



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

Marzo 2018

	Índice	
1 Objeto		2
2 Cálculo de los parámetros característicos de la envolvente		2
2.1 Transmitancia térmica		2
2.2 Transmitancia de la energía solar de elementos semitransparentes		12
2.3 Irradiación solar media acumulada en el mes de julio ($H_{sol,jul}$)		20
3 Resistencia térmica total de un elemento de edificación constituido por capas homogéneas y heterogéneas.		21
3.1 Límite superior de la resistencia térmica total R'_T		22
3.2 Límite inferior de la resistencia térmica total R''_T		22
3.3 Resistencia térmica de cavidades de aire sin ventilar R_g		23
Notaciones y unidades		24
Otros documentos relacionados		25



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. En el caso de materiales heterogéneos, como las fábricas, se puede considerar la conductividad equivalente del conjunto.



Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [m²·K/ W]

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R _{se}	R _{si}
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 (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:
 - i) 500 mm² por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;
 - ii) 500 mm² por m² 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 [m²·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:
 - i) 500 mm² < S_{aberturas} ≤ 1500 mm² por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;
 - ii) 500 mm² < S_{aberturas} ≤ 1500 mm² por m² 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:
 - i) 1500 mm² por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;
 - ii) 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.

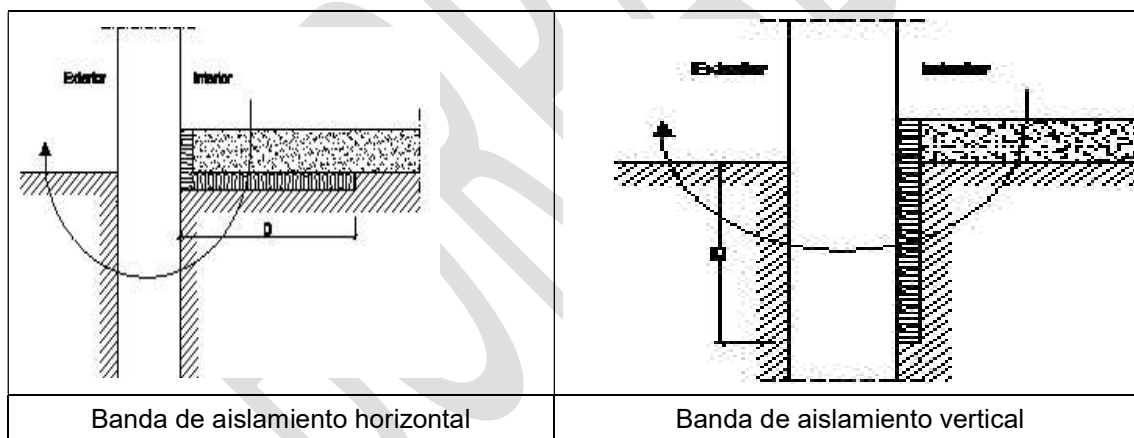


Figura 1 Soleras con aislamiento perimetral

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 $R_a = 0$ $m^2 \cdot K/W$ 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 [$W/m^2 \cdot K$]

B'	R_a 0,00	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		R_a [$m^2 \cdot K/ W$]					R_a [$m^2 \cdot K/ W$]					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.

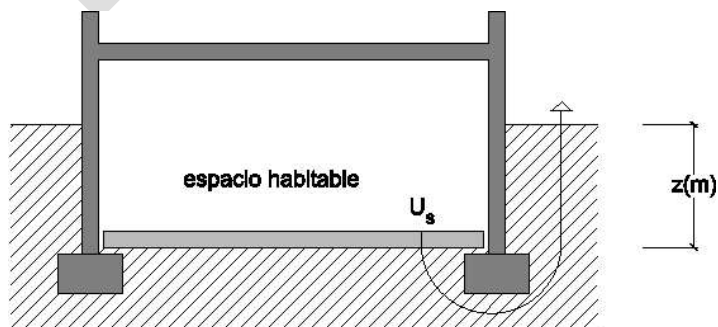


Figura 2 Solera enterrada

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

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 [$m^2 \cdot K/W$]				Rf [$m^2 \cdot K/W$]				Rf [$m^2 \cdot K/W$]				Rf [$m^2 \cdot K/W$]			
	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.

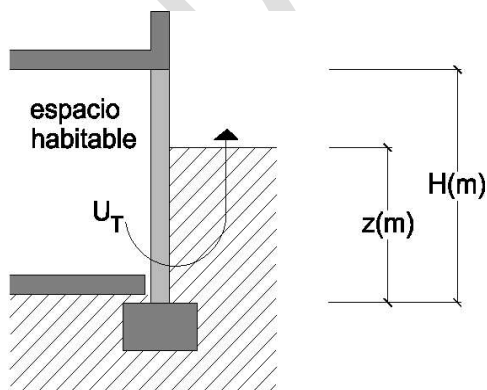
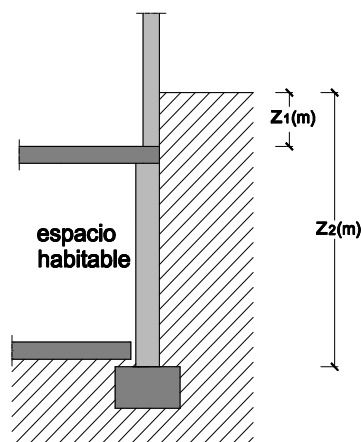

Figura 3 Muro en contacto con el terreno

Figura 4 Muro enterrado



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

R_m [$m^2 K/W$]	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:

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

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 $\lambda = 2 W/m \cdot K$.

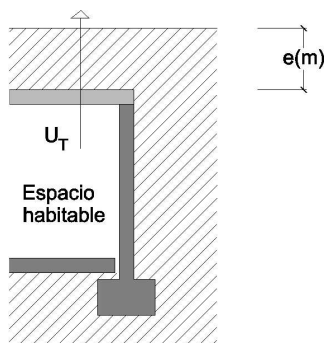


Figura 5 Cubierta enterrada

2.1.3 Particiones interiores en contacto con espacios no habitables

Para el cálculo de la transmitancia U [$W/m^2 \cdot K$] 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 [$W/m^2 \cdot K$] viene dada por la siguiente expresión:

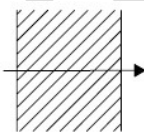
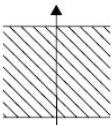
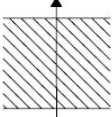
$$U = U_p \cdot b \tag{6}$$

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. [$m^2 \cdot K / W$];

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* [m^2K/W]

Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor	R_{se}	R_{si}
<p>Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal</p> 	0,13	0,13
<p>Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)</p> 	0,10	0,10
<p>Particiones interiores horizontales y flujo descendente (Suelo)</p> 	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

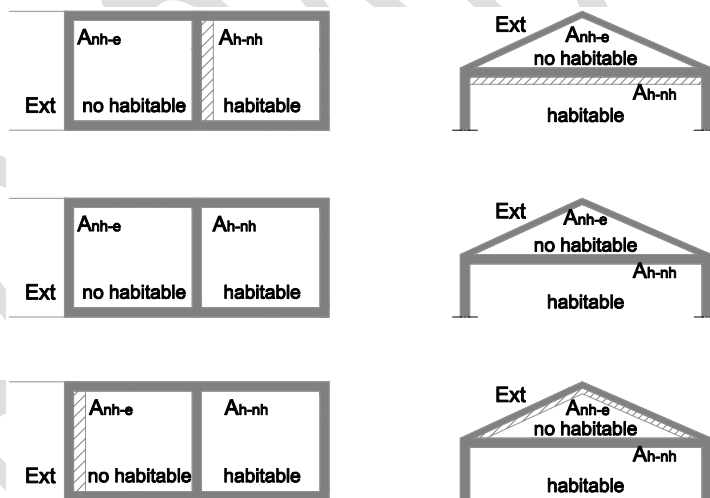


Figura 6 Espacios habitables en contacto con espacios no habitables

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:

$$b = \frac{H_{nh-e}}{H_{h-nh} + H_{nh-e}} \quad (7)$$

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:

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

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

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/m²·K];

U_{h-nh} la transmitancia térmica del cerramiento del *espacio habitable* en contacto con el *no habitable* calculado mediante la expresión (1) [W/m²·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* [m³/h];

Q_{nh-h} el caudal de aire entre el *espacio no habitable* y el *espacio habitable* [m³/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:

- a) que tengan una altura h inferior o igual a 1 m;
- b) 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.

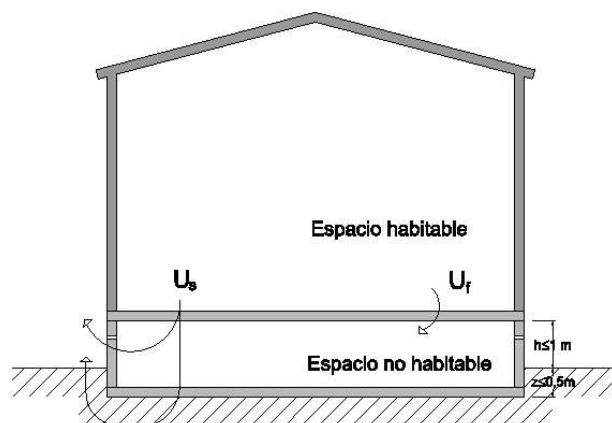


Figura 7 Cámaras sanitarias

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 [$W/m^2 K$]

$B' \geq 0,0$	R_f [m^2K/W]						
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	1
0,0							
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 (ventana, lucernario o puerta) U_H [$W/m^2 \cdot K$] se empleará la norma UNE EN ISO 10077.

$$U_H = \frac{A_{H,v} U_{H,v} + A_{H,m} U_{H,m} + l_v \Psi_v + A_{H,p} U_{H,p} + l_p \Psi_p}{A_{H,v} + A_{H,m} + A_{H,p}}$$

siendo,

- U_H la transmitancia térmica del hueco (ventana, lucernario o puerta) [$W/m^2 \cdot K$];
- $U_{H,v}$ la transmitancia térmica del acristalamiento [$W/m^2 \cdot K$];
- $U_{H,m}$ la transmitancia térmica del marco [$W/m^2 \cdot K$];
- $U_{H,p}$ la transmitancia térmica de la zona con panel opaco [$W/m^2 \cdot K$];
- Ψ_v la transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y acristalamiento [$W/m \cdot K$];
- Ψ_p la transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y paneles opacos [$W/m \cdot K$];
- $A_{H,v}$ el área de la parte acristalada [m^2];
- $A_{H,m}$ el área del marco [m^2];
- $A_{H,p}$ el área de la parte con panel opaco [m^2];
- l_v la longitud de contacto entre marco y acristalamiento [m];
- l_p la longitud de contacto entre marco y paneles opacos [m];

Los valores de las transmitancias térmicas lineales se pueden calcular o tomar de la siguiente tabla:

Tabla 10 Transmitancia térmica lineal Ψ_p y Ψ_g en huecos*

Material del marco	Acristalamiento o empanelado simple	Acristalamiento o empanelado doble o triple	Acristalamiento doble con baja emisividad o triple con dos capas de baja emisividad
Madera y plástico	0,00	0,06 / 0,05	0,08 / 0,06
Metálico con rotura de puente térmico	0,00	0,08 / 0,06	0,11 / 0,08
Metálico sin rotura de puente térmico	0,00	0,02 / 0,01	0,05 / 0,04

* Valores para elementos separadores convencionales y para elementos de prestaciones térmicas mejoradas.

En el caso de paneles opacos con juntas más aislantes que el propio panel se puede tomar $\Psi_p = 0$.

2.2 Transmitancia de la energía solar de elementos semitransparentes

2.2.1 Transmitancia total de energía solar del acristalamiento

La siguiente tabla muestra valores representativos de la transmitancia total de energía solar de diversos tipos de acristalamiento ($g_{gl;wi}$):



Tabla 11 Transmitancia total de energía solar para diferentes tipos de vidrio

Tipo	$g_{gl;n}$	$g_{gl;wi}$
Vidrio sencillo	0,85	0,77
Vidrio doble	0,75	0,68
Vidrio doble bajo emisor	0,67	0,60
Vidrio triple	0,70	0,63
Vidrio triple bajo emisor	0,50	0,45
Doble ventana	0,75	0,68

NOTA: Los valores de la transmitancia total de energía solar del acristalamiento (sin dispositivo de sombra activo), $g_{gl;wi}$, se han obtenido a partir del valor de la transmitancia total de energía solar a incidencia normal, $g_{gl;n}$ y un factor de corrección por dispersión del vidrio, $F_w = 0,90$. ($g_{gl;wi} = F_w \cdot g_{gl;n}$). (Tabla B.22 del Anexo B de la UNE-EN ISO 52016-1)

2.2.2 Transmitancia total de energía solar del acristalamiento con un dispositivo de sombra móvil

La siguiente tabla incluye la transmitancia total de energía solar de diversos acristalamientos tipo y diversos tipos de dispositivos de sombra móvil ($g_{gl;sh,wi}$):

Tabla 12 Transmitancia total de energía solar de acristalamientos para distintos dispositivos de sombra móvil ($g_{gl;sh,wi}$)

Factor de transmitancia solar del dispositivo de protección solar		Protección exterior				Protección interior			
		Factor de reflexión ($\rho_{e,B}$)				Factor de reflexión ($\rho_{e,B}$)			
$T_{e,B}$	Tipo de vidrio	blanco	pastel	oscuro	negro	blanco	pastel	oscuro	negro
0 (p.ej: persianas)	Vidrio sencillo	0,06	0,11	0,15	0,19	0,30	0,42	0,54	0,66
	Vidrio doble	0,05	0,08	0,11	0,14	0,34	0,43	0,53	0,63
	Vidrio triple	0,04	0,06	0,09	0,11	0,34	0,42	0,49	0,57
	Vidrio doble bajo emisor	0,03	0,05	0,08	0,10	0,34	0,42	0,51	0,59
0,2 (p.ej: toldos)	Vidrio sencillo	0,22	0,27	0,31	0,33	0,39	0,51	0,62	0,68
	Vidrio doble	0,20	0,23	0,26	0,28	0,40	0,50	0,60	0,65
	Vidrio triple	0,17	0,20	0,22	0,24	0,39	0,46	0,54	0,58
	Vidrio doble bajo emisor	0,17	0,20	0,22	0,23	0,39	0,48	0,56	0,61
0,4 (p.ej: cortinas)	Vidrio sencillo	0,41	0,43	0,45	0,47	0,53	0,59	0,65	0,71
	Vidrio doble	0,36	0,38	0,39	0,41	0,51	0,56	0,61	0,66
	Vidrio triple	0,32	0,33	0,35	0,36	0,47	0,51	0,55	0,59
	Vidrio doble bajo emisor	0,33	0,34	0,35	0,36	0,49	0,53	0,58	0,62

NOTA: Para el cálculo de la transmitancia total de energía solar de otro tipo de acristalamiento o dispositivo de sombra puede consultarse la norma UNE-EN ISO 52022-3.

NOTA: De la norma UNE-EN ISO:52022-3, para la obtención de los valores de la transmitancia total de energía solar para distintos dispositivos de sombra móvil ($g_{gl;sh,wi}$) recogidos en la tabla 12, se han tomado los valores del factor de transmitancia solar del dispositivo de protección solar tipo ($T_{e,B}$) y del factor de reflexión tipo en función del color ($\rho_{e,B}$), así como los valores de la transmitancia térmica del vidrio (U_{gl}) y la transmitancia total de energía solar a incidencia normal ($g_{gl;n}$) que se detallan a continuación:

Factor de transmitancia solar del dispositivo de protección solar ($T_{e,B}$)	Factor de reflexión del dispositivo de protección solar ($\rho_{e,B}$)				Tipo de vidrio	U_{gl}	$g_{gl;n}$
	blanco	pastel	oscuro	negro			
0	0,7	0,5	0,3	0,1	Vidrio sencillo	5,7	0,85
0,2	0,6	0,4	0,2	0,1	Vidrio doble	3,0	0,75
0,4	0,4	0,3	0,2	0,1	Vidrio triple	2,0	0,70
					Vidrio doble bajo emisor	1,6	0,67



Como rango orientativo de la eficacia de la protección solar utilizada se puede tomar la clasificación térmica de eficacia de protección solar que establece la UNE-EN 14501 en función del valor de $g_{gl;sh,wi}$:

Clase (UNE-EN 14501)	0	1	2	3	4
Eficacia	Efecto mínimo	Efecto pequeño	Efecto moderado	Eficiente	Muy eficiente
$g_{gl;sh,wi}$	$g_{gl;sh,wi} > 0,5$	$0,35 < g_{gl;sh,wi} < 0,5$	$0,15 < g_{gl;sh,wi} < 0,35$	$0,10 < g_{gl;sh,wi} < 0,15$	$g_{gl;sh,wi} < 0,10$

2.2.3 Transmitancia total media mensual de energía solar de acristalamientos con dispositivos de sombra móvil

Para el uso en el cálculo de necesidades energéticas, la siguiente expresión proporciona el valor de la transmitancia total media mensual de energía solar del acristalamiento incluyendo el efecto del dispositivo de sombra móvil ($g_{gl;wi;m}$):

$$g_{gl;wi;m} = (1 - f_{sh,with}) \cdot g_{gl;wi} + f_{sh,with} \cdot g_{gl;sh;wi}$$

donde:

$f_{sh,with}$ es la fracción de tiempo con el dispositivo de sombra móvil activado, o factor reductor para sombreadamientos solares móviles;

$g_{gl;wi}$ es la transmitancia total de energía solar del acristalamiento sin el dispositivo de sombra móvil activado;

$g_{gl;sh;wi}$ es la transmitancia total de energía solar del acristalamiento con el dispositivo de sombra móvil activado.

El valor de la transmitancia total de energía solar para periodos de varios meses (p.e. temporada de calefacción), puede obtenerse de forma simplificada, promediando los valores mensuales para dicho periodo.

Para el cálculo de la fracción de tiempo con el dispositivo de sombra móvil activado, pueden usarse los criterios de operación de la siguiente tabla:

Tabla 13 Consignas de operación de dispositivos de sombra móviles

Valor de irradiación solar (I_{sol}) [W/m^2]

Posición del dispositivo	Accionamiento manual o motorizado con control manual	Accionamiento motorizado con control motorizado
Abierto (desconectado o no activo)	$I_{sol} < 300$	$I_{sol} < 200$
Cerrado (conectado o activo)	$I_{sol} > 300$	$I_{sol} > 200$

Para la operación en periodos de calefacción con necesidades de captación solar puede resultar más adecuado usar como umbral de activación una irradiación solar $I_{sol} > 500 W/m^2$.

Las siguientes tablas muestran los factores de reducción para sombreadamientos solares móviles, $f_{sh,with}$, obtenidos para un valor de irradiación de $300 W/m^2$ y para los climas de referencia:

Tabla 14.a Fracción de tiempo de activación de los dispositivos solares móviles por meses y orientaciones, para climas peninsulares, de las Islas Baleares, Ceuta y Melilla ($f_{sh,with}$)

ZC	Orientación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
A3	E	0,58	0,69	0,72	0,76	0,78	0,79	0,84	0,85	0,79	0,77	0,55	0,45
	S	0,92	0,86	0,76	0,59	0,29	0,00	0,05	0,50	0,73	0,86	0,90	0,92
	W	0,50	0,70	0,75	0,77	0,84	0,79	0,85	0,83	0,81	0,74	0,56	0,41
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A4	E	0,58	0,69	0,72	0,76	0,78	0,83	0,87	0,88	0,80	0,76	0,61	0,45
	S	0,92	0,86	0,76	0,59	0,29	0,00	0,04	0,55	0,75	0,86	0,91	0,92

**Ministerio de Fomento**

Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda

Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo

ZC	Orientación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
	W	0,50	0,70	0,75	0,77	0,84	0,81	0,90	0,90	0,78	0,74	0,55	0,48
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B3	E	0,50	0,66	0,72	0,74	0,75	0,79	0,83	0,84	0,78	0,74	0,58	0,42
	S	0,90	0,84	0,76	0,53	0,19	0,00	0,07	0,54	0,74	0,85	0,89	0,90
	W	0,51	0,68	0,69	0,73	0,77	0,77	0,84	0,83	0,77	0,71	0,57	0,42
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B4	E	0,50	0,66	0,72	0,74	0,75	0,82	0,90	0,89	0,80	0,71	0,54	0,42
	S	0,90	0,84	0,76	0,53	0,19	0,00	0,05	0,54	0,76	0,81	0,88	0,89
	W	0,51	0,68	0,69	0,73	0,77	0,82	0,87	0,89	0,79	0,67	0,53	0,41
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C1	E	0,44	0,46	0,62	0,67	0,72	0,72	0,75	0,75	0,69	0,60	0,45	0,39
	S	0,79	0,77	0,63	0,43	0,15	0,00	0,04	0,39	0,66	0,79	0,78	0,78
	W	0,49	0,53	0,61	0,64	0,61	0,68	0,71	0,73	0,64	0,61	0,50	0,33
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C2	E	0,44	0,46	0,62	0,67	0,72	0,77	0,84	0,80	0,75	0,64	0,52	0,31
	S	0,79	0,77	0,63	0,43	0,15	0,00	0,06	0,47	0,72	0,73	0,79	0,75
	W	0,49	0,53	0,61	0,64	0,61	0,72	0,78	0,82	0,76	0,58	0,52	0,41
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C3	E	0,44	0,46	0,62	0,67	0,72	0,80	0,85	0,84	0,80	0,64	0,52	0,37
	S	0,79	0,77	0,63	0,43	0,15	0,00	0,03	0,52	0,73	0,77	0,77	0,80
	W	0,49	0,53	0,61	0,64	0,61	0,78	0,80	0,82	0,77	0,55	0,39	0,35
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C4	E	0,44	0,46	0,62	0,67	0,72	0,82	0,89	0,91	0,84	0,59	0,42	0,34
	S	0,79	0,77	0,63	0,43	0,15	0,00	0,05	0,56	0,75	0,78	0,79	0,78
	W	0,49	0,53	0,61	0,64	0,61	0,83	0,86	0,88	0,83	0,61	0,40	0,39
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D1	E	0,37	0,60	0,69	0,66	0,74	0,71	0,77	0,75	0,70	0,69	0,49	0,28
	S	0,76	0,78	0,74	0,50	0,23	0,00	0,06	0,42	0,63	0,78	0,77	0,83
	W	0,41	0,58	0,65	0,72	0,71	0,68	0,74	0,71	0,64	0,63	0,45	0,40
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D2	E	0,37	0,60	0,69	0,66	0,74	0,78	0,83	0,84	0,73	0,67	0,46	0,38
	S	0,76	0,78	0,74	0,50	0,23	0,00	0,09	0,50	0,70	0,81	0,79	0,79
	W	0,41	0,58	0,65	0,72	0,71	0,78	0,81	0,80	0,74	0,67	0,50	0,33
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D3	E	0,37	0,60	0,69	0,66	0,74	0,79	0,85	0,84	0,77	0,62	0,44	0,40
	S	0,76	0,78	0,74	0,50	0,23	0,00	0,02	0,49	0,73	0,78	0,79	0,73
	W	0,41	0,58	0,65	0,72	0,71	0,80	0,86	0,83	0,77	0,70	0,46	0,39
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E1	E	0,47	0,51	0,66	0,66	0,72	0,70	0,75	0,77	0,69	0,60	0,49	0,42
	S	0,80	0,75	0,71	0,51	0,25	0,00	0,05	0,45	0,66	0,75	0,80	0,83
	W	0,46	0,52	0,67	0,67	0,71	0,72	0,70	0,74	0,66	0,63	0,50	0,40
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Tabla 14.b Fracción de tiempo de activación de los dispositivos solares móviles por meses y orientaciones, para climas de las Islas Canarias ($f_{sh,with}$)

ZC	Orientación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
α1	E	0,74	0,79	0,82	0,82	0,82	0,69	0,74	0,77	0,70	0,76	0,75	0,71
	S	0,86	0,83	0,64	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,76	0,85	0,87
	W	0,70	0,80	0,79	0,83	0,80	0,66	0,76	0,73	0,72	0,76	0,75	0,71
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
α2	E	0,74	0,79	0,82	0,82	0,82	0,77	0,80	0,80	0,80	0,83	0,76	0,69
	S	0,86	0,83	0,64	0,11	0,00	0,00	0,00	0,01	0,39	0,80	0,86	0,86
	W	0,70	0,80	0,79	0,83	0,80	0,73	0,79	0,82	0,77	0,78	0,73	0,70
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
α3	E	0,74	0,79	0,82	0,82	0,82	0,81	0,83	0,85	0,77	0,78	0,78	0,71
	S	0,86	0,83	0,64	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,79	0,85	0,86
	W	0,70	0,80	0,79	0,83	0,80	0,80	0,81	0,82	0,75	0,77	0,77	0,72
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
α4	E	0,74	0,79	0,82	0,82	0,82	0,81	0,86	0,89	0,76	0,77	0,77	0,69
	S	0,86	0,83	0,64	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,78	0,86	0,87
	W	0,70	0,80	0,79	0,83	0,80	0,80	0,86	0,89	0,77	0,81	0,75	0,69
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A1	E	0,66	0,68	0,76	0,74	0,71	0,70	0,73	0,73	0,64	0,73	0,63	0,61
	S	0,81	0,74	0,56	0,08	0,00	0,00	0,00	0,02	0,44	0,67	0,79	0,77
	W	0,65	0,64	0,70	0,74	0,69	0,65	0,72	0,76	0,67	0,65	0,73	0,58
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A2	E	0,66	0,68	0,76	0,74	0,77	0,73	0,84	0,82	0,74	0,75	0,67	0,60
	S	0,81	0,74	0,56	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,69	0,77	0,79
	W	0,65	0,64	0,70	0,74	0,80	0,70	0,79	0,79	0,71	0,71	0,57	0,56
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A3	E	0,66	0,68	0,76	0,74	0,77	0,77	0,81	0,88	0,76	0,74	0,63	0,65
	S	0,81	0,74	0,56	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,70	0,79	0,80
	W	0,65	0,64	0,70	0,74	0,80	0,76	0,81	0,84	0,75	0,67	0,60	0,57
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A4	E	0,66	0,68	0,76	0,74	0,77	0,78	0,84	0,89	0,77	0,71	0,67	0,62
	S	0,81	0,74	0,56	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,67	0,75	0,79
	W	0,65	0,64	0,70	0,74	0,80	0,80	0,86	0,88	0,77	0,66	0,62	0,62
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B1	E	0,57	0,64	0,69	0,76	0,77	0,72	0,73	0,74	0,71	0,68	0,68	0,52
	S	0,79	0,68	0,50	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,69	0,77	0,75
	W	0,62	0,67	0,70	0,68	0,79	0,76	0,72	0,72	0,70	0,63	0,66	0,45
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B2	E	0,57	0,64	0,69	0,76	0,77	0,70	0,82	0,82	0,73	0,70	0,60	0,63
	S	0,79	0,68	0,50	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,65	0,76	0,74
	W	0,62	0,67	0,70	0,68	0,79	0,72	0,81	0,79	0,72	0,68	0,55	0,55

**Ministerio de Fomento**Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda
Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo

ZC	Orientación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
B3	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E	0,57	0,64	0,69	0,76	0,77	0,75	0,82	0,84	0,77	0,72	0,61	0,57
	S	0,79	0,68	0,50	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,70	0,76	0,80
	W	0,62	0,67	0,70	0,68	0,79	0,78	0,83	0,84	0,76	0,71	0,61	0,65
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B4	E	0,57	0,64	0,69	0,76	0,77	0,82	0,85	0,88	0,79	0,71	0,57	0,52
	S	0,79	0,68	0,50	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,64	0,76	0,76
	W	0,62	0,67	0,70	0,68	0,79	0,79	0,83	0,87	0,78	0,68	0,62	0,60
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C1	E	0,53	0,49	0,64	0,68	0,67	0,64	0,70	0,71	0,70	0,62	0,54	0,48
	S	0,73	0,61	0,54	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,60	0,68	0,67
	W	0,48	0,54	0,64	0,62	0,66	0,63	0,71	0,73	0,62	0,61	0,49	0,44
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C2	E	0,53	0,49	0,64	0,68	0,67	0,73	0,80	0,83	0,76	0,61	0,57	0,49
	S	0,73	0,61	0,54	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,58	0,70	0,72
	W	0,48	0,54	0,64	0,62	0,66	0,70	0,79	0,75	0,70	0,57	0,51	0,58
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C3	E	0,53	0,49	0,64	0,68	0,67	0,77	0,82	0,86	0,78	0,64	0,51	0,49
	S	0,73	0,61	0,54	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,59	0,69	0,70
	W	0,48	0,54	0,64	0,62	0,66	0,75	0,82	0,83	0,75	0,63	0,55	0,48
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C4	E	0,53	0,49	0,64	0,68	0,67	0,80	0,86	0,89	0,79	0,61	0,54	0,51
	S	0,73	0,61	0,54	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,60	0,70	0,66
	W	0,48	0,54	0,64	0,62	0,66	0,77	0,86	0,89	0,76	0,61	0,44	0,46
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D1	E	0,50	0,59	0,68	0,64	0,71	0,72	0,74	0,76	0,69	0,61	0,53	0,53
	S	0,72	0,65	0,51	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,63	0,74	0,69
	W	0,48	0,60	0,67	0,63	0,68	0,61	0,70	0,74	0,66	0,65	0,62	0,51
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D2	E	0,50	0,59	0,68	0,64	0,71	0,74	0,82	0,83	0,67	0,65	0,63	0,55
	S	0,72	0,65	0,51	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,66	0,72	0,66
	W	0,48	0,60	0,67	0,63	0,68	0,69	0,80	0,83	0,73	0,61	0,43	0,40
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D3	E	0,50	0,59	0,68	0,64	0,71	0,78	0,81	0,81	0,76	0,66	0,50	0,51
	S	0,72	0,65	0,51	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,69	0,71	0,70
	W	0,48	0,60	0,67	0,63	0,68	0,77	0,81	0,82	0,78	0,57	0,59	0,35
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E1	E	0,51	0,65	0,64	0,68	0,72	0,69	0,74	0,74	0,66	0,68	0,54	0,50
	S	0,72	0,72	0,48	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,69	0,72	0,72
	W	0,49	0,61	0,63	0,67	0,69	0,67	0,73	0,76	0,62	0,69	0,54	0,56
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



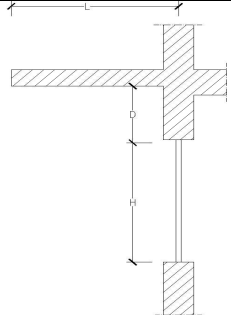
2.2.4 Factor de sombra por obstáculos externos al hueco ($F_{sh,obst}$)

El factor de sombra del hueco o lucernario por obstáculos externos al hueco (voladizos, aletas laterales, retranqueos, obstáculos remotos, etc). Se puede obtener de las tablas siguientes tablas (Tabla15 a 18).

En caso de que no se justifique adecuadamente el valor de $F_{sh,obst}$ se debe considerar igual a la unidad;

La consideración del factor de sombra que corresponda a la vegetación podrá ser tomada en cuenta o no por el proyectista, siendo necesaria una evaluación diferenciada en función de la geometría del elemento y su follaje (hoja perenne o caduca).

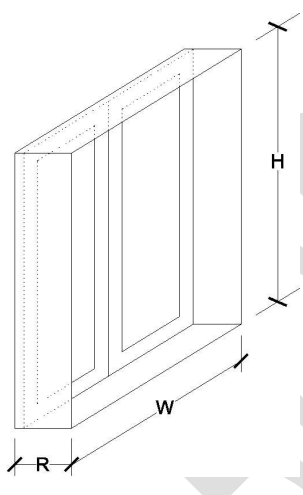
Tabla 15 Factor de sombra para obstáculos de fachada ($F_{sh,obst}$): Voladizo



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
$0,2 < D/H \leq 0,5$	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 16 Factor de sombra para obstáculos de fachada ($F_{sh,obst}$): Retranqueo



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

Tabla 17 Factor de sombra para obstáculos de fachada ($F_{sh,obst}$): Lamas



ORIENTACIÓN		ANGULO DE INCLINACIÓN (β)		
		0	30	60
LAMAS HORIZONTALES	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		ANGULO DE INCLINACIÓN (σ)						
		-60	-45	-30	0	30	45	60
ORIENTACIÓN	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

NOTA: 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 18 Factor de sombra para lucernarios ($F_{sh,obst}$):

		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

NOTA: 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.



2.3 Irradiación solar media acumulada en el mes de julio ($H_{sol;jul}$)

La siguiente tabla recoge los valores de irradiación solar media acumulada en el mes de julio, medida en kWh/m², en función de la orientación de la superficie y de la zona climática.

Tabla 19 Irradiación solar media acumulada en el mes de julio ($H_{sol;jul}$) [kWh/m²]

Z.C.	Horiz.	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N
A3	220.36	96.73	127.81	117.82	89.53	115.84	124.7	94.3	59.39
A4	235.35	99.25	132.86	123.7	94.78	123.83	133.97	100.69	61.12
B3	220.33	92.03	121.85	114.45	89.73	114.64	122.02	92.07	57.92
B4	235.31	101.7	135.64	125.09	94.13	121.94	131.14	98.48	61
C1	195.77	88.49	114.47	106.12	81.72	101.55	108.06	84	56.85
C2	217.19	96.61	128.05	117.89	88.17	111.22	118.78	90.17	58.23
C3	220.34	97.05	128.62	118.69	89.37	115.69	125.22	95.24	59.61
C4	235.35	101.78	136.41	126.01	94.84	121.68	130.08	97.16	60.36
D1	195.8	88.53	114.54	106.15	81.96	101.33	107.19	82.96	56.51
D2	217.18	94.76	125.48	116.31	88.51	113.39	121.59	92.18	58.27
D3	220.32	94.22	124.81	116.03	89.15	115.91	125.24	94.95	58.91
E1	195.79	88.95	114.88	106.34	82.09	101.16	106.71	82.58	56.67
A1c	195.58	92.08	107.59	86.64	53.96	86.32	106.2	90.43	60.7
A2c	216.93	100.05	119.62	95.52	56.26	91.6	113.03	94.66	61.64
A3c	220.08	104.09	123.24	96.75	55.46	94.84	119.85	101.22	65.16
A4c	235.08	106.01	127.09	100.74	58.43	102.22	129.54	108	66.24
Alfa1c	195.56	92.34	108.38	87.67	54.6	85.65	104.9	89.43	60.59
Alfa2c	216.93	99	117.97	94.19	56	94.88	119.03	99.82	62.89
Alfa3c	220.11	101.98	121.5	96.44	56.3	95.45	119.73	100.47	63.76
B1c	195.57	94.7	111.24	89.32	54.32	86.49	107.33	92	62.03
B2c	216.9	98.2	116.52	92.9	55.18	94.02	118.23	99.5	62.8
B3c	220.11	103.16	122.46	96.54	55.97	95.26	120.03	101	64.72
B4c	235.08	106.88	128.05	101.19	57.89	99.94	126.41	105.8	66.06
C1c	195.57	91.62	107.19	86.49	54.19	88.17	109.31	92.94	61.18
C2c	216.91	101.03	119.95	94.85	55.33	91.94	114.83	96.7	63.06
C3c	220.1	100.28	119.36	95.02	56.22	96.18	120.49	100.72	63.15
C4c	235.05	107.93	129.02	101.38	57.65	97.95	122.21	101.72	64.95
D1c	195.59	89.55	105.74	86.9	55.6	85.63	103.96	88.3	59.36
D2c	216.92	98.35	116.78	93.15	55.16	94.32	118.89	100.17	62.98
D3c	220.1	102.24	121.33	95.77	55.79	94.87	118.9	99.71	63.79
E1c	195.58	91.03	106.12	85.63	53.95	85.66	105.32	89.87	60.74

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:

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} \quad (12)$$

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.

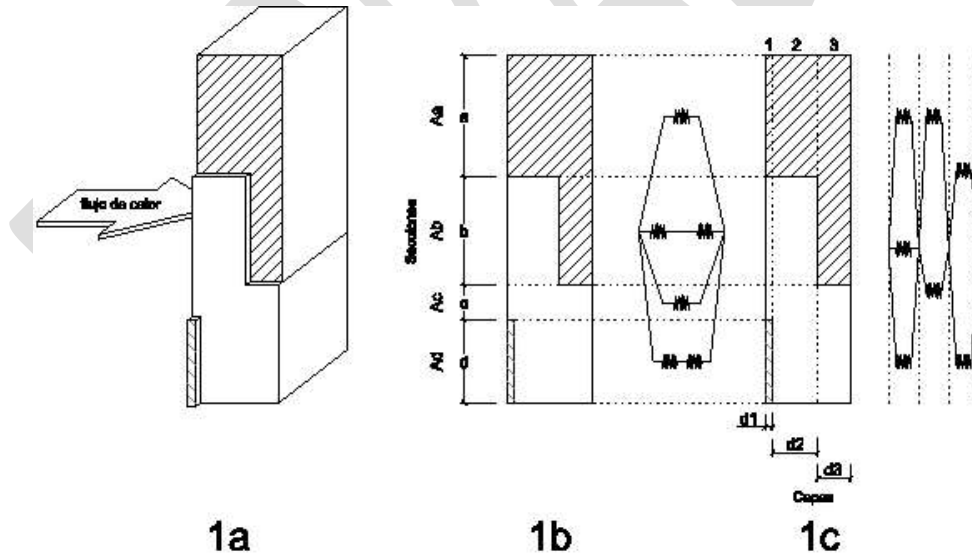


Figura 8

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_{m_j} , un espesor d_j , un área fraccional f_m y una resistencia térmica R_{m_j} .

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:

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

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) [$m^2 \cdot K / W$];

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) [$m^2 \cdot K / W$];

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 elemento, dirección del flujo de calor [$m^2 \cdot K / W$].

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 [$m^2 \cdot K / W$].



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:

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

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 W/m²·K y 0,025/d W/m²·K;
 - para flujo de calor hacia arriba: el mayor de 1,95 W/m²·K y 0,025/d W/m²·K;
 - para flujo de calor hacia abajo: el mayor de 0,12d^{0,44} W/m²·K y 0,025/d W/m²·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 20 Coeficiente de radiación para una superficie negra

Temperatura	H_{ro} [W/m ² 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, en grados sexagesimales
ϵ	Emisividad de una superficie, adimensional
λ	Conductividad térmica, en W/m.K
σ	Angulo de orientación de lamas verticales, en grados sexagesimales
τ	Transmitancia de tejido en toldos, adimensional
Ψ_v	Transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y acristalamiento, en W/m·K
Ψ_p	Transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y paneles opacos, en W/m·K
e	Espesor de una capa, en m
$g_{gl;n}$	Transmitancia total de energía solar del acristalamiento a incidencia normal, adimensional
$g_{gl;wi;m}$	Transmitancia total mensual media efectiva de energía solar del acristalamiento, adimensional
$g_{gl;wi}$	Transmitancia total de energía solar del acristalamiento cuando el dispositivo de sombra móvil no está en uso (desactivado), adimensional
$g_{gl;sh;wi}$	Transmitancia total de energía solar del conjunto del acristalamiento y el dispositivo de sombra móvil cuando el dispositivo de sombra móvil está en uso (activado), adimensional
$f_{sh;with}$	Factor de reducción para sombreamiento solar móvil, 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
l_v	Longitud de contacto entre marco y acristalamiento del hueco, en m
l_p	Longitud de contacto entre marco y paneles opacos del hueco, en m
n	Tasa de renovación de aire, en h ⁻¹
u	Coefficiente de transmisión térmica lineal para soleras y losas, en W/m ² ·K
A	Área de la solera o losa, en m ²
$A_{H,v}$	el área de la parte acristalada del hueco, en m ²
$A_{H,m}$	el área del marco del hueco, en m ²
$A_{H,p}$	el área de la parte con panel opaco del hueco, en m ²
D	Ancho de banda de aislamiento, en m
E	Factor de emisividad entre las superficies, 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
FM	Fracción de marco
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 $W/m^2 \cdot K$
U_H	Transmitancia térmica del hueco, en $W/m^2 \cdot K$
$U_{H,v}$	Transmitancia térmica de la parte acristalada del hueco, en $W/m^2 \cdot K$
$U_{H,m}$	Transmitancia térmica del marco del hueco, en $W/m^2 \cdot K$
$U_{H,p}$	Transmitancia térmica de la zona con panel opaco del hueco, en $W/m^2 \cdot K$
U_T	Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno, en $W/m^2 \cdot K$
U_S	Transmitancia térmica de suelos, en $W/m^2 \cdot K$
U_f	Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con la cámara de aire, en $W/m^2 \cdot K$
U_P	Transmitancia térmica de <i>particiones interiores</i> , en $W/m^2 \cdot K$

Otros documentos relacionados

UNE EN ISO 6946:2012	Componentes y elementos para la edificación. Resistencia y transmitancia térmica. Método de cálculo.
UNE EN ISO 13370:2017	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
UNE EN ISO 52022-3:2017	Eficiencia energética de los edificios. Propiedades térmicas, solares y de luz diurna de los componentes de los edificios y sus elementos. Parte 3: Método detallado de cálculo de las características solares y de luz diurna de los dispositivos de protección solar combinados con acristalamiento
UNE EN ISO 52016-1:2017	Eficiencia energética de los edificios. Cálculo de las necesidades energéticas de calefacción y refrigeración, temperaturas interiores y carga calorífica y de enfriamiento. Parte 1: Procedimientos de cálculo
UNE EN 14501:2006	Celosías y persianas. Confort térmico y luminoso. Evaluación del comportamiento