rsi}$		$P_{sat,n}$						
	$f_{Rmin}$		$P_n$						
	$f_{Rsi}$		$P_{sat,n}$						
	$f_{Rmin}$		$P_n$						

## Sección HE 2

### Rendimiento de las instalaciones térmicas

#### **Exigencia básica HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas**

Los *edificios* dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el *bienestar térmico* de sus ocupantes, regulando el rendimiento de las mismas y de sus equipos. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, y su aplicación quedará definida en el *proyecto* del *edificio*.