

# 16. TRANSMISIÓN DEL CALOR EN MUROS Y FORJADOS

M. de Luxán García de Diego, A. Reymundo Izard, M<sup>a</sup>. C. Bango Yanes

En este apartado se presentan unos cuadros comparativos del comportamiento térmico de varias composiciones (habituales y propuestas de confort) de muros y forjados.

Se pretende, más que el análisis exacto de soluciones concretas que en parte dependen de características de fabricación y puesta en obra, la comparación entre diferentes combinaciones de materiales para la obtención de conclusiones extrapolables al diseño, pudiendo ser utilizadas como un predimensionamiento en cuanto a la elección de los materiales y a la construcción que más se adecúe para cada caso, una vez hecho el análisis de las estrategias de confort idóneas para cada lugar.

La transmisión del calor en los elementos constructivos es un tema tratado durante los últimos cincuenta años con gran variedad de enfoques y resultados. En cualquier caso es complejo llegar a conseguir mediante una expresión analítica un resultado que coincida con los resultados experimentales.

Los resultados que aparecen en los cuadros siguientes, adaptados en este manual al clima canario, son el resumen de una parte de la investigación realizada por el Seminario de Arquitectura Integrada en su Medio Ambiente. Se reflejan los muros más usados en Canarias y se comparan con algunos sistemas constructivos utilizados en la Península.

Para la mejor comprensión de las composiciones idóneas para cada microclima, a continuación se repasan algunas definiciones de utilidad:

## TRANSMITANCIA

Indica el flujo de calor que atraviesa un elemento, en la unidad de tiempo, por unidad de superficie y por unidad de diferencia de temperatura entre los ambientes que delimita.

Indica, también, el valor del aislamiento del elemento, señalando la cantidad de pérdidas de calor que se producen a través del mismo. En los cuadros aparece en  $W/m^2K$ .

## CAPACIDAD TÉRMICA

Evalúa la cantidad de calor que es capaz de acumular 1 m<sup>2</sup> de muro o forjado.

Aparece medido en  $s^{1/2} W/m^2K$ .

## AMORTIGUAMIENTO

Es la relación existente entre la amplitud de la onda de radiación incidente sobre una cara de un elemento y la amplitud de respuesta en la otra cara, tras atravesarlo.

Se da el % de amplitud de onda que se mantiene.

## DEFASE

Indica el período de tiempo entre el momento en el que una forma de radiación incide sobre un elemento y el momento en que, tras atravesarlo, es cedida al otro lado.

Es un dato de gran interés, pues en función de los materiales usados y sus espesores, se puede controlar el período del día en el que empezará a penetrar el calor acumulado.

Se mide en horas.

## MUROS

Se han seleccionado una serie de muros, teniendo en cuenta que el espesor total resulte en torno a los 25-30 cm de manera que su construcción no consuma mucha superficie edificable y que abarquen un abanico de materiales habituales y fáciles de encontrar normalmente en las obras, con costes y soluciones asequibles a la edificación normal. Soluciones de mayor espesor o costo, podrían inferirse aproximadamente a partir de éstas.

Se parte de analizar varios "modelos", considerando un muro base capaz de soportar las normales solicitaciones mecánicas del cerramiento de un edificio.

Cada uno de los modelos se estudia con composiciones diferentes. Señalando las capas del muro desde el exterior al interior, son las siguientes:

### Muro Tradicional Lanzarote (\*):

- Mortero de cal y arena 4 cm + Roca Volcánica 50 cm + Mortero de cal y arena 4 cm + Enlucido de yeso 2 cm

(\*) Según la publicación "Análisis de los materiales empleados en la edificación en la isla de Lanzarote desde una perspectiva medioambiental", coordinada por el equipo de Luis Álvarez-Ude (Life Lanzarote 2001-2004).

**Muro Bloque de Hormigón Vibrado (sin aislamiento):**

- Composición 3: Mortero de cemento y resina 2 cm + B.H.V. 25 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Mortero de cemento y resina 2 cm + B.H.V. 20 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 1: Mortero de cemento y resina 2 cm + B.H.V. 15 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm

**Muro con aislamiento exterior de EPS + Bloque de Hormigón de 20 cm:**

- Composición 1: Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 20 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 20 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm

**Muro con aislamiento exterior de EPS + Bloque de Hormigón de 25 cm:**

- Composición 1: Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 25 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 25 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm

**Muro con aislamiento exterior de EPS + Bloque de Hormigón de 25 cm de triple cámara con dos cámaras rellenas de arena:**

- Composición 1: Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 25 cm / 3c + con dos cámaras rellenas de arena + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 25 cm / 3c + con dos cámaras rellenas de arena + enlucido de yeso 2 cm

**Muro de Bloque de Hormigón 12 cm + EPS + Bloque de Hormigón 6 cm:**

- Composición 1: Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 12 cm +

Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 6 cm + enlucido de yeso 2 cm

- Composición 2: Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 12 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 6 cm + enlucido de yeso 2 cm

**Muro de Bloque de Hormigón 9 cm + EPS + Bloque de Hormigón 12 cm:**

- Composición 1: Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 9 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 12 cm + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 9 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 12 cm + enlucido de yeso 2 cm

**Muro de Bloque de Hormigón 12 cm + EPS + Bloque de Hormigón 12 cm:**

- Composición 1: Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 12 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 12 cm + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 12 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 12 cm + enlucido de yeso 2 cm

**Muro Ventilado, Piedra 1,5 cm + Cámara de aire + EPS + Bloque Hormigón 20 cm:**

- Composición 1: Piedra 1,5 cm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 20 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Piedra 1,5 cm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 20 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm

**Muro Ventilado, Piedra 1,5 cm + Cámara de aire + EPS + Bloque Hormigón 15 cm:**

- Composición 1: Piedra 1,5 cm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 15 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Piedra 1,5 cm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 15 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm

**Muro Ventilado, Tablero fenólico 8 mm + Cámara de aire + EPS + Bloque Hormigón 20 cm:**

- Composición 1: Tablero fenólico 8 mm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 20 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Tablero fenólico 8 mm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 20 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm

**Muro Ventilado, Tablero fenólico de 8 mm + Cámara de aire + EPS + Bloque Hormigón 15 cm:**

- Composición 1: Tablero fenólico de 8 mm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 15 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Tablero fenólico de 8 mm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 15 cm / 2c + enlucido de yeso 2 cm

Estas opciones permiten comparar el distinto comportamiento de los muros según los materiales, los espesores y la situación de los aislantes.

(\*) Según la publicación "Análisis de los materiales empleados en la edificación en la isla de Lanzarote desde una perspectiva medioambiental", coordinada por el equipo de Luis Álvarez-Ude (Life Lanzarote 2001-2004).

Tipo de muro	Composición	Sin aislamiento	1 cm EPS tipo III	2 cm EPS tipo III	3 cm EPS tipo III	4 cm EPS tipo III	5 cm EPS tipo III	6 cm EPS tipo III
Muro tradicional	50 cm de piedra	0,86	0,70	0,60	0,52	0,46	0,41	0,37
Muros simples BHV	25 cm/3C	1,22	0,93	0,75	0,63	0,54	0,48	0,42
	20 cm/2C	1,46	1,06	0,84	0,69	0,58	0,51	0,45
	15 cm/2C	1,74	1,20	0,92	0,74	0,62	0,54	0,47
Muros dobles BHV	12 cm + 6 cm	1,64	1,15	0,89	0,72	0,61	0,53	0,47
	9 cm + 12 cm	1,48	1,07	0,84	0,69	0,59	0,51	0,45
	12 cm + 12 cm	1,40	1,03	0,81	0,67	0,57	0,50	0,44
Muros ventilados con BHV 15	Piedra + cámara 2 cm + EPS tipo III + BHV 15 cm	0,74	0,62	0,54	0,47	0,42	0,38	0,35
	Tablero fenólico + cámara + EPS tipo III + BHV 15 cm	0,73	0,61	0,53	0,47	0,42	0,38	0,34
Muros ventilados con BHV 20	Piedra + cámara 2 cm + EPS tipo III + BHV 20 cm	0,69	0,58	0,51	0,45	0,40	0,36	0,33
	Tablero fenólico + cámara + EPS tipo III + BHV 20 cm	0,67	0,57	0,50	0,44	0,40	0,36	0,33

Tabla 16.1. Transmitancia térmica según el tipo de muro y para diferentes espesores de aislamiento  
Transmitancia en  $W/m^2 K$

Esta tabla se ha realizado con aislamiento de poliestireno expandido. En el caso de utilizar otro tipo de aislamiento, consultar una tabla de equivalencias de espesores con otros materiales aislantes.

	Composición del muro	Amortiguamiento (%)	U (W/m <sup>2</sup> K)	Desfase (h)
Tradicional	Mortero de cal y arena 4 cm + Roca volcánica 50 cm + Mortero de cal y arena 4 cm + Enlucido de yeso 2 cm	99,50	0,86	20,23
Muros simples	Mortero de cemento y resina 2 cm + B.H.V. 25 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	91,30	1,22	8,72
	Mortero de cemento y resina 2 cm + B.H.V. 20 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	87,30	1,46	7,27
	Mortero de cemento y resina 2 cm + B.H.V. 15 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	80,60	1,74	5,64
Muros simples aislamiento exterior	Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 25 cm/3c (2c con arena)+ enlucido de yeso 2 cm	92,40	0,70	9,90
	Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 25 cm/3c (2c con arena)+ enlucido de yeso 2 cm	92,70	0,59	10,08
	Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 25 cm/3c + enlucido de yeso 2 cm	92,20	0,63	9,81
	Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 25 cm/3c + enlucido de yeso 2 cm	92,50	0,54	9,98
	Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 20 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	88,60	0,69	8,36
	Mortero de cemento 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 20 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	89,10	0,58	8,53
Muros dobles aislamiento en medio	Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 12 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 6 cm + enlucido de yeso 2 cm	86,60	0,72	7,40
	Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 12 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 6 cm + enlucido de yeso 2 cm	87,20	0,61	7,44
	Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 9 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 12 cm + enlucido de yeso 2 cm	89,70	0,69	8,39
	Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 9 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 12 cm + enlucido de yeso 2 cm	90,20	0,59	8,44
	Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 12 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 12 cm + enlucido de yeso 2 cm	91,70	0,67	9,39
	Mortero de cemento 2 cm + B.H.V. 12 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 12 cm + enlucido de yeso 2 cm	92,00	0,57	9,52
Fachadas ventiladas aisladas	Piedra 1,5 cm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 20 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	88,10	0,45	8,10
	Piedra 1,5 cm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 20 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	88,60	0,40	8,27
	Piedra 1,5 cm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 15 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	81,80	0,47	6,47
	Piedra 1,5 cm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 15 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	82,60	0,42	6,64
	Tablero fenólico 8 mm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 20 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	88,90	0,44	8,36
	Tablero fenólico 8 mm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 20 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	89,40	0,40	8,53
	Tablero fenólico 8 mm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 3 cm + B.H.V. 15 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	83,00	0,47	6,73
	Tablero fenólico 8 mm + Cámara aire 2 cm + Poliestireno expandido tipo III 4 cm + B.H.V. 15 cm/2c + enlucido de yeso 2 cm	83,80	0,42	6,90

Tabla 16.2. Cuadro comparativo de amortiguamiento, coeficiente de transmitancia y desfase horario en diferentes tipos de muros

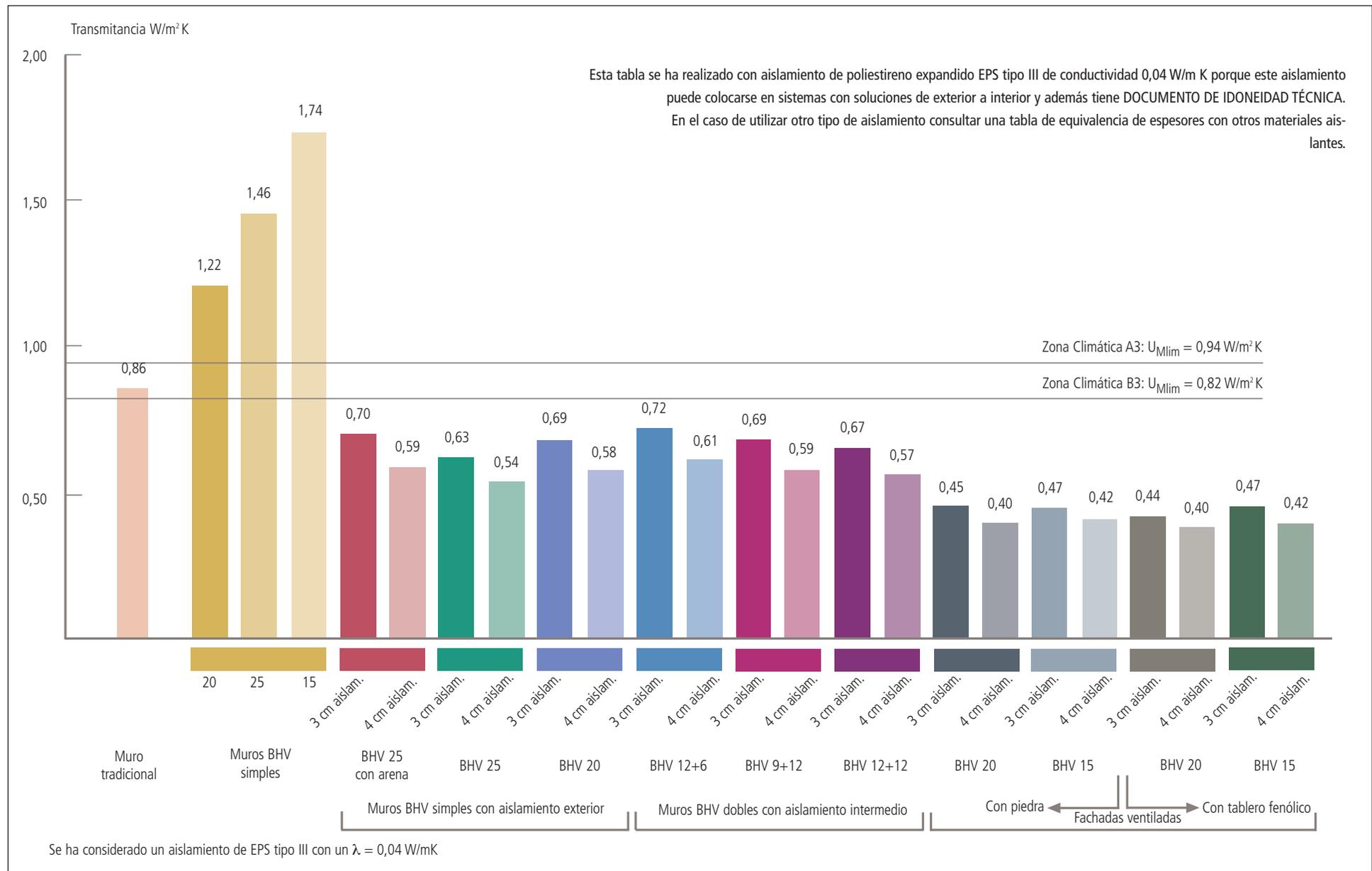


Figura 16.1. Transmitancia Térmica de Muros ( $U_M$ )

Elaboración propia: M. de Luxán, A. Reymundo, M. Bango

## FORJADOS

Se han seleccionado una serie de forjados teniendo en cuenta sus posibilidades de comportamiento térmico que, como puede observarse, son muy distintas y, como en el caso de los muros, con costo y soluciones asequibles a la mayoría de las obras.

Cada uno de los tipos se analiza con composiciones de forjado diferentes.

## CUBIERTAS PLANAS

### Cubierta Tradicional Lanzarote

- Composición 1: Mortero de cal y arena 20 cm + Tablón Pino-Tea.

### Cubierta Actual terminada con Lámina Autoprotegida

- Composición 1: Lámina impermeabilizante autoprotegida + Mortero de cemento 10 cm + Capa de compresión hormigón 5 cm + Bovedilla hormigón 25 cm + Enlucido de yeso 2 cm

### Cubierta Actual terminada con Pavimento sin aislamiento

- Composición 1: Baldosín Catalán 2 cm + Mortero de Cemento 1 cm + Lámina impermeabilizante + Mortero de cemento 10 cm + Capa de compresión hormigón 5 cm + Bovedilla hormigón 25 cm + Enlucido de yeso 2 cm

### Cubierta actual con Aislamiento:

- Composición 1: Baldosín Catalán 2 cm + Mortero de Cemento 3 cm + Poliestireno extruído 3 cm + Lámina impermeabilizante + Mortero de cemento 10 cm + Capa de compresión hormigón 5 cm + Bovedilla hormigón 25 cm + Enlucido de yeso 2 cm
- Composición 2: Baldosín Catalán 2 cm + Mortero de Cemento 3 cm + Poliestireno extruído 5 cm + Lámina impermeabilizante + Mortero de cemento 10 cm + Capa de compresión hormigón 5 cm + Bovedilla hormigón 25 cm + Enlucido de yeso 2 cm
- Composición 3: Baldosín Catalán 2 cm + Mortero de Cemento 3 cm + Poliestireno extruído 8 cm + Lámina impermeabilizante + Mortero de cemento 10 cm + Capa de compresión hormigón 5 cm + Bovedilla hormigón 25 cm + Enlucido de yeso 2 cm

Composición del forjado	Amortiguamiento (%)	U (W/m²K)	Desfase (h)
Lámina impermeabilizante autoprotegida + Mortero de cemento 10 cm + Forjado unidireccional de vogueta y bovedilla 25 cm	90,40	1,71	8,46
Baldosín Catalán 2 cm + Mortero de Cemento 1 cm + Lámina impermeabilizante + Mortero de cemento 10 cm + Forjado unidireccional de vogueta y bovedilla 25 cm + Enlucido de yeso 1,5 cm	94,30	1,63	9,91
Baldosín Catalán 2 cm + Mortero de Cemento 1 cm + Poliestireno extrusionado XPS 3 cm + Lámina impermeabilizante + Mortero de cemento 10 cm + Forjado unidireccional de vigueta y bovedilla 25 cm + Enlucido de yeso 1,5 cm	93,60	0,59	9,87
Baldosín Catalán 2 cm + Mortero de Cemento 1 cm + Poliestireno extrusionado XPS 5 cm + Lámina impermeabilizante + Mortero de cemento 10 cm + Forjado unidireccional de vigueta y bovedilla 25 cm + Enlucido de yeso 1,5 cm	94,30	0,42	11,03
Baldosín Catalán 2 cm + Mortero de Cemento 1 cm + Poliestireno extrusionado XPS 8 cm + Lámina impermeabilizante + Mortero de cemento 10 cm + Forjado unidireccional de vigueta y bovedilla 25 cm + Enlucido de yeso 1,5 cm	95,30	0,29	11,74

Los valores que están en rojo corresponden a composiciones que no cumplen las exigencias mínimas del CTE

Tabla 16.3. Cuadro comparativo de amortiguamiento, coeficiente de transmitancia y desfase horario en diferentes tipos de muros

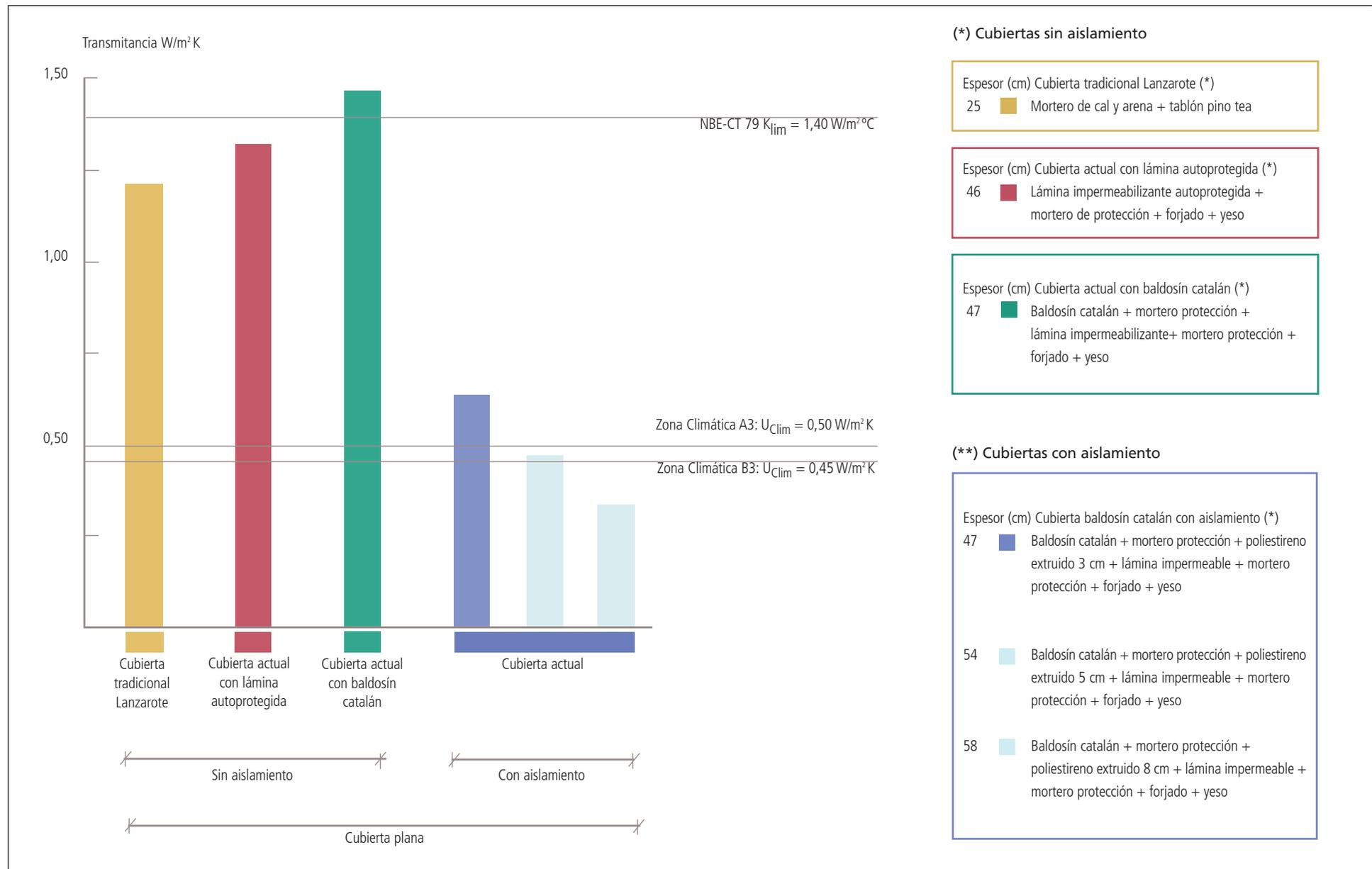


Figura 16.2. Transmitancia Térmica de Cubiertas ( $U_c$ )  
Elaboración propia: M. de Luxán, A. Reymundo, M. Bango