



Documento de Apoyo al Documento Básico
DB-HE Ahorro de energía
Código Técnico de la Edificación

DA DB-HE / 1

Cálculo de parámetros característicos de la envolvente

Octubre 2013

Índice

1	Objeto	2
2	Cálculo de los parámetros característicos de la envolvente	2
	2.1 Transmitancia térmica	2
	2.2 Factor solar modificado de huecos y lucernarios	12
3	Resistencia térmica total de un elemento de edificación constituido por capas homogéneas y heterogéneas.	14
	3.1 Límite superior de la resistencia térmica total R'_T	15
	3.2 Límite inferior de la resistencia térmica total R''_T	15
	3.3 Resistencia térmica de cavidades de aire sin ventilar R_g	16
	Notaciones y unidades	18
	Otros documentos relacionados	19

1 Objeto

Este documento describe varios métodos simplificados que se pueden emplear para el cálculo de los parámetros característicos de los diferentes elementos que componen la envolvente térmica del edificio, lo que no impide el uso de otros métodos contrastados, sean simplificados o detallados.

2 Cálculo de los parámetros característicos de la envolvente

2.1 Transmitancia térmica

2.1.1 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.

La transmitancia térmica U ($W/m^2 \cdot K$) viene dada por la siguiente expresión:

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

siendo,

R_T la resistencia térmica total del componente constructivo [$m^2 \cdot K / W$].

La resistencia térmica total R_T de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas se calcula mediante la expresión:

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

siendo,

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

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

En caso de un componente constituido por capas homogéneas y heterogéneas la resistencia térmica total R_T se calcula mediante el procedimiento descrito en el apartado 3.

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

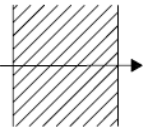
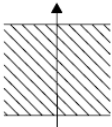
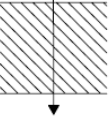
$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (3)$$

siendo,

e el espesor de la capa [m]. En caso de una capa de espesor variable se considera el espesor medio;

λ la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, que se puede calcular a partir de los valores térmicos declarados según la norma UNE-EN 10456:2012.

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2 \cdot K / W$

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17

Las cámaras de aire pueden ser caracterizadas por su resistencia térmica, según las siguientes tipologías:

- 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:
- 500 mm^2 por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;
 - 500 mm^2 por m^2 de superficie para cámaras de aire horizontales.

La resistencia térmica de las cámaras de aires sin ventilar viene definida en la tabla 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 2 Resistencias térmicas de cámaras de aire en $m^2 \cdot K / W$

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

- 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:
- 500 $mm^2 < S_{aberturas} \leq 1500 mm^2$ por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;
 - 500 $mm^2 < S_{aberturas} \leq 1500 mm^2$ por 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 2.

- c) cámara de aire muy ventilada: aquella en que los valores de las aberturas exceden:
- 1500 mm² por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;
 - 1500 mm² por m² de superficie para cámaras de aire horizontales.

Para cámaras de aire muy ventiladas, la resistencia térmica total del cerramiento se obtiene 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.

La transmitancia térmica U_{MD} (W/m²·K) de las medianerías se calcula como un cerramiento en contacto con el exterior pero considerando las resistencias superficiales como interiores.

2.1.2 Cerramientos en contacto con el terreno

2.1.2.1 Suelos en contacto con el terreno

Para el cálculo de la transmitancia U_s (W/m²·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

La transmitancia térmica U_s (W/m²·K) se obtiene de la tabla 3 en función del ancho D de la banda de aislamiento perimetrico, de la resistencia térmica del aislante R_a calculada mediante la expresión (3) y la longitud característica B' de la solera o losa.

Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

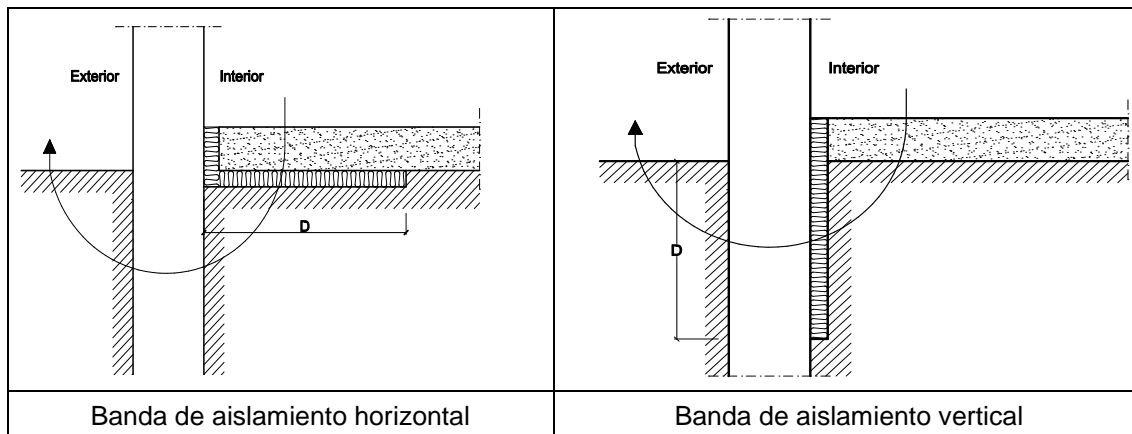


Figura 1 Soleras con aislamiento perimetral

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

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

siendo,

- P la longitud del perímetro expuesto de la solera [m];
- A el área de la solera [m²].

Para soleras o losas sin aislamiento térmico, la transmitancia térmica U_s se toma de la columna $R_a = 0$ m²·K/W en función de su longitud característica B' .

Para soleras o losas con aislamiento continuo en toda su superficie se toman los valores de la columna $D \geq 1,5$ m.

La transmitancia térmica del primer metro de losa o solera se obtiene de la fila $B' = 1$.

Tabla 3 Transmitancia térmica U_s en $W/m^2 \cdot K$

B'	R_a 0,00	D = 0.5 m R_a ($m^2 \cdot K/ W$)					D = 1.0 m R_a ($m^2 \cdot K/ W$)					D ≥ 1.5 m R_a ($m^2 \cdot K/ W$)				
		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	-	-	-	-	-
2	1,56	1,17	1,04	0,97	0,92	0,89	1,08	0,89	0,79	0,72	0,67	1,04	0,83	0,70	0,61	0,55
3	1,20	0,94	0,85	0,80	0,78	0,76	0,88	0,76	0,69	0,64	0,61	0,85	0,71	0,63	0,57	0,53
4	0,99	0,79	0,73	0,69	0,67	0,65	0,75	0,65	0,60	0,57	0,54	0,73	0,62	0,56	0,51	0,48
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
≥ 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

CASO 2

La transmitancia térmica U_s ($W/m^2 \cdot K$) se obtiene de la tabla 4 en función de la profundidad z de la solera o losa respecto el nivel del terreno, de su resistencia térmica R_f calculada mediante la expresión (2), despreciando las resistencias térmicas superficiales, y la longitud característica B' calculada mediante la expresión (4).

Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

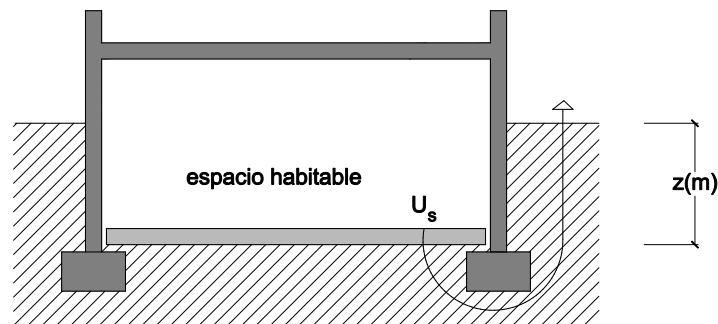


Figura 2 Solera enterrada

Tabla 4 Transmitancia térmica U_s en $W/m^2 \cdot K$

B'	0,5 m < z ≤ 1,0 m				1,0 m < z ≤ 2,0 m				2,0 m < z ≤ 3,0 m				z > 3,0 m			
	Rf (m ² ·K/W)				Rf (m ² ·K/W)				Rf (m ² ·K/W)				Rf (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
1	1,51	1,07	0,84	0,69	1,14	0,88	0,72	0,61	0,78	0,65	0,56	0,49	0,59	0,51	0,46	0,41
2	1,09	0,82	0,67	0,57	0,87	0,70	0,59	0,51	0,63	0,54	0,47	0,42	0,50	0,44	0,40	0,36
3	0,87	0,68	0,57	0,49	0,71	0,59	0,50	0,44	0,53	0,47	0,41	0,37	0,43	0,39	0,35	0,32
4	0,74	0,59	0,49	0,43	0,61	0,51	0,44	0,39	0,47	0,41	0,37	0,34	0,39	0,35	0,32	0,29
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
≥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

2.1.2.2 Muros en contacto con el terreno

La transmitancia térmica U_T ($W/m^2 \cdot K$) de los muros o pantallas en contacto con el terreno se obtiene de la tabla 5 en función de su profundidad z , y de la resistencia térmica del muro R_m calculada mediante la expresión (2) despreciando las resistencias térmicas superficiales.

Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

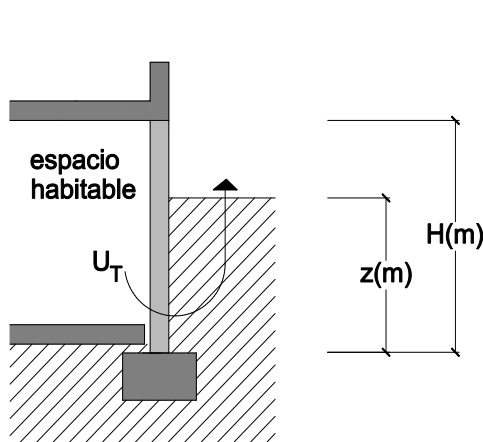


Figura 3 Muro en contacto con el terreno

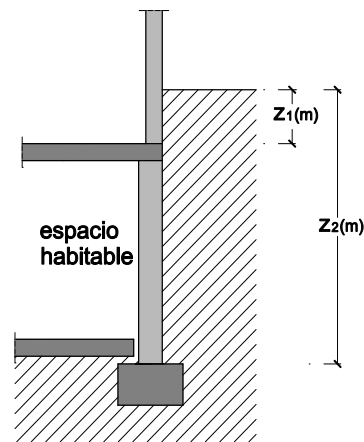


Figura 4 Muro enterrado

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

Rm ($m^2 K/W$)	Profundidad z de la parte enterrada del muro (m)					
	0,5	1	2	3	4	≥ 6
0,00	3,05	2,20	1,48	1,15	0,95	0,71
0,10	2,29	1,74	1,22	0,97	0,81	0,62
0,20	1,84	1,45	1,06	0,85	0,72	0,56
0,30	1,55	1,25	0,93	0,76	0,65	0,51
0,40	1,33	1,10	0,84	0,69	0,60	0,47
0,50	1,17	0,99	0,77	0,64	0,55	0,44
0,60	1,05	0,90	0,71	0,59	0,52	0,42
0,70	0,95	0,82	0,66	0,56	0,49	0,39
0,80	0,87	0,76	0,61	0,52	0,46	0,38
0,90	0,80	0,70	0,58	0,49	0,44	0,36
1,00	0,74	0,65	0,54	0,47	0,42	0,34
1,10	0,69	0,61	0,51	0,45	0,40	0,33
1,20	0,64	0,58	0,49	0,42	0,38	0,32
1,30	0,60	0,55	0,46	0,41	0,36	0,30
1,40	0,57	0,52	0,44	0,39	0,35	0,29
1,50	0,54	0,49	0,42	0,37	0,34	0,28
1,60	0,51	0,47	0,40	0,36	0,32	0,28
1,70	0,49	0,45	0,39	0,35	0,31	0,27
1,80	0,46	0,43	0,37	0,33	0,30	0,26
1,90	0,44	0,41	0,36	0,32	0,29	0,25
2,00	0,42	0,39	0,35	0,31	0,28	0,24

En el caso de muros cuya composición varíe con la profundidad, como muestra la figura 4, la transmitancia térmica U_T se obtiene de la expresión:

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

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 5 para una profundidad $z = z_1$ y una resistencia térmica $R_m = R_1$ [$W/m^2 \cdot K$];
- U_2 la transmitancia térmica obtenida de la tabla 5 de un muro hipotético de profundidad $z = z_2$ y resistencia térmica $R_m = R_2$ [$W/m^2 \cdot K$];
- U_{12} la transmitancia térmica obtenida de la tabla 5 de un muro hipotético de profundidad $z = z_1$ y resistencia térmica $R_m = R_2$ [$W/m^2 \cdot K$];

2.1.2.3 Cubiertas enterradas

La transmitancia térmica U_T ($W/m^2 \cdot K$) de las cubiertas enterradas se obtiene mediante el procedimiento descrito en el apartado 2.1.1 "Cerramientos en contacto con el aire exterior", considerando el terreno como otra capa térmicamente homogénea de conductividad $\lambda = 2 W/m \cdot K$.

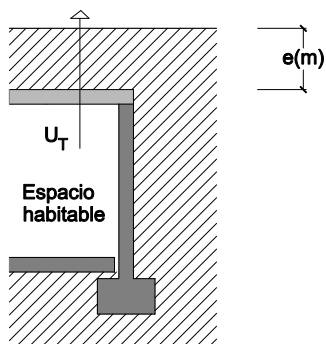


Figura 5 Cubierta enterrada

2.1.3 Particiones interiores en contacto con espacios no habitables

Para el cálculo de la transmitancia U (W/m²·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.

2.1.3.1 Particiones interiores (excepto suelos en contacto con cámaras sanitarias)

Se excluyen de este apartado los vacíos o cámaras sanitarias.

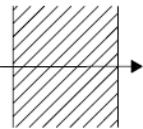
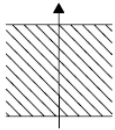
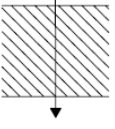
La transmitancia térmica U (W/m²·K) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = U_p \cdot b \tag{6}$$

siendo,

- U_p la transmitancia térmica de la *partición interior* en contacto con el *espacio no habitable*, calculada según el apartado 2.1.1, tomando como resistencias superficiales los valores de la tabla 6. [m²·K/ W];
- b el coeficiente de reducción de temperatura (relacionado al *espacio no habitable*) obtenido por la tabla 7 para los casos concretos que se citan o mediante el procedimiento descrito.

Tabla 6 Resistencias térmicas superficiales de *particiones interiores* en m²K/W

Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor		R _{se}	R _{si}
<i>Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal</i>		0,13	0,13
<i>Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo)</i>		0,10	0,10
<i>Particiones interiores horizontales y flujo descendente (Suelo)</i>		0,17	0,17

El coeficiente de reducción de temperatura b para espacios adyacentes *no habitables* (trasteros, despensas, garajes adyacentes...) y espacios no acondicionados bajo cubierta inclinada se puede obtener de la tabla 7 en función de la situación del aislamiento térmico (véase figura 6), del grado de ventilación del espacio y de la relación de áreas entre la *partición interior* y el *cerramiento* (A_{h-nh}/ A_{nh-e}), donde el subíndice nh-e se refiere al cerramiento entre el espacio no habitable y el exterior; el subíndice h-nh se refiere a la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable (véase figura 6). Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Se distinguen dos grados de ventilación en función del nivel de estanqueidad del espacio definido en la tabla 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 7 Coeficiente de reducción de temperatura b

A_{h-nh}/A_{nh-e}	No aislado _{nh-e} - Aislado _{h-nh}		No aislado _{nh-e} -No aislado _{h-nh}		Aislado _{nh-e} -No aislado _{h-nh}	
	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

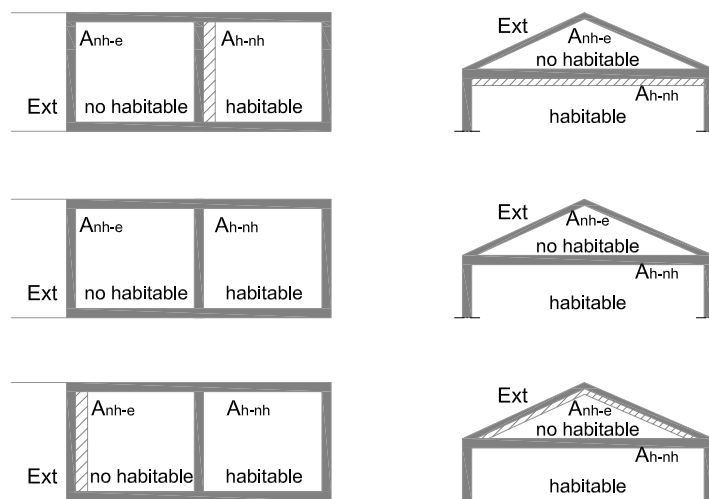


Figura 6 Espacios habitables en contacto con espacios no habitables

NOTA: El subíndice *nh-e* se refiere al cerramiento entre el *espacio no habitable* y el exterior; el subíndice *h-nh* se refiere a la partición interior entre el *espacio habitable* y el *espacio no habitable*.

Alternativamente, el coeficiente de reducción de temperatura *b* puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$b = \frac{H_{nh-e}}{H_{h-nh} + H_{nh-e}} \tag{7}$$

siendo,

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

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

Los coeficientes H_{nh-e} y H_{h-nh} incluyen las pérdidas por transmisión y por renovación de aire. Se calculan mediante las fórmulas siguientes:

$$H_{nh-e} = \sum U_{nh-e} A_{nh-e} + 0,34 Q_{e-nh} \quad (8)$$

$$H_{h-nh} = \sum U_{h-nh} A_{h-nh} + 0,34 Q_{nh-h} \quad (9)$$

siendo,

U_{nh-e} la transmitancia térmica del cerramiento del *espacio no habitable* en contacto con el ambiente exterior, calculado mediante la expresión (1) si está en contacto con el aire o mediante la metodología descrita en el apartado 2.1.2 si está en contacto con el terreno [$W/m^2 \cdot K$];

U_{h-nh} la transmitancia térmica del cerramiento del *espacio habitable* en contacto con el *no habitable* calculado mediante la expresión (1) [$W/m^2 \cdot K$];

A_{nh-e} el área del cerramiento del *espacio no habitable* en contacto con el ambiente exterior;

A_{h-nh} el área del cerramiento del *espacio habitable* en contacto con el *no habitable*;

Q_{e-nh} el caudal de aire entre el exterior y el *espacio no habitable* [m^3/h];

Q_{nh-h} el caudal de aire entre el *espacio no habitable* y el *espacio habitable* [m^3/h].

Para el cálculo del caudal de aire Q_{e-nh} se pueden utilizar los valores del apartado 2 de la Sección HS3 del DB "Salubridad". En ausencia de datos se pueden utilizar los valores de renovaciones hora (h^{-1}) contenidos en la tabla 8 multiplicados por el volumen del *espacio no habitable*.

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

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

2.1.3.2 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 puede calcular mediante el procedimiento descrito en el apartado 2.1.1

En caso de no cumplirse la condición b), la transmitancia del cerramiento se puede calcular mediante la definición general del coeficiente b descrito en el apartado 2.1.3.1.

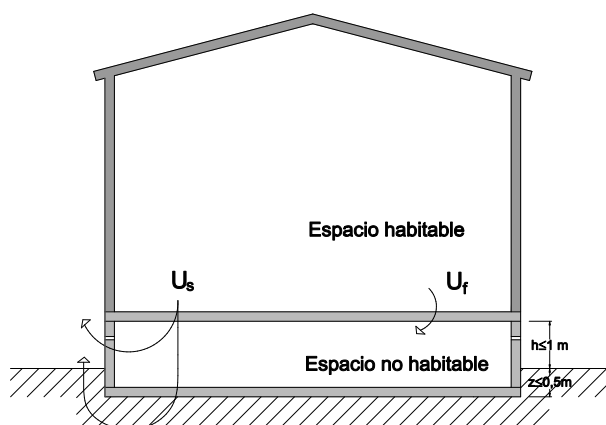


Figura 7 Cámaras sanitarias

La transmitancia térmica del suelo sanitario U_S viene dada por la tabla 9, en función longitud característica B' del suelo en contacto con la cámara y su resistencia térmica R_f calculada mediante la expresión (2) despreciando las resistencias térmicas superficiales.

Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Tabla 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	3,0
1	9,38	1,65	0,90	0,62	0,47	0,38	0,29
2	5,35	1,46	0,84	0,59	0,46	0,37	0,28
3	3,88	1,32	0,80	0,57	0,44	0,36	0,28
4	3,11	1,22	0,76	0,55	0,43	0,35	0,27
5	2,63	1,14	0,72	0,53	0,42	0,35	0,27
6	2,30	1,07	0,70	0,52	0,41	0,34	0,27
7	2,06	1,01	0,67	0,50	0,40	0,33	0,26
8	1,87	0,97	0,65	0,49	0,39	0,33	0,26
9	1,73	0,93	0,63	0,48	0,39	0,32	0,26
10	1,61	0,89	0,62	0,47	0,38	0,32	0,26
12	1,43	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31	0,25
14	1,30	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31	0,25
16	1,20	0,75	0,55	0,43	0,35	0,30	0,25
18	1,12	0,72	0,53	0,42	0,35	0,29	0,25
20	1,06	0,69	0,51	0,41	0,34	0,29	0,25
22	1,00	0,67	0,50	0,40	0,33	0,29	0,25
24	0,96	0,65	0,49	0,39	0,33	0,28	0,24
26	0,92	0,63	0,48	0,39	0,32	0,28	0,24
28	0,89	0,61	0,47	0,38	0,32	0,28	0,24
30	0,86	0,60	0,46	0,38	0,32	0,27	0,24
32	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31	0,27	0,23
34	0,81	0,58	0,45	0,37	0,31	0,27	0,23
≥36	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31	0,27	0,23

2.1.4 Huecos y lucernarios

2.1.4.1 Transmitancia térmica de huecos

Para el cálculo de la transmitancia térmica de huecos U_H ($W/m^2 \cdot K$) se empleará la norma UNE EN ISO 10077.

Alternativamente, la transmitancia térmica de los huecos U_H ($W/m^2 \cdot K$) se determina mediante la siguiente expresión:

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

siendo,

- $U_{H,v}$ la transmitancia térmica de la parte semitransparente [$W/m^2 \cdot K$];
 $U_{H,m}$ la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta [$W/m^2 \cdot K$];
 FM la fracción del hueco ocupada por el marco.

2.2 Factor solar modificado de huecos y lucernarios

El factor solar modificado en el hueco F_H o en el lucernario F_L se determina utilizando la siguiente expresión:

$$F = F_s \cdot [(1 - FM) \cdot g + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha] \quad (11)$$

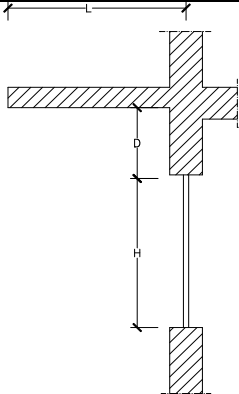
siendo,

- F_s el factor de sombra del hueco o lucernario obtenido de las tablas 11 a 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.
- U_m la transmitancia térmica del marco del hueco o lucernario [$W/m^2 \cdot K$];
- α la absorptividad del marco obtenida de la tabla 10 en función de su color.

Tabla 10 Absortividad del marco para radiación solar α

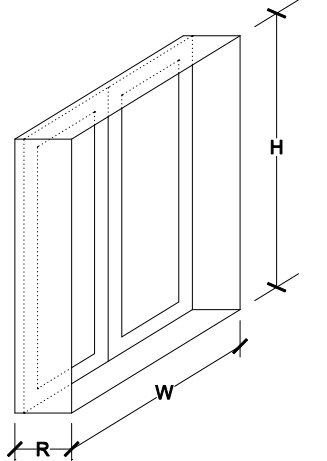
Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	0,20	0,30	-
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	-
Negro	-	0,96	-

Tabla 11 Factor de sombra para obstáculos de fachada: Voladizo

		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	

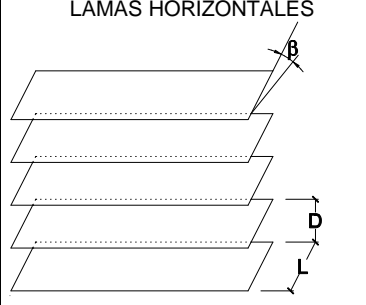
NOTA: En caso de que exista un retranqueo, la longitud L se medirá desde el centro del acristalamiento.

Tabla 12 Factor de sombra para obstáculos de fachada: Retranqueo

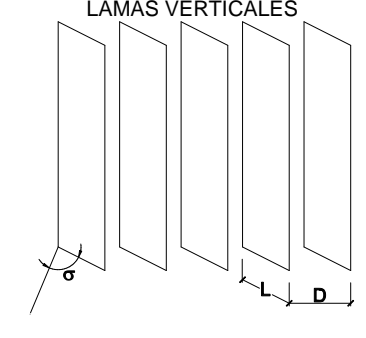


ORIENTACIONES DE FACHADAS		0,05 < R/W ≤ 0,1	0,1 < R/W ≤ 0,2	0,2 < R/W ≤ 0,5	R/W > 0,5
		0,05 < R/H ≤ 0,1	0,1 < R/H ≤ 0,2	0,2 < R/H ≤ 0,5	R/H > 0,5
S	0,05 < R/H ≤ 0,1	0,82	0,74	0,62	0,39
	0,1 < R/H ≤ 0,2	0,76	0,67	0,56	0,35
	0,2 < R/H ≤ 0,5	0,56	0,51	0,39	0,27
	R/H > 0,5	0,35	0,32	0,27	0,17
SE/SO	0,05 < 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
	R/H > 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 13 Factor de sombra para obstáculos de fachada: lamas



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



ORIENTACIÓN		ANGULO DE INCLINACIÓN (σ)						
		-60	-45	-30	0	30	45	60
SUR	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 σ debe ser medido desde la normal a la fachada hacia el plano de las lamas, considerándose positivo en dirección horaria.

Tabla 14 Factor de sombra para obstáculos de fachada: toldos

	CASO A		Tejidos opacos $\tau=0$		Tejidos translúcidos $\tau=0,2$	
	α	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			Tejidos opacos $\tau=0$			Tejidos translúcidos $\tau=0,2$		
	α	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 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.

3 Resistencia térmica total de un elemento de edificación constituido por capas homogéneas y heterogéneas.

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:

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} \tag{12}$$

siendo,

- R'_T el límite superior de la resistencia térmica total calculada mediante el procedimiento descrito en el apartado 3.1 [$m^2 \cdot K / W$];
- R''_T el límite inferior de la resistencia térmica total calculada mediante el procedimiento descrito en el apartado 3.2 [$m^2 \cdot K / W$].

Si la proporción entre el límite superior e inferior es mayor de 1,5, la expresión anterior no resulta de aplicación y habría que utilizar otros métodos contrastados.

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 8, de tal manera que las capas que se generan sean térmicamente homogéneas.

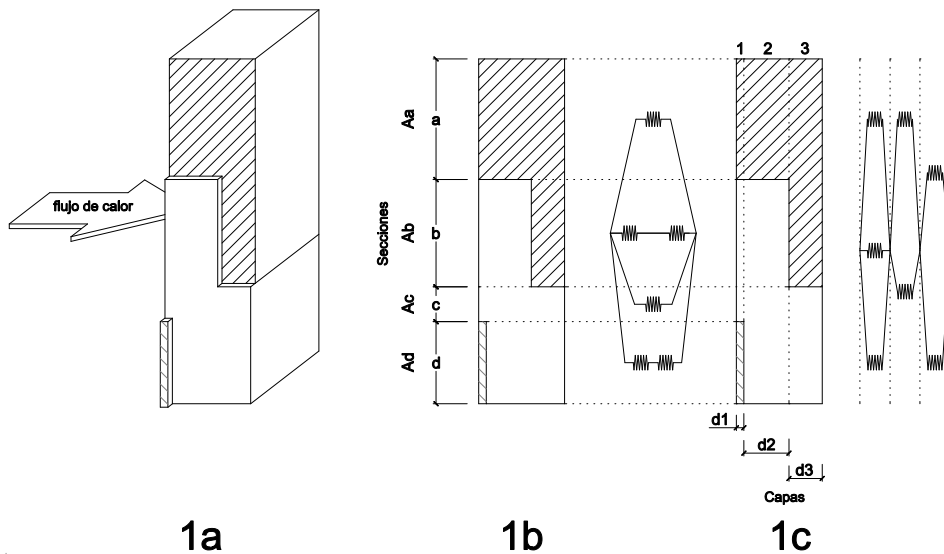


Figura 8

La rebanada horizontal m ($m = a, b, c, \dots, q$) tiene un área fraccional f_m .

La rebanada vertical j ($j = 1, 2, \dots, n$) tiene un espesor d_j .

La capa m_j tiene una conductividad térmica λ_{mj} , un espesor d_j , un área fraccional f_m y una resistencia térmica R_{mj} .

El área fraccional de una sección es su proporción del área total. Entonces $f_a + f_b + \dots + f_q = 1$.

3.1 Límite superior de la resistencia térmica total R'_T

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:

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_q}{R_{Tq}} \tag{13}$$

donde,

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

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

3.2 Límite inferior de la resistencia térmica total R''_T

El límite inferior se determina suponiendo que todos los planos paralelos a la superficie del componente son superficies isotermas.

La resistencia térmica equivalente R_j , para cada rebanada vertical térmicamente heterogénea se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{f_q}{R_{qj}} \quad (14)$$

siendo,

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

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

El límite inferior se determina entonces según la siguiente expresión:

$$R''_T = R_{si} + R_{j1} + R_{j2} + \dots + R_{jn} + R_{se} \quad (15)$$

siendo,

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

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

Si una de las capas que constituyen la rebanada heterogénea es una cavidad de aire sin ventilar, se puede considerar como un material de conductividad térmica equivalente λ_j , definida mediante la expresión:

$$\lambda_j = d_j / R_g \quad (16)$$

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 3.3 [$\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$].

3.3 Resistencia térmica de cavidades de aire sin ventilar R_g

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.

La resistencia térmica R_g de una cavidad de aire sin ventilar se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R_g = \frac{1}{h_a + \frac{1}{\frac{1}{E} - 1 + \frac{1}{12 \left(1 + \sqrt{1 + \left(\frac{d^2}{b^2} \right)} - \frac{d}{b} \right)}}} \quad (17)$$

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 (18);

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 $1,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ y $0,025/d \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$;

- para flujo de calor hacia arriba: el mayor de $1,95 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ y $0,025/d \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$;
- para flujo de calor hacia abajo: el mayor de $0,12d^{-0,44} \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ y $0,025/d \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$;

h_{ro} es el coeficiente de radiación para una superficie negra obtenido de la tabla 16.

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

$$E = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} \quad (18)$$

siendo,

ϵ_1 y ϵ_2 las emisividades corregidas de las superficies que rodean el hueco.

Tabla 16 coeficiente de radiación para una superficie negra

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

Notaciones y unidades

α	Absortividad, adimensional
β	Angulo de inclinación de lamas horizontales, grados sexagesimales
λ	Conductividad térmica, en W/m.K
σ	Angulo de orientación de lamas verticales, grados sexagesimales
τ	Transmitancia de tejido en toldos, adimensional
A	Área de la solera o losa, m ²
D	Ancho de banda de aislamiento, en m
n	Tasa de renovación de aire, en h ⁻¹
F	Factor solar modificado
F _S	Factor de sombra, adimensional
F _H	Factor solar modificado de huecos
F _L	Factor solar modificado de lucernarios
FM	Fracción de marco
g _⊥	Factor solar de la parte transparente de un hueco, para radiación solar a incidencia normal, adimensional
R _n	Resistencia térmica de la capa n de un cerramiento, en m ² K/ W
R _m	Resistencia térmica del muro enterrado, en m ² K/ W
R _a	Resistencia térmica del aislante en soleras o losas, en m ² 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
U	Transmitancia térmica, en W/m ² ·K
U _M	Transmitancia térmica de muros, en W/m ² ·K
U _C	Transmitancia térmica de cubiertas, en W/m ² ·K
U _L	Transmitancia térmica de lucernarios, en W/m ² ·K
U _F	Transmitancia térmica de fachadas con un porcentaje de huecos >60%, en W/m ² ·K
U _H	Transmitancia térmica de huecos, en W/m ² ·K
U _{H,v}	Transmitancia térmica de la parte acristalada del hueco, en W/m ² ·K
U _{H,m}	Transmitancia térmica del marco del hueco, en W/m ² ·K
U _T	Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno, en W/m ² ·K
U _S	Transmitancia térmica de suelos, en W/m ² ·K
U _f	Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con la cámara de aire, en W/m ² ·K
U _P	Transmitancia térmica de <i>particiones interiores</i> , en W/m ² ·K
u	Coefficiente de transmisión térmica lineal para soleras y losas, en W/m ² ·K
e	Espesor de una capa, en m
ε	Emisividad de una superficie, adimensional
E	Factor de emisividad entre las superficies, adimensional
h _a	Coefficiente de conducción convección, en W/m ² ·K
h _{ro}	Coefficiente de radiación para una superficie negra, en W/m ² ·K

Otros documentos relacionados

UNE EN ISO 6946:2012	Componentes y elementos para la edificación. Resistencia y transmitancia térmica. Método de cálculo.
UNE EN ISO 13370:2010	Prestaciones térmicas de edificios. Transmisión de calor por el terreno. Métodos de cálculo.
UNE EN 673:2011	Vidrio en la construcción. Determinación del coeficiente de transmisión térmica (valor U). Método de cálculo.
UNE EN ISO 10077-1:2010	Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas. Cálculo de la transmitancia. Parte 1. Generalidades.
UNE EN ISO 10077-2:2012	Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas. Cálculo del coeficiente de transmisión térmica. Parte 2. Método numérico para los marcos.
UNE EN 410:2011	Vidrio para la edificación. Determinación de las características luminosas y solares de los acristalamientos
UNE EN 410:2011 ERRATUM	Vidrio para la edificación. Determinación de las características luminosas y solares de los acristalamientos.
UNE EN ISO 10456:2012	Materiales y productos para la edificación. Propiedades higrotérmicas. Valores tabulados de diseño y procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados y de diseño



Documento de Apoyo al Documento Básico
DB-HE Ahorro de energía
Código Técnico de la Edificación

DA DB-HE / 2

**Comprobación de limitación de condensaciones
superficiales e intersticiales en los cerramientos**

Octubre 2013

Índice

1	Objeto	2
2	Datos previos	2
	2.1 Condiciones exteriores para el cálculo de condensaciones	2
	2.2 Condiciones interiores para el cálculo de condensaciones	2
3	Relaciones psicrométricas	3
	3.1 Cálculo de la presión de saturación de vapor	3
	3.2 Cálculo de la humedad relativa interior	3
4	Comprobación de la limitación de condensaciones	4
	4.1 Comprobación de la limitación de condensaciones superficiales	4
	4.2 Comprobación de la limitación de condensaciones intersticiales	6
	Apéndice A Terminología	10
	Apéndice B Notaciones y unidades	11
	Apéndice C Datos climáticos	12
	Otros documentos relacionados	14

1 Objeto

Este documento describe algunos procedimientos que se pueden emplear para la comprobación de la limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en espacios habitables establecida en los Documentos Básicos DB-HE y DB-HS del CTE, lo que no impide el uso de otros métodos, detallados o simplificados, que permitan llevar a cabo dichas comprobaciones con suficiente solvencia técnica.

2 Datos previos

2.1 Condiciones exteriores para el cálculo de condensaciones

Para el cálculo de condensaciones se toman como temperaturas exteriores y humedades relativas exteriores los valores medios mensuales de la localidad donde se ubique el edificio.

En el caso de capitales de provincia, se pueden tomar los valores contenidos en la tabla C.1 del apéndice C.

En el caso de localidades que no sean capitales de provincia y que no dispongan de registros climáticos contrastados, se puede suponer 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 calcula suponiendo que su humedad absoluta es igual a la de su capital de provincia.

El procedimiento a seguir para obtener la humedad relativa de una cierta localidad a partir de los datos de su capital de provincia es el siguiente:

- cálculo de la presión de saturación de la capital de provincia P_{sat} en [Pa], a partir de su temperatura exterior para el mes de cálculo en [°C], según el apartado 3.1.
- cálculo de la presión de vapor de la capital de provincia P_e en [Pa], mediante la expresión:

$$P_e = \phi_e \cdot P_{sat}(\theta_e) \quad [1]$$

donde,

ϕ_e es la humedad relativa exterior para la capital de provincia y el mes de cálculo [en tanto por 1].

- cálculo de la presión de saturación de la localidad $P_{sat,loc}$ en [Pa], según el apartado 3.1, siendo ahora θ la temperatura exterior para la localidad y el mes de cálculo en [°C].
- cálculo de la humedad relativa para dicha localidad y mes, mediante:

$$\phi_{e,loc} = P_e / P_{sat,loc}(\theta_{e,loc}) \quad [2]$$

Si la localidad se encuentra a menor altura que la de referencia se toma para dicha localidad la temperatura y humedad de la capital de provincia.

2.2 Condiciones interiores para el cálculo de condensaciones

2.2.1 Condiciones interiores para el cálculo de condensaciones superficiales

Se toma una temperatura del ambiente interior igual a 20 °C para el mes de enero.

Si se dispone del dato de humedad relativa interior y esta se mantiene constante, debido por ejemplo a un sistema de climatización, se puede utilizar dicho dato en el cálculo añadiéndole 0,05 como margen de seguridad.

En caso de conocer el ritmo de producción de la humedad interior y la tasa de renovación de aire, se puede calcular la humedad relativa interior del mes de enero mediante el método descrito en el apartado 3.2.

2.2.2 Condiciones interiores para el cálculo de condensaciones intersticiales

Si se dispone de los datos de temperatura interior y de humedad relativa interior, se pueden utilizar dichos datos en el cálculo añadiéndole 0,05 a la humedad relativa como margen de seguridad.

Debe cuidarse el uso de datos de temperatura y humedad relativa interior que se correspondan adecuadamente con las condiciones existentes ya que en caso contrario los cálculos pueden dar lugar a resultados incorrectos. Por ejemplo, para una vivienda en zona marítima la humedad relativa interior puede ser muy superior al 55% indicado y producirse condensaciones con gran facilidad que no se detectarían de usar el valor por defecto.

En caso de conocer el ritmo de producción de la humedad interior y la tasa de renovación de aire, se puede calcular la humedad relativa interior para cada mes del año mediante el método descrito en el apartado 3.2.

En ausencia de datos más precisos, se puede tomar, para todos los meses del año, una temperatura del ambiente interior igual a 20 °C y una humedad relativa del ambiente interior en función de la clase de higrometría del espacio:

- clase de higrometría 5, correspondiente a espacios en los que se prevea una gran producción de humedad, tales como lavanderías, restaurantes y piscinas: 70%
- clase de higrometría 4, correspondiente a espacios en los que se prevea una alta producción de humedad, tales como cocinas, pabellones deportivos, duchas colectivas u otros de uso similar: 62%
- clase de higrometría 3 o inferior, correspondiente a espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad, como oficinas, tiendas, zonas de almacenamiento y todos los espacios en edificios de uso residencial: 55%

3 Relaciones psicrométricas

3.1 Cálculo de la presión de saturación de vapor

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

- Si la temperatura (θ) es mayor o igual a 0°C:

$$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}} \quad [3]$$

- Si la temperatura (θ) es menor que 0°C:

$$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{21,875 \cdot \theta}{265,5 + \theta}} \quad [4]$$

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 puede calcular la humedad relativa interior mediante el procedimiento descrito a continuación.

La humedad relativa interior φ_i (%) para la localidad donde se ubique el edificio y el mes de cálculo se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$\varphi_i = \frac{100 \cdot P_i}{P_{sat}(\theta_{si})} \quad [5]$$

donde,

$P_{\text{sat}}(\theta_{\text{si}})$ es la presión de saturación correspondiente a la temperatura superficial interior obtenida según la ecuación [3] [Pa];

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

$$P_i = P_e + \Delta p \quad [6]$$

donde,

P_e es la presión de vapor exterior calculada según las ecuaciones [3][4] [Pa];

Δp es el exceso de presión de vapor interior del local calculado mediante la siguiente ecuación [Pa]:

$$\Delta p = \frac{\Delta v \cdot R_v \cdot (T_i + T_e)}{2} \quad [7]$$

donde,

R_v es la constante de gas para el agua = 462 [Pa m³ / (K kg)];

T_i es la temperatura interior [K];

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

Δv es el exceso de humedad interior obtenido mediante la expresión [kg/m³]:

$$\Delta v = \frac{G}{n \cdot V} \quad [8]$$

donde,

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

n es la tasa de renovación de aire [h⁻¹];

V es el volumen de aire del local [m³].

4 Comprobación de la limitación de condensaciones

4.1 Comprobación de la limitación de condensaciones superficiales

4.1.1 Método de comprobación de condensaciones superficiales

El método del factor de temperaturas superficiales permite limitar el riesgo de aparición de condensaciones superficiales usando un criterio simplificado, que consiste en establecer un límite máximo del 80% de humedad relativa media mensual sobre la superficie del cerramiento analizado.

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 $f_{\text{Rsi,min}}$ para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero de la localidad. A falta de mejores datos se pueden obtener de la tabla C.1 del apéndice C.

En los cerramientos y puentes térmicos se comprueba que el *factor de temperatura de la superficie interior* es superior al factor de temperatura de la superficie interior mínimo. Este factor se puede obtener a partir de la tabla 1 en función de la clase de higrometría de cada espacio y la zona climática de invierno donde se encuentre el edificio.

Tabla 1 Factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{Rsi,min}$

Categoría del espacio	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Clase de higrometría 5	0,70	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
Clase de higrometría 4	0,56	0,66	0,66	0,69	0,75	0,78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0,42	0,50	0,52	0,56	0,61	0,64

El cumplimiento de los valores de transmitancia máxima de los parámetros característicos de la envolvente establecidos en el documento DB HE1 asegura, para los cerramientos y particiones interiores de los espacios de clase de higrometría 4 o inferior, la verificación de la condición anterior, pudiendo resultar necesario comprobarlo en los puentes térmicos.

En caso de disponer de información suficiente, el factor de temperatura de la superficie interior mínimo puede calcularse mediante el método descrito en el apartado 4.1.3 bajo las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero de la localidad.

El cálculo del factor de temperatura superficial correspondiente a cada cerramiento o puente térmico se obtiene mediante el método descrito en el apartado 4.1.2.

Por sus características, no es necesaria la comprobación de aquellas particiones interiores que linden con espacios no habitables donde se prevea escasa producción de vapor de agua, así como los cerramientos en contacto con el terreno.

4.1.2 Cálculo del factor de temperatura de la superficie interior de un cerramiento

El *factor de temperatura de la superficie interior* f_{Rsi} , para cada cerramiento, partición interior, se calcula a partir de su transmitancia térmica mediante la siguiente ecuación:

$$f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25 \quad [9]$$

donde,

U es la transmitancia térmica del cerramiento, partición interior en el cerramiento [$W/m^2 \cdot K$].

El *factor de temperatura de la superficie interior* f_{Rsi} para los *puentes térmicos*, para aplicar el método descrito en este documento, puede calcularse aplicando los métodos descritos en la norma UNE-EN ISO 10211:2012 o en el Documento de Apoyo correspondiente.

4.1.3 Cálculo del factor de temperatura de la superficie interior mínimo

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

$$f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{20 - \theta_e} \quad [10]$$

donde,

θ_e es la temperatura exterior de la localidad en el mes de enero definida en el Apéndice C tabla C.1 [$^{\circ}C$];

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

$$\theta_{si,min} = \frac{237.3 \cdot \log_e \left(\frac{Psat}{610.5} \right)}{17.269 - \log_e \left(\frac{Psat}{610.5} \right)} \quad [11]$$

donde,

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

$$P_{sat} = \frac{P_i}{0.8} \quad [12]$$

donde,

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

$$P_i = \varphi_i \cdot 2337 \quad [13]$$

donde,

φ_i es la humedad relativa interior definida en el apartado 2.1. [en tanto por 1].

La presión interior que se obtiene de la fórmula 13 es para una temperatura de 20 °C, para otras temperaturas de cálculo se pueden usar las siguientes presiones de vapor:

21 °C: $P_i = \Phi_i \cdot 2486$

22 °C: $P_i = \Phi_i \cdot 2642$

23 °C: $P_i = \Phi_i \cdot 2808$

24 °C: $P_i = \Phi_i \cdot 2982$

25 °C: $P_i = \Phi_i \cdot 3166$

4.2 Comprobación de la limitación de condensaciones intersticiales

Este método permite comprobar la existencia de riesgo de condensaciones intersticiales y, en su caso, cuantificarlas para poder determinar la cantidad acumulada a lo largo de un periodo anual.

4.2.1 Método de comprobación de condensaciones intersticiales

El procedimiento descrito 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 Apéndice C, tabla C.1 de este documento.

Para que no se produzcan condensaciones intersticiales se comprueba que la presión de vapor en la superficie de cada capa es inferior a la presión de vapor de saturación.

Para cada cerramiento objeto se calcula:

- la distribución de temperaturas;
- la distribución de presiones de vapor de saturación para las temperaturas antes calculadas;
- la distribución de presiones de vapor.

No es necesaria la comprobación aquellos cerramientos en contacto con el terreno y los cerramientos que dispongan de *barrera contra el 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 debe colocar la *barrera contra el vapor* en el lado de dicho espacio no habitable.

En caso de que se produzcan condensaciones intersticiales en una capa distinta a la de aislamiento, se aconseja evitar que la cantidad de agua condensada en cada periodo anual supere la cantidad de agua evaporada posible en el mismo periodo. Para ello, se puede repetir el procedimiento descrito anteriormente, pero para cada mes del año a partir de los datos climáticos del apartado Apéndice C, tabla C.1 y

calculando en cada uno de ellos y para cada capa de material la cantidad de agua condensada o evaporada. Como criterio general y salvo justificación expresa, no es recomendable admitir la presencia de agua condensada en los materiales aislantes.

4.2.2 Distribución de temperaturas

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 ($R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$).

El procedimiento a seguir para el cálculo de la distribución de temperaturas es el siguiente:

- cálculo de la resistencia térmica total del elemento;
- cálculo de la temperatura superficial exterior θ_{se} :

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [14]$$

donde,

θ_e es la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio según el Apéndice C, tabla C.1, correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C];

θ_i es la temperatura interior definida en el apartado 2.2.2 [°C];

R_T es la resistencia térmica total del componente constructivo [$m^2 \cdot K / W$];

R_{se} es la resistencia térmica superficial correspondiente al aire exterior, en función de la posición del elemento constructivo, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [$m^2 \cdot K / W$].

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

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

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

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [15]$$

donde,

θ_{se} es la temperatura superficial exterior [°C];

θ_e es la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio obtenida del Apéndice C, tabla C.1, correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C];

θ_i es la temperatura interior definida en el apartado 2.2.2 [°C];

$\theta_1 \dots \theta_{n-1}$ son las temperaturas en cada capa [°C].

$R_1, R_2 \dots R_n$ son las resistencias térmicas de cada capa [$m^2 \cdot K / W$];

R_T es la resistencia térmica total del componente constructivo [$m^2 \cdot K / W$];

d) cálculo de la temperatura superficial interior θ_{si} :

$$\theta_{si} = \theta_n + \frac{R_{si}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [16]$$

donde,

θ_e	es la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio obtenida del apartado E.1.1 correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C];
θ_i	es la temperatura interior definida en el apartado 2.2.2 [°C];
θ_n	es la temperatura en la capa n [°C];
R_{si}	es la resistencia térmica superficial correspondiente al aire interior, obtenida de acuerdo a la posición del elemento constructivo, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [$m^2 \cdot K / W$];
R_T	es la resistencia térmica total del componente constructivo [$m^2 \cdot K / W$].

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

4.2.3 Distribución de la presión de vapor de saturación

A partir de la distribución de temperaturas obtenida anteriormente se puede obtener la distribución de la presión de vapor de saturación a lo largo de un muro formado por varias capas.

4.2.4 Distribución de presión de vapor

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

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

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

$$P_n = P_{n-1} + \frac{S_{d(n)}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e) \quad [17]$$

donde,

P_i	es la presión de vapor del aire interior [Pa];
P_e	es la presión de vapor del aire exterior [Pa];
$P_1 \dots P_{n-1}$	es la presión de vapor en cada capa n [Pa];
$S_{d1} \dots S_{d(n)}$	es el espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua, calculado mediante la siguiente expresión [m];
$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n$	[18]

donde,

μ_n	es el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua de cada capa, que se puede obtener a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456: 2012 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 1).

Para el cálculo analítico de P_i y de P_e , en función de la temperatura y de la humedad relativa, se utiliza la siguiente expresión:

$$P_i = \phi_i \cdot P_{\text{sat}}(\theta_i) \quad [19]$$

$$P_e = \phi_e \cdot P_{\text{sat}}(\theta_e) \quad [20]$$

donde,

ϕ_i es la humedad relativa del ambiente interior definida en el apartado 2.2.2 [en tanto por 1];

ϕ_e es la humedad relativa del ambiente exterior definida en la tabla C.1 del Apéndice C [en tanto por 1];

P_i es la presión de vapor del aire interior [Pa];

P_e es la presión de vapor del aire exterior [Pa].

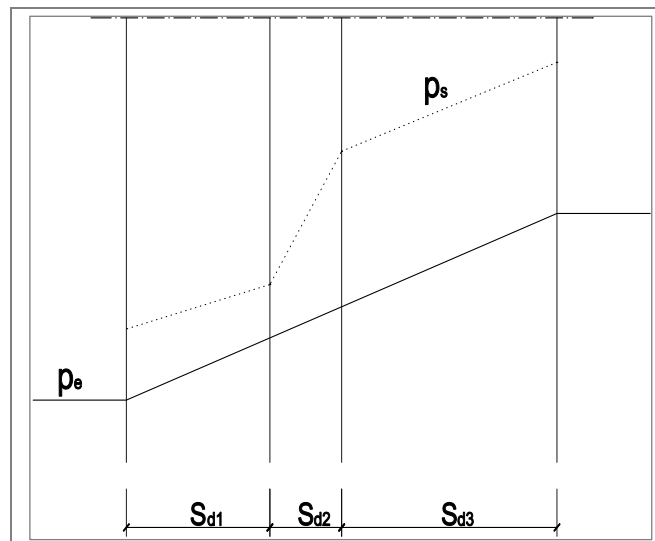


Figura 1 Distribución de presiones de vapor de saturación y presiones de vapor en un elemento multicapa del edificio dibujada frente a la resistencia a presión de vapor de cada capa.

4.2.5 Barrera contra el vapor

Si es necesaria la interposición de una *barrera contra el vapor*, esta se debe colocar en la cara caliente del cerramiento, cuidando que en la ejecución se eviten roturas o deterioros en la misma.

Apéndice A Terminología

Barrera contra el vapor: elemento que tiene una resistencia a la difusión de vapor mayor que 10 MN·s/g equivalente a 2,7 m²·h·Pa/mg.

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.

Espesor de aire equivalente frente a la difusión del vapor de agua: Espesor de una capa de aire inmóvil que tiene la misma resistencia al vapor de agua que el espesor del material considerado.

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 (m³/h). El exceso de humedad interior se expresa en kg/m³.

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.

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{20 - \theta_e}$$

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.

Humedad superficial crítica: Humedad relativa de la superficie que conduce a un deterioro de la misma, en particular a la formación de moho.

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.

Temperatura mínima aceptable: Temperatura superficial mínima interior para evitar la formación de moho.

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.

Apéndice B Notaciones y unidades

φ	Humedad relativa, en %
φ_e	Humedad relativa exterior, en %
φ_i	Humedad relativa interior, en %
θ_n	Temperatura en la capa n, en °C
θ_e	Temperatura exterior, en °C
θ_i	Temperatura interior, en °C
θ_{si}	Temperatura superficial interior, en °C
$\theta_{si,min}$	Temperatura superficial interior mínima aceptable, en °C
θ_{se}	Temperatura superficial exterior, en °C
μ	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, adimensional
G	Ritmo de producción de la humedad interior, en kg/h
Δv	Exceso de humedad interior $v_i - v_e$, en kg/m ³
Δp	Exceso de presión de vapor interior $P_i - P_e$, en Pa
n	Tasa de renovación de aire, en h ⁻¹
R_v	Constante de gas para el agua = 462 Pa m ³ / (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
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 ² ·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_T	Resistencia térmica total, 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 ·K
e	Espesor de una capa, en m

Apéndice C Datos climáticos

Tabla C.1 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 _{med}	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 _{med}	78	70	62	60	54	50	44	50	58	70	77	79
Alicante	T _{med}	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 _{med}	67	65	63	65	65	65	64	68	69	70	69	68
Almería	T _{med}	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 _{med}	70	68	66	65	67	65	64	66	66	69	70	69
Avila	T _{med}	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 _{med}	75	70	62	61	55	50	39	40	50	65	73	77
Badajoz	T _{med}	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 _{med}	80	76	69	66	60	55	50	50	57	68	77	82
Barcelona	T _{med}	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 _{med}	73	70	70	70	72	70	69	72	74	74	74	71
Bilbao	T _{med}	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 _{med}	73	70	70	72	71	72	73	75	74	74	74	74
Burgos	T _{med}	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 _{med}	86	80	73	72	69	67	61	62	67	76	83	86
Caceres	T _{med}	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 _{med}	78	73	63	60	55	44	37	39	49	65	76	80
Cádiz	T _{med}	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 _{med}	77	75	70	71	71	70	69	69	70	73	76	77
Castellón	T _{med}	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 _{med}	68	66	64	66	67	66	66	69	71	71	73	69
Ceuta	T _{med}	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 _{med}	87	87	88	87	87	87	87	87	89	89	88	88
Ciudad Real	T _{med}	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 _{med}	80	74	66	65	59	54	47	48	57	68	78	82
Córdoba	T _{med}	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 _{med}	80	75	67	65	58	53	46	49	55	67	76	80
A Coruña	T _{med}	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 _{med}	77	76	74	76	78	79	79	79	79	79	79	78
Cuenca	T _{med}	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 _{med}	78	73	64	62	58	54	44	46	56	68	76	79
Girona	T _{med}	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 _{med}	77	73	71	71	70	67	62	68	72	76	77	75
Granada	T _{med}	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 _{med}	76	71	64	61	56	49	42	42	53	62	73	77
Guadalajara	T _{med}	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 _{med}	80	76	69	68	67	62	53	54	61	72	79	81
Huelva	T _{med}	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 _{med}	76	72	66	63	60	59	54	54	60	67	72	75
Huesca	T _{med}	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 _{med}	80	73	64	63	60	56	48	53	61	70	78	81
Jaén	T _{med}	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 _{med}	77	72	67	64	59	53	44	45	55	67	75	77
León	T _{med}	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 _{med}	81	75	66	63	60	57	52	53	60	72	78	81
Lleida	T _{med}	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 _{med}	81	69	61	56	55	54	47	54	62	70	77	82
Logroño	T _{med}	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 _{med}	75	68	62	61	59	56	55	56	61	69	73	76
Lugo	T _{med}	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 _{med}	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 _{med}	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 _{med}	71	66	56	55	51	46	37	39	50	63	70	73
Málaga	T _{med}	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 _{med}	71	70	66	65	61	59	60	63	65	70	72	72
Melilla	T _{med}	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 _{med}	72	72	71	70	69	68	67	68	72	75	74	73
Murcia	T _{med}	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 _{med}	72	69	69	68	70	71	72	74	73	73	73	73
Ourense	T _{med}	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 _{med}	83	75	69	70	67	64	61	62	64	73	83	84
Oviedo	T _{med}	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 _{med}	77	75	74	77	79	80	80	80	78	78	78	76
Palencia	T _{med}	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 _{med}	84	77	71	70	67	64	58	59	63	73	80	85
Palma de Mallorca	T _{med}	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 _{med}	71	69	68	67	69	69	67	71	73	72	72	71
Palmas, Las	T _{med}	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 _{med}	68	67	65	66	65	67	66	67	69	70	70	68
Pamplona	T _{med}	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 _{med}	80	73	68	66	66	62	58	61	61	68	76	79
Pontevedra	T _{med}	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 _{med}	74	73	69	67	68	66	65	65	69	72	73	74
S ,Sebastian	T _{med}	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 _{med}	76	74	74	79	79	82	82	83	79	76	76	76
Salamanca	T _{med}	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 _{med}	85	78	69	66	62	58	50	53	62	74	82	86
Santa Cruz de Tenerife	T _{med}	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 _{med}	66	66	62	61	60	59	56	58	63	65	67	66
Santander	T _{med}	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 _{med}	71	71	71	74	75	77	77	78	77	75	73	72
Segovia	T _{med}	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 _{med}	75	71	65	65	61	55	47	49	55	65	73	78
Sevilla	T _{med}	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 _{med}	79	75	68	65	59	56	51	52	58	67	76	79
Soria	T _{med}	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 _{med}	77	73	68	67	64	60	53	54	60	70	76	78
Tarragona	T _{med}	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 _{med}	66	63	59	59	61	60	59	62	67	70	68	66
Teruel	T _{med}	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 _{med}	72	67	60	60	60	55	50	54	59	66	71	76
Toledo	T _{med}	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 _{med}	78	72	59	62	55	47	43	45	54	68	77	81
Valencia	T _{med}	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 _{med}	63	61	60	62	64	66	67	69	68	67	66	64
Valladolid	T _{med}	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 _{med}	82	72	62	61	57	52	44	46	53	67	77	83
Vitoria	T _{med}	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 _{med}	83	78	72	71	71	71	69	70	70	74	81	83
Zamora	T _{med}	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 _{med}	83	75	65	63	59	54	47	50	58	70	79	83
Zaragoza	T _{med}	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 _{med}	76	69	60	59	55	52	48	54	61	70	75	77

Otros documentos relacionados

UNE EN ISO 6946:2012	Elementos y componentes de edificación. Resistencia y transmitancia térmica. Método de cálculo.
UNE EN ISO 13370:2010	Prestaciones térmicas de edificios. Transmisión de calor por el terreno. Métodos de cálculo.
UNE EN ISO 10077-1:2010	Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas. Cálculo de la transmitancia. Parte 1. Generalidades.
UNE EN ISO 10077-2:2012	Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas. Cálculo del coeficiente de transmisión térmica. Parte 2. Método numérico para los marcos.
UNE EN ISO 13788: 2002	Características higrotérmicas de los elementos y componentes de edificación. Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial. Métodos de cálculo.
UNE EN ISO 10211:2012	Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales. Cálculos detallados.
UNE EN ISO 10456:2012	Materiales y productos para la edificación. Propiedades higrotérmicas. Valores tabulados de diseño y procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados y de diseño.