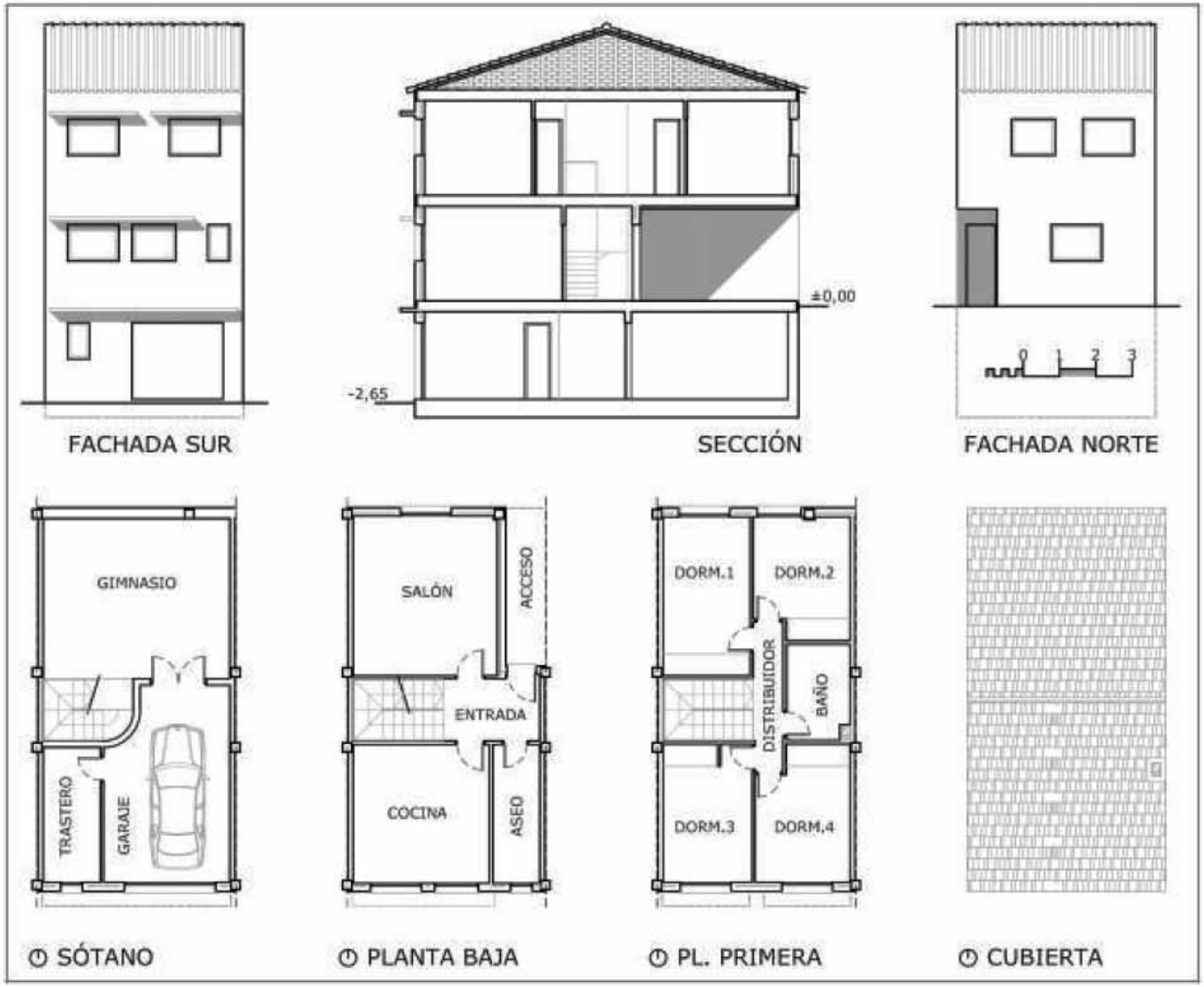
EJEMPLO PRÁCTICO DE APLICACIÓN

Vivienda Unifamiliar entre Medianeras, ubicada en Sevilla, compuesta de PB + 1 con sótano y cubierta a dos aguas.

Su orientación es N-S y el terreno presenta un desnivel de 2,65 m entre la fachada principal (Norte) y la posterior (Sur).


FACHADA SUR
±0,00
-2,65
SECCIÓN
0 1 2 3
FACHADA NORTE
GIMNASIO
TRASTERO
GARAJE
SÓTANO
SALÓN
ACCESO
ENTRADA
COCINA
ASEO
PLANTA BAJA
DORM.1
DORM.2
DISTRIBUIDOR
BAÑO
DORM.3
DORM.4
PL. PRIMERA
CUBIERTA

Composición Constructiva

Cimentación: Losa armada de 50 cm de espesor y muro de contención en el desnivel del terreno de hormigón armado de 30 cm de espesor con trasdosado autoportante de cartón-yeso y aislante en la cámara.

Estructura: Pórticos planos de hormigón armado y forjados unidireccionales (25+5).

Cubierta: Faldón inclinado sobre tabiquillos con tejas. Aislamiento en la parte inferior de la cámara de lana de roca.

Fachadas: Enfoscado de mortero de cemento (1,5 cm), ½ pie de ladrillo perforado, embarrado (2 cm), poliuretano proyectado (3 cm), cámara de aire (2 cm), tabique de LHS (5 cm) y enlucido de yeso (1,5 cm).

Medianeras: Enlucido de yeso (1,5 cm), ½ pie de ladrillo perforado, poliuretano proyectado (3 cm), cámara de aire (2 cm), ½ pie de ladrillo perforado y enlucido de yeso (1,5 cm).

Particiones interiores: Tabiques de LHS entre espacios de mismo uso, tabicones de LHD entre espacios de distinto uso, ½ pie de LP con una capa de lana de roca (4 cm) y un trasdosado de cartón-yeso (2,5 cm) entre el gimnasio y el garaje.

Ventanas: Marco de 7 cm con rotura de puente térmico, acristalamiento doble con cámara de aire (6+6+4) y persiana, salvo la del trastero, que es de vidrio sencillo, sin persiana y con marco de PVC de dos huecos.

Puertas: La de acceso peatonal ciega de madera; las del garaje metálicas.

PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN. CÁLCULO Y DIMENSIONADO

- Zonificación climática (3.1.1) (Apéndice D).

- Clasificación de los espacios habitables (de baja o alta carga interna) y no habitables (3.1.2).

- Definición de la envolvente térmica del edificio (3.1.3).

- Cumplimiento de las limitaciones de permeabilidad al aire (2.3).

- Cálculo de las transmitancias de los elementos de la envolvente y de sus parámetros característicos medios (Apéndice E).

- Limitación de la demanda energética. Transmitancias máximas (Tabla 2.1). Parámetros característicos medios límites (Tabla 2.2). En edificios de viviendas limitación de la transmitancia de las particiones interiores que las separan de las zonas comunes del edificio a 1,2 W/m^2K

- Control de las condensaciones intersticiales y superficiales.

1) ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA (Apéndice D, Tabla D.1)

Sevilla (capital): Zona climática B4

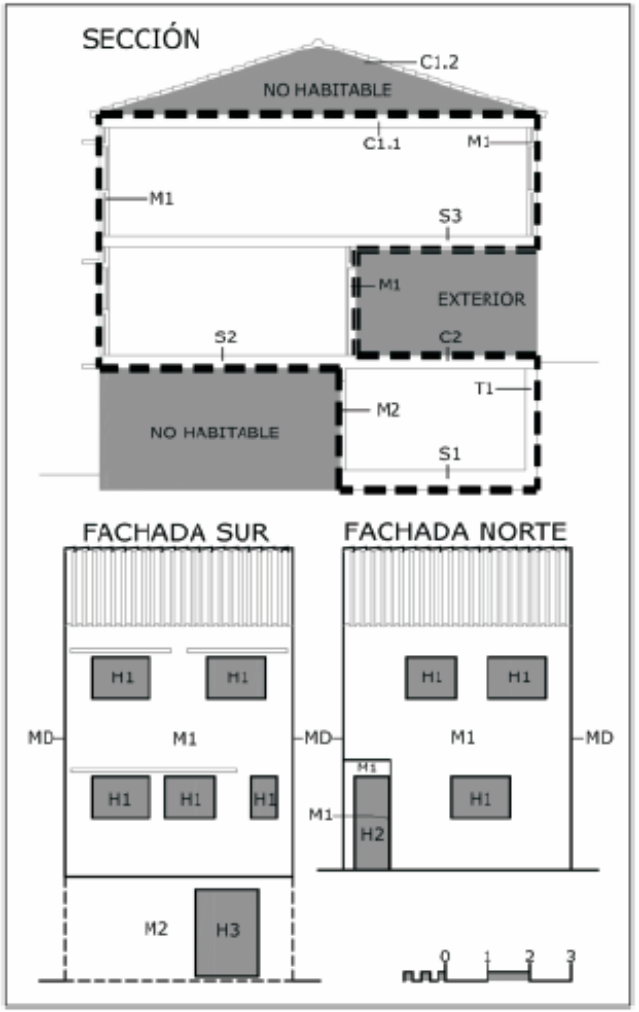
Provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥ 200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	1353	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1

2) CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS HABITABLES (3.1.2)

EDIFICIO		ESPACIOS				
Planta	Recinto	Nombre	Espacios habitables			Espacios no habitables
			Carga interna		Higrometría (clase)	
			Baja	Alta		
Sótano	Garaje	E0	-	-	-	X
	Trastero					
	Gimnasio	E1	X	-	3	-
Baja	Entrada					
	Cocina					
	Aseo					
	Salón					
Primera	Dormitorio 1					
	Dormitorio 2					
	Dormitorio 3					
	Dormitorio 4					
	Baño					
	Distribuidor					
Cubierta	Bajo-cubierta	E2	-	-	-	X

(artículo 3.1.2 Clasificación de los espacios y Apéndice A Terminología)

3) DEFINICIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO



La **envolvente térmica** está formada por todos los elementos que separan los espacios habitables del ambiente exterior (aire exterior, terreno y otros edificios) y de los espacios no habitables.

De esta forma el cerramiento exterior del garaje (espacio no habitable) no se considera parte de la envolvente térmica, ya que limita un espacio no habitable del ambiente exterior. Sí forman parte de la envolvente el forjado sobre el garaje, la separación entre el garaje y el gimnasio, etc...

ENVOLVENTE TÉRMICA							
Cerramientos y Particiones Interiores			Componentes			Contacto	Parámetros Característicos
Tipo		Orient.					
Cubiertas	Cubierta	-	C1	C1.1	Forj. bajo cubierta	espacio no habitable	U_{C1}
				C1.2	Cubierta a dos aguas	aire exterior	
	Acceso	-	C2		Forj. PB + Pav Ext	aire exterior	U_{C2}
Muros	Fachada principal	Norte	M1		Fachada	aire exterior	U_{M1}
	Fachada posterior	Sur					
	Acceso	Norte					
	Acceso	Este					
	Partición Interior (Garaje/Gimnasio.)	Sur	M2		Cerram. Interior	espacio no habitable	U_{M2}
	Muro de sótano	-	T1		Muro de HA	terreno	U_{T1}
	Medianera	Este	MD		Fáb. Ladrillo	edificio	U_{MD}
	Medianera	Oeste					
Suelos	Solera	-	S1		Solera HA	terreno	U_{S1}
	Sobre el garaje	-	S2		Forj. PB + Pav Int.	espacio no habitable	U_{S2}
	Acceso	-	S3		Forj. P1ª + Pav Int.	aire exterior	U_{S3}
Huecos	Acristalados	Norte	H1		Carpint. metálica y vidrio 4-6-6	aire exterior	$U_{H,m}$, $U_{H,v}$, U_H y F_H
		Sur					
	Puerta acceso	Norte	H2		Madera	aire exterior	U_H
	Puerta gimnasio	Sur	H3		Metálica	espacio no habitable	U_H

FACHADAS (ENVOLVENTE TÉRMICA)			
Orientación	Superficie total (m^2)	Superficie huecos (m^2)	% huecos
Norte	26,68	5,68	22
Este	10,63	0,00	0
Oeste	0,00	0,00	0
Sur	42,06	9,23	23

Porcentaje de huecos en fachadas

TRANSMITANCIA TÉRMICA

Cerramientos en contacto con el exterior:
Fachadas
Cubierta a dos aguas
Acceso (suelo y techo)

Cerramientos en contacto con el terreno:
Solera
Muro

Particiones interiores en contacto con espacios no habitables:
Forjado bajo cubierta.
Partición del sótano.
Forjado sobre el garaje.

Cerramientos en contacto con otros edificios:
Medianeras.

Huecos:
Ventanas y puertas acristaladas.
Puertas opacas (acceso y gimnasio).

FACTOR SOLAR MODIFICADO

Huecos:
Ventanas y puertas acristaladas

4) CÁLCULO DE LAS TRANSMITANCIAS DE LOS ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO (Apéndice E)

$$U = \frac{1}{R_T} \qquad (W/m^2K)$$

donde R_T (m^2K/W) es la resistencia térmica total del elemento constructivo

CERRAMIENTO DE FACHADA (Apéndice E.1.1)

Para su obtención se mantiene la sistemática tradicional por capas complementada con las resistencias térmicas superficiales de los cerramientos contenidas en la Tabla E.1.

$$U = 1/R_T$$

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

$$R_T\ (m^2\ K/W) = R_{si} + R_1 + R_2 + \ldots + R_n + R_{se}$$

donde:

R_1, R_2, $R_3 \ldots R_n$: resistencias térmicas de cada capa.

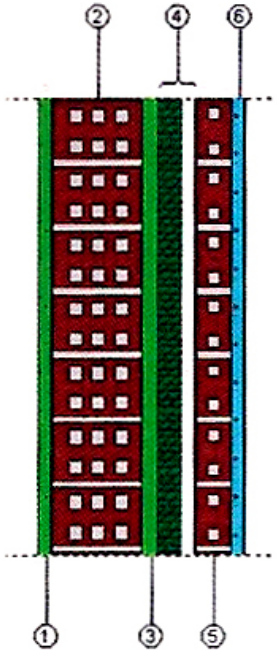
R_{si}, R_{se}: resistencias térmicas superficiales (Tabla E.1)

$$R_n = \frac{e(m)}{\lambda}$$

e: espesor de la capa (m).

λ: conductividad térmica (W/mK) (UNE EN ISO 10: 456:2001)

Cerramiento de fachada de doble hoja, formado por:



1. Enfoscado de mortero de cemento (e=1,5 cm).
2. Medio pie de ladrillo perforado (e=11,5 cm).
3. Embarrado de mortero de cemento (e=2 cm).
4. Cámara de aire de 5 cm. de espesor, con proyectado de poliuretano sobre hoja exterior (e=3 cm.).
5. Tabique de ladrillo hueco sencillo (e=5 cm).
6. Enlucido de yeso (e=1,5 cm).

Material	λ (W/mK)	e (cm)	R (m^2K/W)
Capa de aire exterior			0,040
Enfoscado de m. de cemento	1,000	1,50	0,015
Medio pie de LP	0,694	11,50	0,166
Embarrado de m. de cemento	1,000	2,00	0,020
Poliuretano proyectado	0,028	3,00	1,071
Cámara de aire sin ventilar		2,00	0,170
Tabique de LH sencillo	0,444	5,00	0,113
Enlucido de yeso	0,570	1,50	0,026
Capa de aire interior			0,130
RESISTENCIA TOTAL			1,711
TRANSMITANCIA TÉRMICA (U en W/m^2K)			**0,584**

(Apéndice E, apartado E1.1 Cerramientos en contacto con el aire exterior y Tablas de propiedades higrotérmicas).

VENTANA

Los parámetros característicos de un hueco son la **transmitancia térmica** (U en W/m K)) y el **factor solar modificado** del hueco (FH).

En nuestro caso se trata de ventanas de carpintería metálica blanca con rotura de puente térmico entre 4-12 mm y vidrio doble 6-6-4. Escogemos la ventana del aseo de planta baja para hacer el ejemplo.

Cálculo de la **transmitancia térmica**.

Usaremos la expresión:

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

siendo:
$U_{H,v}$: transmitancia térmica del vidrio
$U_{H,m}$: transmitancia térmica del marco de la ventana
FM : fracción del hueco ocupado por el marco

$U_{H,v}$ y $U_{H,m}$ se pueden obtener de las Tablas de propiedades higrotérmicas antes mencionadas.

$FM = A_{marco} / A_{hueco} = 0,20 / 0,60 = 0,34$

En nuestro caso:

$U_H = (1-0,34)x3,30+0,34x4,00 = 3,538\ W/m^2K$

Hemos decidido realizar el cálculo de la ventana del aseo de planta baja, ya que es la que presenta una proporción marco/hueco mayor. Al ser la transmitancia de nuestro marco mayor que la del acristalamiento, si aplicamos esa U_H a todos los huecos acristalados estaremos del lado de la seguridad y nos ahorraremos realizar el cálculo de cada tipo de ventana. En el caso de $U_{H,v} > U_{H,m}$ elegiríamos el hueco con menor fracción marco/hueco.

Si no queremos hacer esta simplificación deberemos calcular una U_H para cada tipo de ventana (con proporciones distintas de marco/hueco).

Cálculo del **factor solar modificado**.

Usaremos la expresión:

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

siendo:

F_S : factor de sombra del hueco (Tablas E.11 a E.15)

FM : fracción del hueco ocupado por el marco

$g_\perp$: factor solar del vidrio

U_m : transmitancia térmica del marco

α : absortividad del marco en función de su color (Tabla E.10)

En nuestro caso:

F = 1,00 [(1-0,34) 0,75+0,34x0,04x4,00x0,30] = 0,511

Hemos decidido tomar F_s = 1,00 y no aplicar las tablas del CTE, quedándonos del lado de la seguridad, para simplificar los cálculos.

Cálculo de la **Solera**

Nuestra solera está en un caso intermedio entre suelo a profundidad <0,50 m (CASO 1) y suelo a prof.> 0,50 m (CASO 2) (ver apartado E.1.2.1 Suelos en contacto con el terreno) ya que existe un desnivel entre la fachada N y la S.

En la figura 3.2 Esquema de la envolvente térmica de un edificio del DB aparece una solera en situación similar a la nuestra y la clasifica como S_I (suelo apoyado en el terreno, CASO 1), que está del lado de la seguridad al ser el comportamiento térmico más desfavorable.

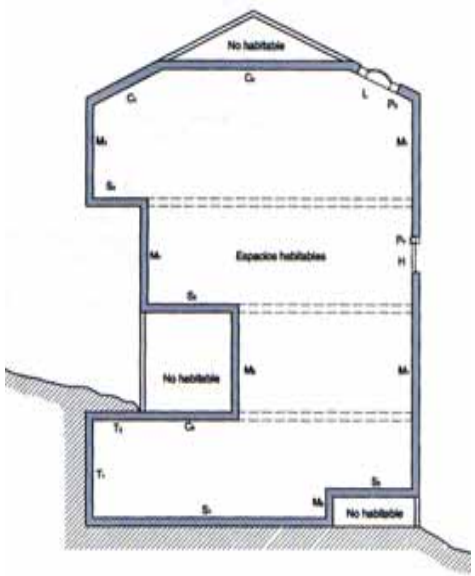


Figura 3.2 Esquema de envolvente térmica de un edificio

Por lo tanto la solera la calcularemos como (E.1.2. Suelos en contacto con el terreno, CASO 1), calculando la U_s de la solera y la del primer metro de solera.

No se tiene en cuenta la composición de la solera, sino que el cálculo se centra en las pérdidas por el borde de la misma.

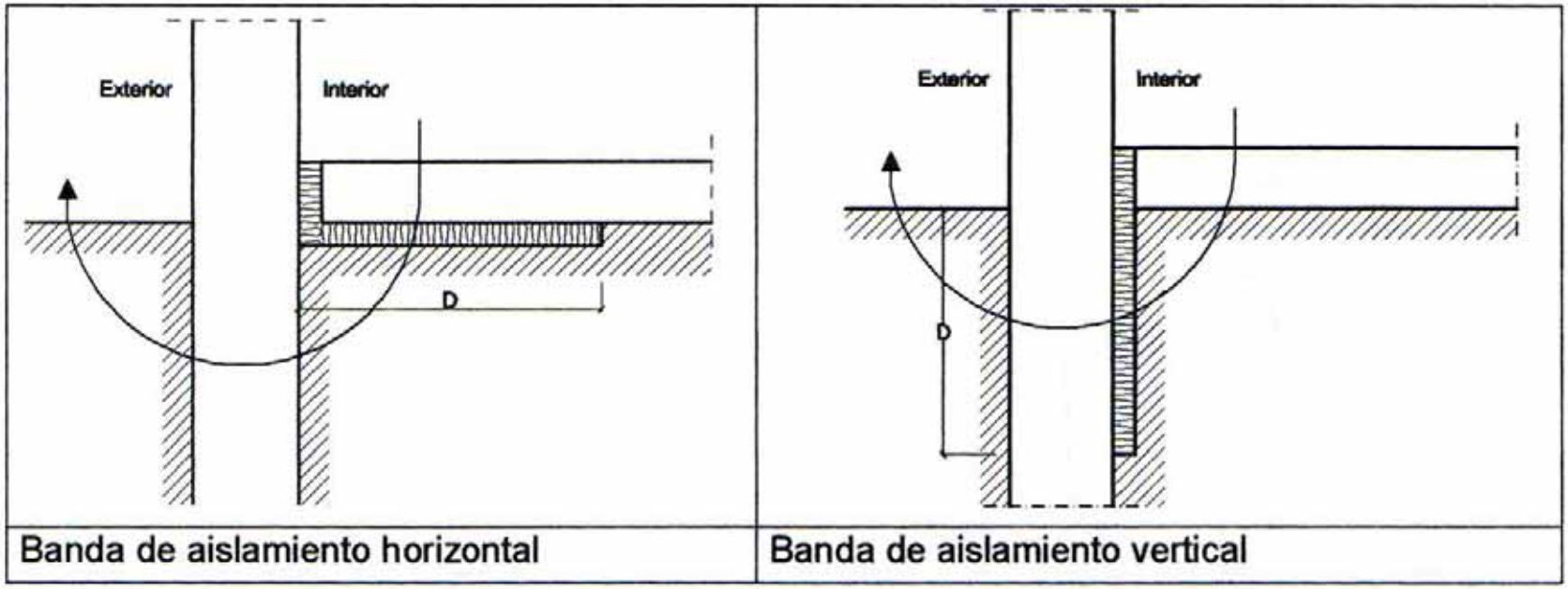
Necesitaré colocar **aislamiento perimetral** con toda seguridad, así que colocaré una banda de 1 m de ancho y 3 cm de espesor de poliestireno extrusionado (λ = 0,028W/mK).

SUELOS EN CONTACTO CON EL TERRENO (CASO 1)

Soleras o losas apoyadas en el terreno o a 0,50 m de profundidad máxima

Apartado E.1.2.1. (CTE-DB HE-1)

Figura E.1. Soleras con aislamiento perimetral



SUELOS EN CONTACTO CON EL TERRENO (CASO 1)

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

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

Al realizar los cálculos para la solera obtenemos:

Ra (Resistencia térmica del aislante) = e/λ = 1,07 m^2K/W.
D (ancho de la banda de aislamiento) = 1,0 m.
B' = 1 (para el primer metro de solera).

U_S (primer metro de solera) = 1,01W/m K.

A (área de la solera)=26,67 m^2
P (perímetro de la solera) = 11,62 m (sólo tenemos en cuenta el perímetro en contacto con el exterior y espacios no habitables, no en las medianeras)
B' = A / (0,5 P) = 4,59 m.

U_S (solera) = 0,62W/m^2 K (interpolando en la tabla E.3)

SUELOS EN CONTACTO CON EL TERRENO (CASO 2)

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

	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 (m² K/W)				Rf (m² K/W)				Rf (m² K/W)				Rf (m² K/W)			
B'	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50
5	0,64	0,52	0,44	0,39	0,54	0,45	0,40	0,36	0,42	0,37	0,34	0,31	0,35	0,32	0,29	0,27
6	0,57	0,46	0,40	0,35	0,48	0,41	0,36	0,33	0,38	0,34	0,31	0,28	0,32	0,29	0,27	0,25
7	0,52	0,42	0,37	0,33	0,44	0,38	0,33	0,30	0,35	0,31	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,24
8	0,47	0,39	0,34	0,30	0,40	0,35	0,31	0,28	0,33	0,29	0,27	0,25	0,28	0,26	0,24	0,22
9	0,43	0,36	0,32	0,28	0,37	0,32	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,23	0,26	0,24	0,22	0,21
10	0,40	0,34	0,30	0,27	0,35	0,30	0,27	0,25	0,29	0,26	0,24	0,22	0,25	0,23	0,21	0,20
12	0,36	0,30	0,27	0,24	0,31	0,27	0,24	0,22	0,26	0,23	0,21	0,20	0,22	0,21	0,19	0,18
14	0,32	0,27	0,24	0,22	0,28	0,25	0,22	0,20	0,23	0,21	0,20	0,18	0,20	0,19	0,18	0,17
16	0,29	0,25	0,22	0,20	0,25	0,23	0,20	0,19	0,21	0,20	0,18	0,17	0,19	0,17	0,16	0,16
18	0,26	0,23	0,20	0,19	0,23	0,21	0,19	0,18	0,20	0,18	0,17	0,16	0,17	0,16	0,15	0,15
≥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

Así procederíamos a calcular las transmitancias (U) y, en su caso, los factores solares (F) de los distintos elementos siguiendo los métodos contenidos en el Apéndice E del DB HE 1.
No vamos a desarrollar su cálculo pero sí nos detendremos en ciertas consideraciones sobre el cálculo de algunos elementos:

a) Cubierta.
b) Garaje.
c) Puerta de acceso.
d) Puentes térmicos.
e) Medianeras.
f) Muro de sótano.

Cubierta

En nuestro ejemplo la cubierta se calcula mediante el apartado E.1.3.1 Particiones interiores en contacto con espacios no habitables, para lo cual se le aplicará a la transmitancia térmica del forjado bajo cubierta (U_p) un (b) que se obtiene de la tabla E.7:

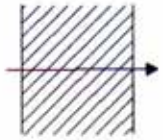
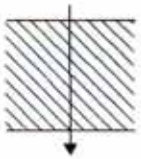
$$U = U_p\ b$$

PARTICIONES INTERIORES EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES

PARTICIONES INTERIORES

Apartado E.1.3.1 (CTE-DB HE-1)

$$U = U_p \cdot b$$

Posición de la *partición interior* y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal		0,13	0,13
Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente		0,10	0,10
Particiones interiores horizontales y flujo descendente		0,17	0,17

PARTICIONES INTERIORES

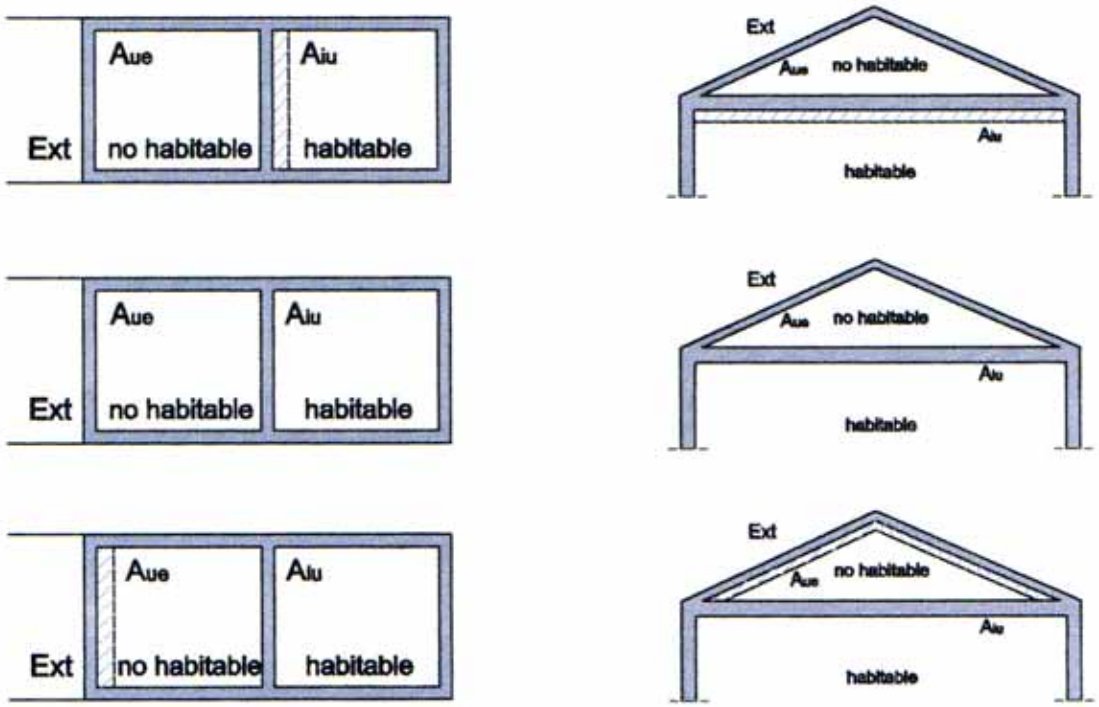


Figura E.6 Espacios habitables en contacto con espacios no habitables

PARTICIONES INTERIORES

Tabla E.7 Coeficiente de reducción de temperatura b

	No aislado$_{ue}$- Aislado$_{iu}$		No aislado$_{ue}$-No aislado$_{iu}$		Aislado$_{iu}$-No aislado$_{iu}$	
A_{iu}/A_{ue}	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

Caso 1: Espacio ligeramente ventilado. Nivel de estanqueidad 1, 2 ó 3
Caso 2: Espacio muy ventilado. Nivel de estanqueidad 4 ó 5

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

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

Para el cálculo de U_p se considera $R_{si} = R_{se} = 0{,}10\ m^2K/W$ (Tabla E.6), ya que el aire en las dos caras de la partición se considera como interior. Tomamos el sentido del flujo ascendente ya que la limitación de demanda se calcula en régimen de calefacción.

Obtenemos b de la Tabla E.7 en función de la posición del aislamiento (en nuestro caso consideramos el aislamiento en el forjado, no en la cubierta), de la relación (A_{iu} /A_{ue}) entre el área de forjado (A_{iu}) y de la cubierta (A_{ue}) y del nivel de estanqueidad del espacio bajo-cubierta (Tabla E.8).

Consideramos un nivel de estanqueidad 3 (todos los componentes bien sellados, pequeñas aberturas de ventilación permanente) para el espacio no habitable.

Obtenemos finalmente:

$$U = 0{,}385\ W/m^2K$$

Partición Garaje

Con el tabique entre el garaje y el gimnasio y con el forjado sobre el garaje actuaremos de la misma forma que con la cubierta, pero entrando con los valores correspondientes en las tablas E.6, E.7 y E.8.

Consideramos un nivel de estanqueidad 4 (Poco estanco, a causa de juntas abiertas o presencia de aberturas de ventilación permanentes) por la puerta de acceso del coche.

Puerta de acceso

La consideración sobre las puertas no acristaladas no está clara en el DB, tal y como hemos visto en el artículo anterior. Nosotros nos acogemos a la interpretación del DAV, que dice que sólo es necesario calcular U_H, no el factor solar, y lo calcularemos igual que si fuera un cerramiento en contacto con el exterior (apartado E.1.1) de una capa de 3-4 cm de madera maciza (usando λ = 0,20W/mK para la madera).

Igual haremos con la puerta del gimnasio (dos planchas de metal de 2 mm de acero y una cámara de aire de 2-3 cm), pero considerando que es un cerramiento en contacto con espacio no habitable (apartado E.1.3.1).

Puentes térmicos

Es necesario calcular los puentes térmicos integrados en los cerramientos (pilares, contorno de huecos y cajas de persianas). Tal y como figura en el apartado E.1.1 se deben calcular como cerramientos en contacto con el aire exterior. También podemos recurrir a los valores del DAV para no tener que calcularlos:

Puentes térmicos de pilares

Pilares: UP_{PF2} = 1/0,53 m^2K/W = 1,88 W/m^2K < 1,90

Puentes térmicos de contorno de huecos:

Mochetas: U_{PF1} = 1/0,53 m^2K/W = 1,88 W/m^2K <1,90

Alféizar: U_{PF1} = 1/0,53 m^2K/W = 1,88 W/m^2K <1,90

Puentes térmicos de caja de persiana:

Caja de persiana: U_{PF3} = 1/0,53 m^2K/W = 1,88 W/m^2K < 1,90

Medianeras

Calculamos la transmitancia térmica de las medianeras según el apartado E.1.1 Cerramientos en contacto con el aire exterior, pero considerando las resistencias superficiales en las dos caras como interiores.

Muro de sótano

Para el muro de sótano en contacto con el terreno (muro N del gimnasio), hemos calculado una

R_m (Resistencia térmica del muro) = 1,386 m^2K/W

y con ese dato hemos interpolado en la Tabla E.5, obteniendo:

U_T (primer metro de muro) = 0,526W/m^2K

U_T (muro) = 0,393W/m^2K.

MUROS EN CONTACTO CON EL TERRENO

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

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

5) COMPROBACIÓN DE TRANSMITANCIAS TÉRMICAS DE COMPONENTES (TABLA 2.1)

Para la verificación del cumplimiento de la limitación de demanda energética es necesario realizar una **doble comprobación**, por un lado para las zonas de baja carga interna y por otro para las de alta carga interna. En nuestro caso no tenemos zonas de alta carga interna, así que el proceso se simplifica.

Como vimos en el apartado de zonificación climática, nos encontramos en una zona B4, así que usaremos los datos contenidos en esa columna.

No se comprueban las transmitancias térmicas máximas de puentes térmicos ni de huecos no acristalados, ya que no figuran valores límite para estos elementos, aunque sí influirán en el cálculo de los parámetros característicos medios.

Tabla 2.1.- Transmitancia térmica máxima de *cerramientos* y *particiones interiores* de la envolvente térmica U en W / m² K

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

CERRAMIENTOS Y PARTICIONES INTERIORES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA		U (W/m^2K)	
		Proyecto	Máxima
Muros de fachada	M1	0,584	1,07
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno	T1	0,526	
	S1	1,01	
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	M2	0,660	
Suelos	S1	0,62	0,68
	S2	0,41	
	S3	0,58	
Cubiertas	C1	0,385	0,59
	C2	0,54	
Vidrios de huecos y lucernarios ($U_{H,v}$)	$H1_v$	3,30	5,70
Marcos de huecos y lucernarios ($U_{H,m}$)	$H1_m$	4,00	
Medianerías	MD	0,530	1,07

6) CÁLCULO DE LOS PARAMETROS CARACTERÍSTICOS MEDIOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO (Tabla 3.1)

Cálculo de la media de los distintos parámetros característicos de la zona de baja carga interna y de la zona de alta carga interna:

- Transmitancia térmica U (W/m2 K). Su cálculo ha de efectuarse por categorías según el siguiente listado:
  - · Transmitancia media de cubiertas U_{Cm}, incluyendo en el promedio la transmitancia media de sus lucernarios U_L y de sus puentes térmicos U_{PC}.
  - · Transmitancia media de los suelos U_{Sm}.
  - · Transmitancia media de los muros de fachada para cada orientación U_{Mm}, incluyendo en el promedio sus puentes térmicos, como: contorno de huecos U_{PF1}, pilares en fachadas U_{PF2} y cajas de persianas U_{PF3} (u otros).
  - Transmitancia media de cerramientos en contacto con el terreno U_{Tm}.
  - · Transmitancia media de huecos de fachadas U_{Hm} para cada orientación.

Tabla 3.1 Síntesis del procedimiento de comparación con los valores límite

Cerramientos* y *particiones interiores	**Componentes**		**Parámetros característicos**	**Parámetros característicos medios**	**Comparación con los valores limites**
CUBIERTAS	C_1	En contacto con el aire	U_{C1}	$U_{Cm} = \frac{\sum A_C \cdot U_C + \sum A_{PC} \cdot U_{PC} + \sum A_L \cdot U_L}{\sum A_C + \sum A_{PC} + \sum A_L}$	$U_{Cm} \leq U_{Clim}$
	C_2	En contacto con un espacio no habitable	U_{C2}		
	P_C	Puente térmico (Contorno de lucernario>0,5 m^2)	U_{PC}		
	L	Lucernarios	U_L		
			F_L	$F_{Lm} = \frac{\sum A_F \cdot F_L}{\sum A_F}$	$F_{Lm} \leq F_{Llim}$

FACHADAS	M_1	Muro en contacto con el aire	U_{M1}	$U_{Mm} = \frac{\sum A_M \cdot U_M + \sum A_{PF} \cdot U_{PF}}{\sum A_M + \sum A_{PF}}$	$U_{Mm} \leq U_{Mlim}$
	M_2	Muro en contacto con espacios no habitables	U_{M2}		
	P_{F1}	Puente térmico (contorno de huecos >0,5 m^2)	U_{PF1}		
	P_{F2}	Puente térmico (pilares en fachada >0,5 m^2)	U_{PF2}		
	P_{F3}	Puente térmico (caja de persianas > 0,5 m^2)	U_{PF3}		
	H	Huecos	U_H	$U_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot U_H}{\sum A_H}$	$U_{Hm} \leq U_{Hlim}$
			F_H	$F_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot F_H}{\sum A_H}$	$F_{Hm} \leq F_{Hlim}$

SUELOS	S_1	Apoyados sobre el terreno	U_{S1}	$U_{Tm} = \frac{\sum A_T \cdot U_T}{\sum A_T}$	$U_{Sm} \leq U_{Slim}$
	S_2	En contacto con espacios no habitables	U_{S2}		
	S_3	En contacto con el aire exterior	U_{S3}		
CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO	T_1	Muros en contacto con el terreno	U_{T1}	$U_{Hm} = \frac{\sum A_S \cdot U_S}{\sum A_S}$	$U_{Tm} \leq U_{Mlim}$
	T_2	Cubiertas enterradas	U_{T2}		
	T_3	Suelos a una profundidad mayor de 0,5 m	U_{T3}		

ZONA CLIMÁTICA B4

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno U_{Mlim}: 0,82 W/m²K
Transmitancia límite de suelos U_{Slim}: 0,52 W/m²K
Transmitancia límite de cubiertas U_{Clim}: 0,45 W/m²K
Factor solar modificado límite de lucernarios F_{Llim}: 0,28

	Transmitancia límite de huecos[1] U_{Hlim} W/m²K				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
					Baja carga interna			Alta carga interna		
% de huecos	N	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,55	-	0,57
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	0,55	-	0,58	0,42	0,59	0,44
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,45	-	0,48	0,34	0,49	0,36
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,39	0,55	0,41	0,29	0,42	0,31

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

COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS MEDIOS				
Cerramientos y Particiones Interiores		Parámetros Caract. Medios		
Categoría	Orient.	P.C.M.	Proy.	Máx.
Muros	Norte	U_{Mm}	0,56	0,82
	Sur	U_{Mm}	0,60	
	Este	U_{Mm}	0,58	
	C Terreno	U_{Tm}	0,39	
Suelos	-	U_{Sm}	**0,53**	0,52
Huecos	Norte	U_{Hm}	**3,35**	3,30
		F_{Hm}	-	-
	Sur	U_{Hm}	3,10	5,70
		F_{Hm}	0,33	-
Cubiertas	-	U_{Cm}	0,40	0,45

(artículo 3.2.2.2 Valores límite de los parámetros característicos medios y Tablas 2.2 Valores límite de los parámetros característicos medios).

Como se puede comprobar, aunque cumplíamos los límites para los distintos componentes de la envolvente, al hacer el cálculo de los parámetros medios nos encontramos con algunos que no cumplen.

Concretamente, deberíamos mejorar el comportamiento de:

- Huecos en la fachada norte.
- Suelos.

Podríamos cambiar el tipo de vidrio en la fachada norte para mejorar su comportamiento, pasando a un 4-9-6, con lo que obtendríamos un:

U_H = (1-0,34) 3,00+0,34x4,00 = 3,34 W/m^2 K

En suelos, decidimos aumentar el grosor del aislamiento a 4 cm,
obteniendo Ra = 1,43 m^{2}K/W, y:

U_S (solera) = 0,57 W/m^{2}K

Todos estos cambios mejoran el comportamiento de la envolvente y quedan reflejados en las fichas justificativas al final del ejemplo.

7) COMPROBACIÓN DE LIMITACIÓN DE CONDENSACIONES

Es necesario realizar esta comprobación para cerramientos y puentes térmicos.

Como ya vimos, el cumplimiento de los valores de transmitancia térmica máxima de la Tabla 2.1 asegura la verificación de la comprobación de limitación de condensaciones superficiales en los cerramientos para los espacios de higrometría 4 o inferior.

En nuestro caso, al estar en espacios de higrometría 3 y cumplir con las limitaciones de la tabla 2.1, sólo tendremos que realizar esta comprobación para los puentes térmicos.

COMPROBACIÓN DE LAS CONDENSACIONES

Condensaciones Superficiales

Para las condiciones ambientales interiores y exteriores de cálculo correspondientes al mes de enero (tabla G.1), ha de comprobarse en los cerramientos (incluidos sus puentes térmicos) que el factor de temperatura de la superficie interior $\mathbf{f_{Rsi}}$ es superior al factor de temperatura de la superficie interior mínimo $\mathbf{f_{Rsi,min}}$

$$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$$

donde: $f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0{,}25$

y $f_{Rsi,min}$ se obtiene de la Tabla 3.2

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

Categoría del espacio	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Clase de higrometría 5	0.80	0.80	0.80	0.90	0.90
Clase de higrometría 4	0.66	0.66	0.69	0.75	0.78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0,50	0.52	0.56	0.61	0.64

En nuestro caso, con una higrometría 3 y una zona B, $f_{Rsi,min}$ es igual a 0,52

Despejando obtenemos:

$f_{Rsi} = 1 - 0,25 \cdot U \leq f_{Rsi,min}$
$U \leq (1 - f_{Rsi,min}) / 0,25$
$U \leq 1,92$

Como hemos visto en el cálculo de los puentes térmicos del ejemplo, la U_{PF} máxima en este ejemplo es de

$U_{PF1} = U_{PF2} = 1,88\ W/m^2K \leq 1,92$

Así que cumplimos en todos los puentes térmicos integrados en fachada.

COMPROBACIÓN DE LAS CONDENSACIONES

Condensaciones Intersticiales

Para las condiciones ambientales interiores y exteriores de cálculo correspondientes al mes de enero (Tabla G.1), ha de comprobarse en cada punto interior de un cerramiento que la presión de vapor es inferior a la presión de vapor de saturación, o lo que es lo mismo, que la temperatura en cada punto interior del cerramiento sea superior a su temperatura de rocío.

$$P_n \leq P_{sat,n}$$

Esa comprobación exige, pues, el cálculo de la distribución de temperaturas, de presiones de vapor y de presiones de vapor de saturación, siguiendo los procedimientos descritos en G.2.2.

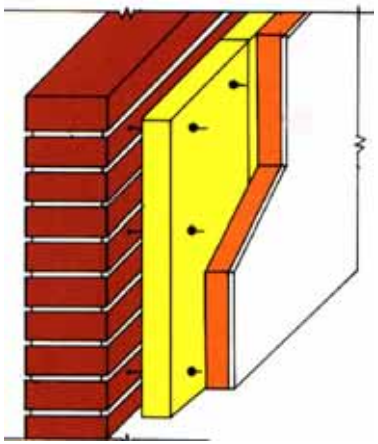
Distribución de temperaturas: $$\Delta\theta = \frac{(\theta_i - \theta_e)}{R_T} R_n$$

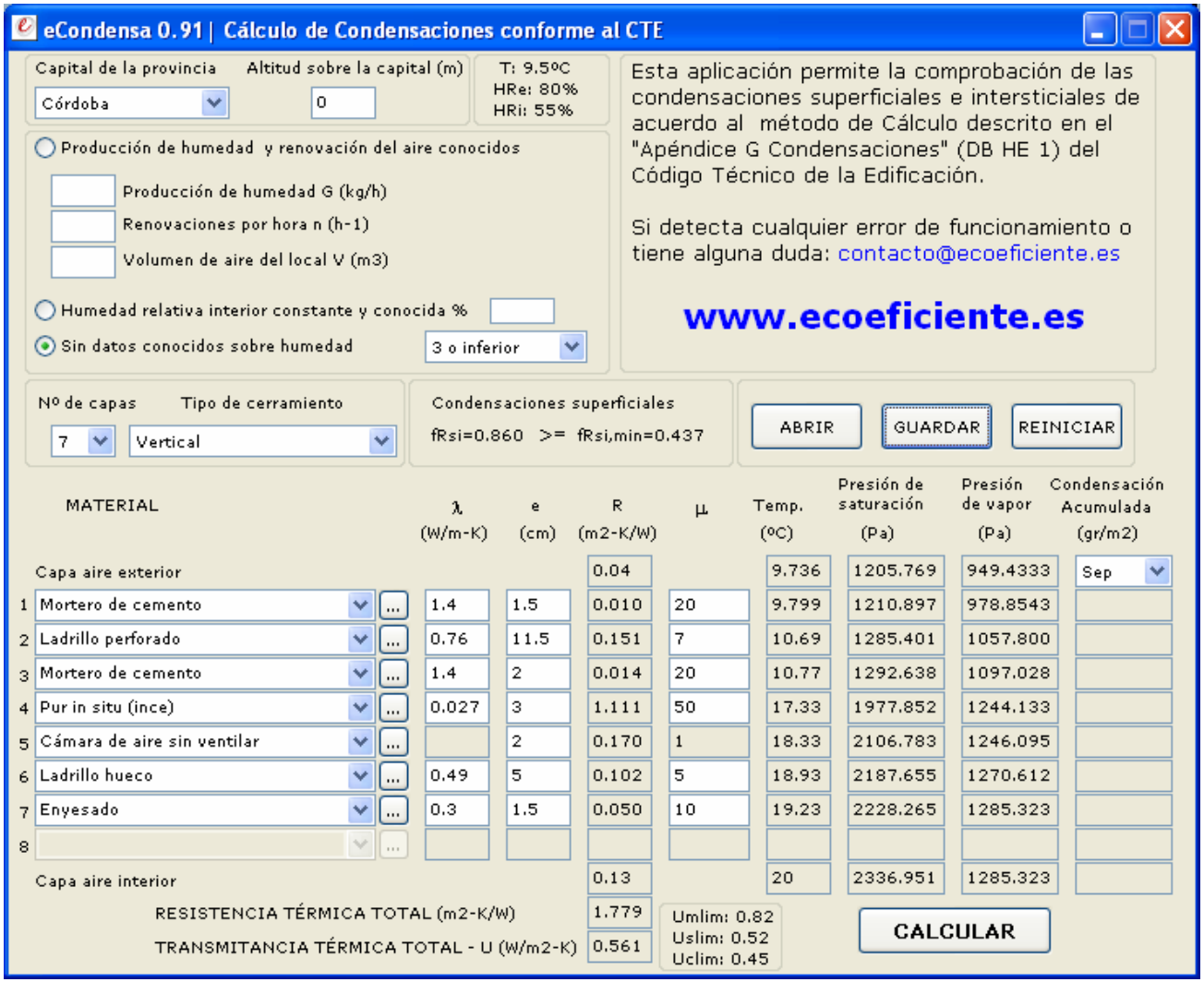
Distribución de presión de vapor: $$\Delta P = \frac{(P_i - P_e)}{\Sigma S_{dn}} S_{dn}$$

COMPROBACIÓN DE LAS CONDENSACIONES

Condensaciones Intersticiales

Estarán exentos de comprobación los cerramientos en contacto con el terreno y los cerramientos que dispongan de barrera de vapor en su cara caliente. Para particiones interiores en contacto con espacios no habitables en los que se prevea gran producción de humedad se colocará la barrera de vapor en el lado de dicho espacio no habitable.




eCondensa 0.91 | Cálculo de Condensaciones conforme al CTE
Capital de la provincia
Altitud sobre la capital (m)
Córdoba
0
T: 9.5ºC
HRe: 80%
HRi: 55%
Producción de humedad y renovación del aire conocidos
Producción de humedad G (kg/h)
Renovaciones por hora n (h-1)
Volumen de aire del local V (m3)
Humedad relativa interior constante y conocida %
Sin datos conocidos sobre humedad
3 o inferior
Esta aplicación permite la comprobación de las condensaciones superficiales e intersticiales de acuerdo al método de Cálculo descrito en el "Apéndice G Condensaciones" (DB HE 1) del Código Técnico de la Edificación.
Si detecta cualquier error de funcionamiento o tiene alguna duda: contacto@ecoeficiente.es
www.ecoeficiente.es
Nº de capas
Tipo de cerramiento
7
Vertical
Condensaciones superficiales
fRsi=0.860 >= fRsi,min=0.437
ABRIR
GUARDAR
REINICIAR
MATERIAL
λ (W/m-K)
e (cm)
R (m2-K/W)
μ
Temp. (ºC)
Presión de saturación (Pa)
Presión de vapor (Pa)
Condensación Acumulada (gr/m2)
Capa aire exterior 0.04 9.736 1205.769 949.4333 Sep
1 Mortero de cemento 1.4 1.5 0.010 20 9.799 1210.897 978.8543
2 Ladrillo perforado 0.76 11.5 0.151 7 10.69 1285.401 1057.800
3 Mortero de cemento 1.4 2 0.014 20 10.77 1292.638 1097.028
4 Pur in situ (ince) 0.027 3 1.111 50 17.33 1977.852 1244.133
5 Cámara de aire sin ventilar 2 0.170 1 18.33 2106.783 1246.095
6 Ladrillo hueco 0.49 5 0.102 5 18.93 2187.655 1270.612
7 Enyesado 0.3 1.5 0.050 10 19.23 2228.265 1285.323
8
Capa aire interior 0.13 20 2336.951 1285.323
RESISTENCIA TÉRMICA TOTAL (m2-K/W) 1.779
TRANSMITANCIA TÉRMICA TOTAL - U (W/m2-K) 0.561
Umlim: 0.82
Uslim: 0.52
Uclim: 0.45
CALCULAR

8) PERMEABILIDAD AL AIRE

Para terminar la comprobación de la limitación de demanda energética hemos de cumplir la exigencia básica de **permeabilidad al aire** de carpinterías de huecos.

Ya sabemos que no es necesario realizarla para las puertas de acceso (ya que no tienen marco en sus cuatro lados), en nuestro caso sólo las comprobaremos en los huecos acristalados.

Como estamos en una zona climática B, necesitamos unas carpinterías de hueco con una permeabilidad al aire inferior a 50 $m^3/h\ m^2$, es decir las carpinterías deben ser al menos de **clase I**.

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA	B4	Zona de baja carga interna ☑	Zona de alta carga interna ☐

MUROS (U_{Mm}) y (U_{Tm})

	Tipos			A (m²)	U (W/m² ºK)	A · U (W/ºK)	Resultados	
N	en contacto con el aire		M1	17,34	0,584	10,13		
	en contacto con espacios no habitables							
	Puentes térmicos*	contorno de huecos	PF1	1,27	0,50	0,64	∑A=	21,35
		pilares en fachada	PF2	1,30	0,50	0,65	∑A· U=	11,99
		cajas de persianas	PF3	1,44	0,40	0,58	U_{Mm}=∑A · U / ∑A=	0,56
E	en contacto con el aire		M1	10,63	0,584	6,21		
	en contacto con espacios no habitables							
	Puentes térmicos*	contorno de huecos					∑A=	10,63
		pilares en fachada					∑A· U=	6,21
		cajas de persianas					U_{Mm}=∑A · U / ∑A=	0,58
O	en contacto con el aire							
	en contacto con espacios no habitables							
	Puentes térmicos*	contorno de huecos					∑A=	
		pilares en fachada					∑A· U=	
		cajas de persianas					U_{Mm}=∑A · U / ∑A=	
S	en contacto con el aire		M1	19,23	0,584	11,23		
	en contacto con espacios no habitables		M2	12,32	0,660	8,13		
	Puentes térmicos*	contorno de huecos	PF1	2,72	0,50	1,36	∑A=	35,92
		pilares en fachada					∑A· U=	21,38
		cajas de persianas	PF3	1,65	0,40	0,66	U_{Mm}=∑A · U / ∑A=	0,60

S	en contacto con el aire		M1	19,23	0,584	11,23	
	en contacto con espacios no habitables		M2	12,32	0,660	8,13	
	Puentes térmicos*	contorno de huecos	PF1	2,72	0,50	1,36	∑A= 35,92
		pilares en fachada					∑A· U= 21,38
		cajas de persianas	PF3	1,65	0,40	0,66	U_{Mm}=∑A · U / ∑A= 0,60
SE	en contacto con el aire						
	en contacto con espacios no habitables						
	Puentes térmicos*	contorno de huecos					∑A=
		pilares en fachada					∑A· U=
		cajas de persianas					U_{Mm}=∑A · U / ∑A=
SO	en contacto con el aire						
	en contacto con espacios no habitables						
	Puentes térmicos*	contorno de huecos					∑A=
		pilares en fachada					∑A· U=
		cajas de persianas					U_{Mm}=∑A · U / ∑A=
C-TER	Muros en contacto con el terreno		T1	12,31	0,393	4,84	
	Cubiertas enterradas						∑A= 12,31
	Suelos a una profundidad mayor de 0.5 m						∑A· U= 4,84
							U_{Tm}=∑A · U / ∑A= 0,39

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA	B4	Zona de baja carga interna ☑	Zona de alta carga interna ☐

SUELOS (U_{Sm})

Tipos		A (m²)	U (W/m² ºK)	A · U (W/ºK)	Resultados
apoyados sobre el terreno	S1	31,21	0,570	17,79	
en contacto con espacios no habitables	S2	23,42	0,412	9,65	
en contacto con el aire exterior	S3	4,09	0,580	2,37	∑A= 58,72
					∑A· U= 29,81
					U_{Sm}=∑A · U / ∑A= 0,51

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U_{Cm}, F_{Lm})

Tipos		A (m²)	U (W/m² ºK)	A · U (W/ºK)	Resultados
en contacto con el aire exterior	C2	4,09	0,540	2,21	
en contacto con espacios no habitables	C1	51,45	0,385	19,81	
lucernarios					
puente térmico* (contorno de lucernario)					∑A= 55,54
					∑A· U= 22,02
					U_{Cm}=∑A · U / ∑A= 0,40

Tipos		A (m²)	F	A · F (m2)	Resultados
lucernarios					∑A=
					∑A· F=
					F_{Lm}=∑A · F / ∑A=

HUECOS (U_{Hm}, F_{Hm})

	Tipos	A (m²)	U_H (W/m² ºK)	A · U (W/ºK)	Resultados	
N	H1	4,00	3,340	13,36	∑A=	5,68
	H2	1,68	2,898	4,87	∑A· U=	18,23
					U_{Hm}=∑A · U / ∑A=	3,21

	Tipos	A (m²)	U_H	F	A · U_H	A · F (m²)	Resultados	
E							∑A=	
							∑A· U=	
							∑A· F=	
							U_{Hm}=∑A · U / ∑A=	
							F_{Hm}=∑A · F / ∑A=	
O							∑A=	
							∑A· U=	
							∑A· F=	
							U_{Hm}=∑A · U / ∑A=	
							F_{Hm}=∑A · F / ∑A=	
S	H1	6,00	3,538	0,511	21,23	3,07	∑A=	9,23
	H3	3,23	2,300		7,43		∑A· U=	28,66
							∑A· F=	3,07
							U_{Hm}=∑A · U / ∑A=	3,10
							F_{Hm}=∑A · F / ∑A=	0,33
SE							∑A=	
							∑A· U=	
							∑A· F=	
							U_{Hm}=∑A · U / ∑A=	
							F_{Hm}=∑A · F / ∑A=	
SO							∑A=	
							∑A· U=	
							∑A· F=	
							U_{Hm}=∑A · U / ∑A=	
							F_{Hm}=∑A · F / ∑A=	

* Para sup. > 0,5 m²

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA	B4	Zona de baja carga interna ☑	Zona de alta carga interna ☐

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	$U_{max(proyecto)}$ (1)		U_{max} (2)
Muros de fachada	0,58		
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno	0,57	≤	1,07
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	0,66		
Suelos	0,58	≤	0,68
Cubiertas	0,54	≤	0,59
Vidrios de huecos y lucernarios ($U_{H,v}$)	3,30	≤	5,70
Marcos de huecos y lucernarios ($U_{H,m}$)	4,00		
Medianerías	0,58	≤	1,07
Particiones interiores (edificios de viviendas) (3)		≤	1,20 W/m²K

MUROS DE FACHADA

	U_{Mm} (4)		U_{Mlim} (5)
N	0,56		
E	0,58		
O			
S	0,60	≤	0,82
SE			
SO			

HUECOS

U_{Hm} (4)		U_{Hlim} (5)	F_{Hm} (4)		F_{Hlim} (5)
3,21	≤	3,30			
	≤	-		≤	-
3,10	≤	5,70	0,33	≤	-
	≤	-		≤	-

CERR. CONTACTO TERRENO

U_{Tm} (4)		U_{Mlim} (5)
0,39	≤	0,82

SUELOS

U_{Sm} (4)		U_{Slim} (5)
0,51	≤	0,52

CUBIERTAS

U_{Cm} (4)		U_{Clim} (5)
0,40	≤	0,45

LUCERNARIOS

F_{Lm} (4)		F_{Llim} (5)
	≤	-

FICHA 3 CONFORMIDAD-Condensaciones

CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS													
Tipos	C. superficiales		C. intersticiales										
	$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,min}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7	Capa 8	Capa 9
M1	f_{Rsi}	0,854	$P_{sat,n}$	1304	1311	1390	1400	2020	2138	2220	2239	2337
	$f_{Rsi,min}$	0,520	P_n	1016	1026	1106	1119	1243	1245	1279	1285	1285
M2	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$									
	$f_{Rsi,min}$	0,520	P_n									
C1	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$									
	$f_{Rsi,min}$	0,520	P_n									
C2	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$									
	$f_{Rsi,min}$	0,520	P_n									
C3	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$									
	$f_{Rsi,min}$	0,520	P_n									
S2	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$									
	$f_{Rsi,min}$	0,520	P_n									
S3	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$									
	$f_{Rsi,min}$	0,520	P_n									
P_{F1}	f_{Rsi}	0,875	$P_{sat,n}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	$f_{Rsi,min}$	0,520	P_n	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P_{F2}	f_{Rsi}	0,875	$P_{sat,n}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	$f_{Rsi,min}$	0,520	P_n	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P_{F3}	f_{Rsi}	0,900	$P_{sat,n}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	$f_{Rsi,min}$	0,520	P_n	-	-	-	-	-	-	-	-	-