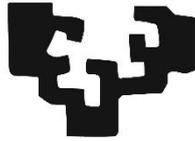


eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

Caracterización termo-acústica de fachadas multicapa resueltas con elementos de madera

Rosa Artaza Elorriaga

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Dirigido por Jesús Cuadrado

Curso 2015-2016



Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Bilbao



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea



Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Bilbao

A mi padre, culpable de que empezara esta carrera al querer seguir sus pasos; y participe, junto a mi madre, de que ésta esté llegando a su fin.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por su apoyo y ánimo constante durante la elaboración del trabajo y también durante estos seis años de carrera. También a mis hermanas, Begoña y Clara.

Al Grupo de investigación IT-781-13: Sostenibilidad integral en sistemas de edificación y sus materiales, en especial a mi tutor, Jesús Cuadrado, por guiarme y ayudarme durante la elaboración del trabajo. También a Belinda, por su ayuda con el programa dBKAisla.

A Eduardo Rojí y Ramón Losada, cuyos consejos han sido fundamentales

A Aranía S.A., empresa en la que realizo prácticas, por haberme permitido tener las tardes libres para realizar el trabajo.

A mi abuela, novio y amigas.

A todas las personas que han estado cerca de mí todos estos años.

ÍNDICE

1. Resumen.....	8
2. Lista de ilustraciones y tablas.....	9
3. Introducción	12
4. Objetivos y Alcance	14
5. Beneficios del proyecto.....	15
5.1. Empleo óptimo de recursos materiales: diseño de elementos constructivos con materiales sostenibles	15
5.2. Sostenibilidad energética.....	15
5.3. Adaptabilidad del estudio a soluciones reales con cumplimiento de la normativa vigente.....	16
6. Análisis de Alternativas	17
6.1. Fachada de bloque de arcilla aligerada (termoarcilla)	17
6.2. Fachadas de bloque de tierra comprimida.....	17
6.3. Aislamiento de fibras de madera.....	18
6.4. Aislamiento de celulosa	18
7. Análisis de riesgos	20
8. Estado de arte	22
8.1. Precedentes de la fachada multicapa: la fachada ventilada	33
8.1.1. Cavity wall.....	33
8.1.2. Tabique pluvial	34
8.1.3. Construcción tipo <i>sándwich</i>	35
8.2. Limitaciones de la fachada convencional	36
8.2.1. Problemas de protección térmica	36
8.2.2. Problemas de estanqueidad.....	36

8.2.3.	Problemas de estabilidad	36
8.3.	Necesidades del mercado	36
8.4.	Fachada multicapa	37
8.4.1.	Componentes de la fachada multicapa	38
8.4.2.	Funciones que debe cumplir	38
8.5.	Fachada de madera.....	41
9.	Normativa de aplicación en las fachadas en el ámbito español	44
9.1.	Historia	44
9.2.	El código técnico de la edificación: estructura y contenido	45
9.3.	Comparativa entre la antigua normativa y el nuevo CTE	48
9.3.1.	Ahorro de energía (DB HE1)	48
9.3.2.	Acciones en la edificación (DB SE-AE)	55
9.3.3.	Seguridad en caso de incendio (DB SI)	58
9.3.4.	Salubridad (DB HS).....	61
9.3.5.	Seguridad de utilización y accesibilidad (DB SUA).....	63
9.3.6.	Instalaciones de iluminación (DB HE3).....	63
9.3.7.	Protección frente al ruido.....	65
10.	Herramientas de ayuda para el cálculo de fachadas.....	68
10.1.	Programa LIDER.....	68
10.2.	CHEQ4.....	68
10.3.	Herramienta de cálculo del Documento Básico de protección frente al ruido	68
10.4.	CEC: Catálogo informático de elementos constructivos.....	69
11.	Metodología	70
11.1.	Introducción	70
11.2.	Fachadas de madera	70
11.3.	Soluciones de fachadas que van a ser estudiadas	73
11.3.1.	Detalle 1	73
11.3.2.	Detalle 2	74
11.3.3.	Detalle 3	75
11.3.4.	Detalle 4	76

11.3.5.	Detalle 5	77
11.3.6.	Detalle 6	78
11.4.	Programas utilizados	79
11.4.1.	DX PIME.....	79
11.4.2.	Software de cálculo acústico dBKAisla	82
11.5.	Estudio térmico	87
11.5.1.	Procedimiento.....	87
11.5.2.	Objetivos	89
11.5.3.	Resultados.....	90
11.5.4.	Conclusiones	150
11.6.	Estudio acústico.....	155
11.6.1.	Procedimiento.....	155
11.6.2.	Objetivos	156
11.6.3.	Resultados.....	162
11.6.4.	Conclusiones	174
11.7.	Análisis económico.....	177
12.	Conclusiones.....	181
13.	Presupuesto.....	185
	Bibliografía.....	186
	Anexo	188

1. RESUMEN

Castellano

El presente proyecto tiene como objetivo la realización de un estudio térmico y acústico de diferentes tipos de fachada multicapa con elementos de madera. De este modo, se analizará el espesor mínimo de aislamiento de las fachadas planteadas con el fin de obtener unas soluciones con el menor espesor posible que cumplan la normativa vigente en el CTE para el mejor aprovechamiento de la superficie útil. Así, será posible conocer diferentes tipologías de fachadas que presenten unas prestaciones térmicas y acústicas idóneas en las distintas zonas climáticas del país, junto con una comparativa económica de las distintas soluciones propuestas.

Euskera

Projektu honek egurrezko elementuekin egindako fatxada desberdinen ikerketa akustiko eta termikoa egitea du helburu. Horrela, azalera erabilgarriari probetxu hoberena ateratzeko CTEn indarrean dagoen normatiba betetzen duten lodiera minimoko soluzioak lortzeko asmoarekin, planteatutako fatxaden isolamendu lodiera minimoa aztertuko da. Modu honetan, herrialdeko zona klimatiko ezberdinetan prestazio termiko eta akustiko ezin hobekak dituzten fatxada tipologia desberdinak ezagutzea posiblea izango da, proposatutako soluzio desberdinen komparatiba ekonomikoarekin batera.

Inglés

The aim of this project is to conduct a thermal and acoustic study of different types of multilayer wooden facades. Thus, the minimum thickness of insulation of these facades will be analyzed in order to obtain solutions with the thicker insulation that meet the regulations of the CTE to take advantage of the surface. This way, it will be possible to know different types of facades that have suitable thermal and acoustic conditions in different climatic zones of the country, along with an economic comparison of the proposed solutions.

2. LISTA DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

Ilustraciones

Ilustración 1. Bloque de termoarcilla	17
Ilustración 2. Bloque de tierra comprimida.....	18
Ilustración 3. El TajMahal, el sultán ShanJahal lo mandó construir entre los años 1631 y 1654 en la ciudad de Agra, al norte de la India.	28
Ilustración 4. Iglesia San Vital de Rávena	29
Ilustración 5. Catedral de Santa María de Burgos	30
Ilustración 6. Evolución de la fachada a lo largo de la historia	32
Ilustración 7. Detalle constructivo “Cavitywall”	34
Ilustración 8. Esquema de la construcción del tabique pluvial	34
Ilustración 9. Acción del viento en un edificio	39
Ilustración 10. Esquema piramidal de la reglamentación	47
Ilustración 11. Programa DX PIME.....	79
Ilustración 12. Zonas climáticas.....	80
Ilustración 13. Programa dBKAisla	84
Ilustración 14. Recintos superpuestos en programa DBKaisla	85
Ilustración 15. Recintos adyacentes en programa DBKaisla	85
Ilustración 16. Recintos de una arista en programa DBKaisla.....	86
Ilustración 17. Lana de vidrio	88
Ilustración 18. Curvas de ponderación	160
Ilustración 19. Gráfica comparativa entre niveles en dB y dBA	161
Ilustración 20. Detalle 1 – Zona A.....	163
Ilustración 21. Detalle 1 – Zona B.....	164
Ilustración 22. Detalle 1 – Zona C y D.....	166
Ilustración 23. Detalle 1 – Zona E	167
Ilustración 24. Detalle 2 – Zona A.....	169
Ilustración 25. Detalle 2 – Zona B y C.....	170
Ilustración 26. Detalle 2 – Zona D.....	172

Ilustración 27. Detalle 2 – Zona E	173
Ilustración 28. Detalle 1 – Zonas A, B, C y D y E	174
Ilustración 29. Detalle 2 – Zonas A, B y C, D y E	175
Ilustración 30. Detalle 1	181
Ilustración 31. Detalle 2	182
Ilustración 32. Detalle 3	182
Ilustración 33. Detalle 4	183
Ilustración 34. Detalle 5	183
Ilustración 35. Detalle 6	184

Tablas

Tabla 1. Matriz de riesgos	20
Tabla 2. Comparativa objetivos CTE-HE1 y NBE-CT-79	49
Tabla 3. Comparativa exigencias mínimas para edificios según CTE-HE1 y NBE-CT-79.	51
Tabla 4. Comparativa métodos verificación de exigencias según CTE-HE1 y NBE-CT-79	51
Tabla 5. : Comparativa condiciones previas aplicación métodos de verificación según CTE-HE1 y NBE-CT-79	54
Tabla 6. Comparativa acciones que actúan sobre la fachada según CTE-SE-AE y NBE-AE-88	55
Tabla 7. Comparativa acciones que actúan sobre la fachada según CTE-SE-AE y NBE-AE-88	55
Tabla 8. Comparativa acción del viento sobre la fachada según CTE-SE-AE y NBE-AE-88	57
Tabla 9. Comparativa acciones térmicas sobre la fachada según CTE-SE-AE y NBE-AE-88	58
Tabla 10. Comparativa superficie máxima de cada sector de incendios según CTE-SI y NBE-CPI-96	59
Tabla 11. Comparativa resistencia al fuego de elementos estructurales según CTE-SI y NBE-CPI-96	59
Tabla 12. Comparativa propagación exterior del fuego en edificios según CTE-SI y NBE-CPI-96	61
Tabla 13. Condiciones del diseño de la fachada para limitar humedades según CTE-HS1	62
Tabla 14. Exigencias para el cumplimiento del VEEL requerido según el CTE-HE3	65
Tabla 15. Tabla 2.1 del CTE DB HR. Exigencias de aislamiento acústico en fachada	65
Tabla 16. Aislamiento a ruido de particiones verticales y divisorios horizontales	66
Tabla 17. Aislamiento a ruido de fachadas y cubiertas	66
Tabla 18. Aislamiento a ruido de cubiertas	67

Tabla 19. Aislamiento a ruido de divisorios horizontales.....	67
Tabla 21. Zonas climáticas Islas Canarias	81
Tabla 20. Zonas climáticas de la Península Ibérica	81
Tabla 22. Clases higrométricas	82
Tabla 23. Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica.....	89
Tabla 24. Transmitancia térmica límite según zonas climáticas	89
Tabla 25. Fachada Detalle 1.....	155
Tabla 26. Fachada Detalle 3.....	155
Tabla 27. Espesores aislamiento	156
Tabla 28. Nivel de presión sonora (dB) – Efectos.....	157
Tabla 29. Comparativa económica de las fachadas del detalle1	177
Tabla 30. Comparativa económica de las fachadas del detalle 2.....	177
Tabla 31. Comparativa económica de las fachadas del detalle 3.....	178
Tabla 32. Comparativa económica de las fachadas del detalle 4.....	178
Tabla 33. Comparativa económica de las fachadas del detalle 5.....	178
Tabla 34. Comparativa económica de las fachadas del detalle 6.....	179
Tabla 35. Horas internas.....	185
Tabla 36. Amortizaciones	185
Tabla 37. Gastos	185
Tabla 38. Resumen presupuesto	185

3. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el crecimiento de la población y el desarrollo tecnológico de nuestros tiempos han originado novedosas formas de confort para los habitantes, lo que se traduce a su vez en una mayor variedad de instalaciones y equipos y, en consecuencia, en una demanda creciente de energía difícilmente satisfecha por la oferta convencional. Estudios y aproximaciones recientes han identificado la necesidad de reducir el consumo de energía en el mundo, y de esta manera reducir así las emisiones de gases al medio ambiente. También se ha concentrado la mirada en el tema de las edificaciones, responsables del consumo del alrededor del 40% de la energía en las ciudades. En consecuencia, disciplinas como la Arquitectura e Ingeniería se han visto en la necesidad de repensarse en una mayor armonía con el ambiente y en consecuencia una reducción del consumo de energía.

Con el fin de alcanzar las metas propuestas por el Protocolo de Kyoto y más recientemente el Acuerdo de Copenhague, al mismo tiempo los aspectos medioambientales que se propugnan a través de la Directiva Europea y el Código Técnico de la Edificación (CTE), es necesario plantear y hacer mejoras en el diseño y en la construcción de edificios, específicamente la envolvente. Para ello se deben emplear cerramientos que sean eficientes y que generen mejores prestaciones térmicas y acústicas.

Por eso, es imprescindible el estudio de nuevos sistemas constructivos de fachadas, en particular los multicapas, formados por distintas capas y/o materiales, en donde cada una de ellas tiene una función específica para garantizar un excelente comportamiento; dependiendo de las condiciones y necesidades del usuario, la diversidad de materiales que se pueden utilizar y las distintas configuraciones de estas capas. Esto da como resultado características favorables para el ahorro en el consumo energético y pueden a su vez ser industrializados, obteniendo con todo esto beneficios, como la mejora de la calidad, el acortamiento de plazos constructivos, mayor seguridad, altas prestaciones y mayor ligereza, entre otros.

Otra de las razones para estudiar este tipo de sistema constructivo de fachadas es tomar en consideración las conclusiones en sistemas similares (principalmente

enfocado a la industrialización) que expone el catedrático R. Marc Lawson, de Sistemas de Construcción SCI (Steel Construction Institute) de la University of Surrey, UK (Lawson, 2008), en donde concluye:

- El peso de los materiales se reduce en un 80%.
- Los materiales nuevos necesarios se reducen en un 43%, mayor sostenibilidad.
- Los residuos generados son la décima parte que en la construcción tradicional.
- La energía embebida de los materiales se reduce en un 33%.
- La cantidad de agua empleada en la construcción es despreciable.
- La energía necesaria para la construcción se reduce en un 32%.
- El periodo de construcción se reduce en un 60%, con la consiguiente disminución de gastos generales, estimados en más de un 9%.
- El coste material de la obra actualmente supera entre un 10 y un 15% los costes de la construcción tradicional.
- La reciclabilidad de los materiales se incrementa nueve veces.
- El transporte de materiales se reduce en un 70%.

4. OBJETIVOS Y ALCANCE

Objetivo general

- Realizar un estudio térmico y un estudio acústico de diferentes fachadas multicapa con elementos de madera con el fin de proponer unos diseños que cumplan con la normativa vigente.

Objetivos específicos

- Las soluciones propuestas deben cumplir los valores de transmitancias que dicta el CTE.
- Las soluciones propuestas no deben presentar condensaciones.
- Las soluciones propuestas deben cumplir la normativa vigente referente a la acústica.
- Un ahorro económico en las soluciones propuestas.

Para ello, se tomarán 6 diseños de fachadas multicapa para el estudio térmico, todas ellas con elementos de madera. Se realizará el estudio en cinco ciudades del país, una por cada zona climática que indica el CTE y se estudiará el espesor del aislamiento de cada fachada para que se cumpla el valor de la transmitancia que dicta la norma y no aparezcan condensaciones en el interior.

Por otro lado, se tomarán las soluciones obtenidas de dos diseños del estudio anterior para la realización el estudio acústico y se estudiará su capacidad de aislar acústicamente.

Finalmente, se realizará una comparativa económica entre los diseños de fachada originales y los propuestos, con la que se pretende mostrar el ahorro obtenido.

5. BENEFICIOS DEL PROYECTO

Este presente proyecto pretende ser un aporte en la aplicación de soluciones térmicas y acústicas en el ámbito de la construcción, de modo que se generen unas propuestas del uso correcto de paneles multicapa con soluciones de madera como elementos de fachada.

5.1. Empleo óptimo de recursos materiales: diseño de elementos constructivos con materiales sostenibles

Actualmente, las necesidades energéticas del mundo se satisfacen básicamente mediante la explotación de los llamados combustibles fósiles, procedentes de residuos vegetales o animales almacenados durante largo periodos de tiempo, tales como el carbón, petróleo y gas natural. El 85% de toda la energía primaria necesaria para satisfacer la demanda energética corresponde precisamente a estos combustibles fósiles, a diferencia del 8% que corresponde a energías renovables.

Por lo que respecta a la edificación, actualmente el grado de confort que se exige a los edificios es muy superior que al de décadas pasadas. Por ello, la aplicación de energías renovables a las edificaciones representa la senda seguir para superar la tradicional contradicción entre el confort (que representa una gran demanda energética) y el respeto al medio ambiente.

5.2. Sostenibilidad energética

El deterioro del medio ambiente, y particularmente los cambios en el clima, obliga al conjunto de la sociedad y a todos los sectores productivos y económicos que lo provocan a una reorientación profunda de las pautas de producción y consumo. El sector de la construcción contribuye de manera importante a ese deterioro en sus distintas fases (extracción y fabricación de materiales, diseño de la edificación y de sus

instalaciones que influye decisivamente en el rendimiento energético de la misma, gestión de la obra y de sus residuos...) y necesita dar un giro notable hacia la adopción de decisiones encaminadas hacia la sostenibilidad.

Por ello, además de utilizar materiales de bajo impacto ambiental, la primera consideración que se debe realizar es la necesidad de aislar de manera eficiente el muro, ya que representa el límite del espacio interior y por tanto la superficie por donde se va a producir la transferencia energética con el exterior. Su correcto aislamiento incidirá de manera decidida en los consumos energéticos, tanto de calefacción como de refrigeración.

5.3. Adaptabilidad del estudio a soluciones reales con cumplimiento de la normativa vigente

Como se ha dicho, se puede aumentar el confort y la calidad de vida, mientras que se disminuye el impacto en el medio ambiente y se aumenta la sostenibilidad del proyecto. Con los estudios realizados en este proyecto se pretende llegar a una tipología de fachada con unas prestaciones térmicas y acústicas unidas a un ahorro energético de los edificios a la vez que se cumplen las exigencias de la normativa técnica.

6. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

6.1. Fachada de bloque de arcilla aligerada (termoarcilla)

Este material de construcción es ideal para el usuario por su capacidad de aislamiento térmico y acústico y su resistencia al fuego, características que se traducen en una mayor economía, seguridad y confort.

También, por sus características especiales, el bloque de termoarcilla facilita el ahorro energético en combustible o electricidad, contribuyendo con ello al desarrollo sostenible. Esto se evidencia en múltiples aspectos, que se manifiestan tanto en la fase inicial de la producción industrial de los bloques cerámicos como en la obra, por su ahorro en la estructura, en mortero, en materiales aislantes y en mano de obra.

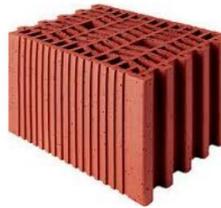


Ilustración 1. Bloque de termoarcilla

6.2. Fachadas de bloque de tierra comprimida

Los bloques de tierra comprimida (BTC) son bloques de construcción uniformes y crudos de arcilla comprimida, adecuada para el uso en muros de carga y en muros normales.

La composición de los bloques de tierra comprimida está constituida por arcilla, cieno y arena. Con el fin de impermeabilizar el bloque puede utilizarse como estabilizador la cal entre un 5 y 20% en volumen, mejorando su calidad aunque elevando su coste de 3 a 5 veces.

Como parámetros sostenibles, se puede encontrar en muchos lugares marga (arcilla, cieno y arena) en su forma natural, a una profundidad de 20 o 30cm por

debajo de la capa fértil superficial. También se puede extraer arcilla de las excavaciones de construcciones o bien puede ser un producto secundario en los proyectos de construcción de carreteras y canales.

Además, con una humedad relativa constante del 50% aproximadamente, una casa de arcilla requerirá menos energía para calentarse que una casa de construcción más tradicional, en la que la humedad relativa puede alcanzar el 80% o más. Se ahorra energía porque un muro de arcilla sólido es capaz de almacenar calor y energía solar, para luego liberarla en forma de calor radiado cuando la temperatura decaiga.



Ilustración 2. Bloque de tierra comprimida

6.3. Aislamiento de fibras de madera

Con el fin de optimizar la utilización de las materias primas y sus residuos, están apareciendo nuevos materiales reciclados como los tableros de fibras.

La fibra de madera es un producto procedente de los residuos generados por aserraderos y otras industrias de la madera. Mediante la aplicación de colas y la presión con prensas en caliente, u otros métodos a base de mezclado con agua y conversión en pasta, se obtiene un tablero con cierta resistencia mecánica que se utiliza principalmente como aislamiento térmico y acústico en edificios de nueva planta, rehabilitación o de reforma.

El producto resultante, al que se le pueden proporcionar (añadiéndole sustancias químicas o emulsiones de betunes), propiedades especiales tales como resistencia al fuego, insectos o a la humedad, es además ligero y manejable y se puede cortar fácilmente con una sierra de mano, facilitando su puesta en obra fácil y cómoda.

6.4. Aislamiento de celulosa

Las fibras de celulosa se obtienen del reciclado de papel de periódico. Una vez triturado y desfibrado se mezclan las fibras con sales minerales que la protegen de insectos, pudriciones y mejoran su comportamiento frente al fuego.

La fibra a granel se introduce en las cámaras existentes entre los tabiques de

fachada a través de una serie de perforaciones. Presenta varias ventajas:

- Aceptable resistencia térmica y gran inercia, lo que hace que tenga un excelente comportamiento contra altas temperaturas por el exterior.
- Bajo costo y puesta en obra fácil y rápida.
- Mejora el aislamiento acústico.
- Regulador de la humedad. Almacena humedad sin ver mermada su capacidad de aislamiento.
- Material reciclado. Bajo consumo energético en su fabricación.
- Resistente al fuego.

El aislar con este material en la rehabilitación energética de un edificio, mejorará notablemente el comportamiento térmico y acústico del mismo, suponiendo un gran ahorro para sus habitantes, a la vez que se vuelve a dar uso al papel de periódico favoreciendo el reciclaje.

7. ANÁLISIS DE RIESGOS

Este análisis de riesgos pretende exponer información relativamente precisa sobre la influencia de ciertas variables sobre la duración o coste del proyecto, adelantándose a posibles acontecimientos que puedan afectar al desarrollo normal del proyecto. Así, se detectan las tareas críticas que condicionan la duración final del éste, las cuales se representan mediante una matriz de riesgos:

1. No poder disponer del programa que se requiera para el estudio
2. Obtener soluciones que no cumplan la normativa referente a la transmitancia térmica
3. Obtener soluciones que presenten condensaciones
4. Obtener soluciones que no cumplan la normativa acústica
5. No encontrar soluciones adecuadas

Probabilidad	Muy Alta					
	Alta			5	1	
	Moderada		2,3,4			
	Baja					
	Muy Baja					
		Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto

Impacto

Tabla 1. Matriz de riesgos

En caso de que tuviera lugar el riesgo 1 “No poder disponer del programa que se requiera para el estudio “ se tomaría como medida buscar soluciones ya ensayadas de otra tipología similar de fachada para tratar de obtener un resultado lo más próximo posible.

Si ocurrieran los errores 2,3 ó 4, se presentaría otra solución, ya que al estudiarse varios diseños de fachadas se podrían alcanzar los objetivos con otro diseño de cerramiento.

8. ESTADO DE ARTE

“Decía Shakespeare que el aspecto exterior pregona muchas veces la condición interior del hombre. Aunque partimos de la base de que la fachada no lo es todo en esta vida, sí que hay que reconocer que muchas veces es un factor muy influyente y, en arquitectura, esencial. Es curioso que ya de pequeños se nos infundan estos valores, como en el cuento de los tres cerditos, en el que se enseña que las casas de paja o barro poco futuro tienen cuando viene el lobo. Y es que lo bien hecho, bien parece y permanece.”

Artículo de Valen Gómez Jáuregui

Antes de introducir el origen de la fachada multicapa, se comenzará haciendo un breve repaso de la evolución de la fachada desde sus inicios.

Las fachadas de cada estilo arquitectónico han experimentado grandes cambios a lo largo de la historia tanto en lo que se refiere a su utilidad como soporte como a su aspecto físico. No obstante, los cambios más significativos han sido de carácter técnico y constructivo. “Tradicionalmente, la fachada ha sido al mismo tiempo la estructura y el cerramiento del edificio, y por tanto la capacidad de abrir huecos para iluminar, ventilar, o disponer de vistas al exterior ha sido limitada. El desarrollo histórico de la fachada ha sido pues una carrera tecnológica en pos de ampliar estos necesarios huecos. El tamaño y disposición de los huecos ha estado condicionado fundamentalmente por dos limitaciones: la capacidad para abrirlos y la capacidad de protegerlos” (Arq. Elder Sebastián Jiménez Rengel Certificado internacional en Elaboración, gestión y evaluación de proyectos).

Cuando se hace una retrospectiva sobre los antecedentes de los cerramientos, hay que remontarse a épocas remotas en las que las cuevas naturales se sustituyeron por “cuevas artificiales” hechas de piedra “a hueso”. Existen construcciones milenarias que nacen del concepto de la necesidad de crear una mayor protección contra la intemperie, contra la lluvia y el frío, contra el calor y el sol y un ámbito de privacidad.

A lo largo de la historia el hombre ha sido el principal precursor y creador de

una de las ciencias más importantes existentes hoy en día, la construcción y arquitectura han sido desde el comienzo de nuestros días una evolución constante, siendo una de las ciencias que mayor legado histórico y artístico nos ha dejado y que sirve hoy en día como ejemplo de “como se debe construir”.

A continuación se viajara a través de las principales etapas de la historia viendo como, el legado que han ido dejando periodos anteriores, han influido y ayudado a ir innovando tanto en soluciones constructivas mejoradas como en nuevos materiales.

- Época neolítica

La arcilla es el material más utilizado en la construcción neolítica, motivado quizás por la cercanía de los emplazamientos a cauces fluviales. En zonas húmedas y boscosas la madera suplantó a la arcilla. Mientras la piedra resultó habitual en la construcción funeraria y defensiva desde el Calcolítico (Edad del Cobre), su empleo en la edificación doméstica supondrá un estado más avanzado. Esto refleja la adaptación al medio y el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles en cada momento. La arcilla es un claro precursor dentro de los materiales utilizados en construcción, en muchos casos de manera casi exclusiva. De hecho, actualmente, en muchas partes del mundo se sigue utilizando. Desde un principio se asociaba la durabilidad del producto a la compacidad de la masa. Por este motivo se le añadía a la mezcla de arcilla y agua ingredientes vegetales como la paja o la hierba. Mediante este proceso, además de conseguir más consistencia, se mejoraba la evaporización de la humedad. Los pasos de la evolución de la arcilla podrían resumirse como: barro apisonado, adobe y ladrillo.

La técnica de la invención del ladrillo mediante la cocción del adobe en el mundo de la construcción, se inició en el Próximo Oriente, en los Valles de los ríos Tigris y Éufrates, coincidiendo con el origen mesopotámico. Otras civilizaciones, incluso hasta miles de años después, no utilizarían el ladrillo como material de construcción. Su utilización no aparecerá hasta el dominio romano del Mediterráneo en época imperial. La piedra, se utilizaba prácticamente de manera exclusiva en construcciones defensivas y religiosas. No llegaría a utilizarse como material constructivo de viviendas hasta mucho más adelante. Las realizadas eran viviendas de mampostería rellenas con rocas de menor tamaño y arcilla entre los huecos. En raras ocasiones se podía revestir esta estructura con arena en su reverso. Materiales como la caña y la paja se utilizaron durante la Prehistoria como refuerzo de techos, suelos y para tapiar muros.

El empleo de madera en la construcción de viviendas sufrió un gran impulso entre los años 5000 y el 2500 a.C. motivado por una sumersión de tierras sucedidas en la Europa Noroccidental alrededor del año 5000 a.C. Se puede hablar de dos tipologías de cerramientos a la hora de utilizar la madera: el cerramiento de troncos y los muretes de entramado.

- Antigua Grecia

“La Arquitectura de la Antigua Grecia es la arquitectura producida por los pueblos de habla griega (pueblo helénico) cuya cultura floreció en la península griega y el Peloponeso, las islas del Egeo, y en las colonias de Asia Menor y en Italia por un período de alrededor del 900 a.C. hasta el siglo primero d.C., con las primeras restantes obras arquitectónicas que datan de alrededor del año 600 a.C.” (Finley, 1975)(Los griegos de la antigüedad. M. Finley)

El templo es, sin lugar a dudas, uno de los legados más importante de la arquitectura griega a occidente. Era de una forma bastante simple: una sala rectangular a la que se accedía a través de un pequeño pórtico (pronaos) y cuatro columnas que sostenían un techo bastante similar al actual tejado a dos aguas.

En la construcción helénica fueron utilizados, entre otros, materiales como la madera, para estructuras y cubiertas, el ladrillo sin cocer en muros de viviendas, mármol y piedra, para la construcción de templos y edificaciones públicas, arcilla cocida y metales como ornamentos decorativos. Estos materiales fueron utilizados por los arquitectos y constructores para todo tipo de edificaciones, ya fuesen religiosos, viviendas, edificios funerarios, edificaciones públicas... Aunque para las viviendas de las clases más sencillas y humildes, el material más utilizado sería el adobe.

Durante los años 700 a 650 a.C. se introduce un elemento que marcaría un antes y un después en el mundo de la arquitectura: la teja en las cubiertas. Éstas fueron sustituyendo progresivamente a los tejados de paja y entramados, expandiéndose rápidamente su uso por todo el Mediterráneo y Asia. Eran mucho más costosas, tanto en precio como en producción, que las cubiertas de paja. Aún así, por sus características y propiedades, sustituyeron a las anteriores, sobre todo en templos y edificaciones públicas.

La utilización de tejados de teja, promueve una necesidad de reforzar los muros que en aquel entonces eran de barro y madera. Esta necesidad pasará por la introducción de los muros de piedra para poder soportar el elevado peso de las cubiertas. (Marín Sánchez, 2000)

- Antigua Roma

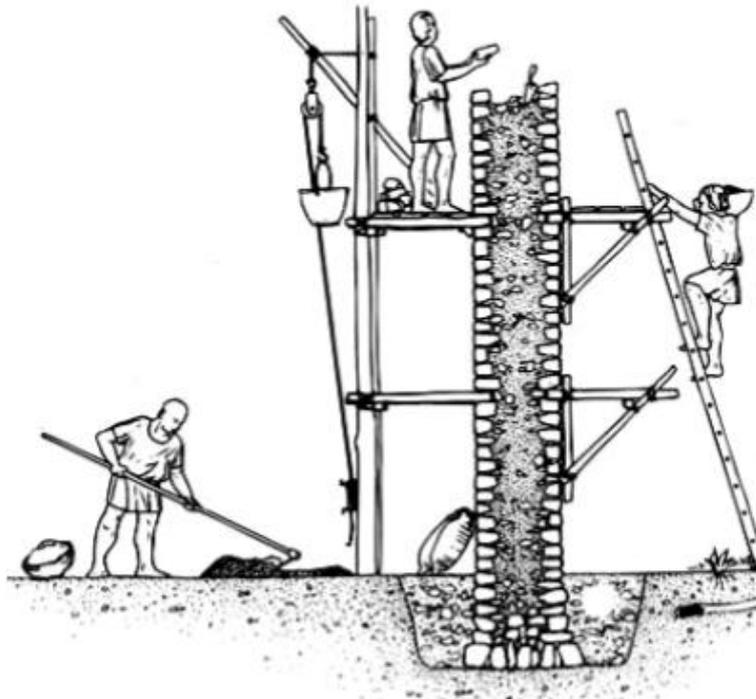
“La arquitectura romana, desde su origen, estuvo en contacto directo con dos culturas arquitectónicas, la etrusca y la etapa helenística del arte griego, y ambas dejaron su impronta en los esquemas romanos.

De los etruscos permaneció, entre otros conceptos, el de la preocupación por las infraestructuras, el recubrimiento de los muros, el uso de las cubiertas de teja y madera y, lo que resultó más decisivo, una actitud muy favorable hacia el uso de los

elementos arqueados.

De la cultura helenística, la herencia más importante sería la continuación en el uso de las formas clásicas en general. De ellos heredaron el concepto de orden y modulación como vehículo de consecución del ideal estético, si bien, en Roma éste cumplió una misión puramente estética. Los sistemas constructivos empleados por los romanos fueron radicalmente distintos de los griegos y la columna perdió su carácter estructural, pasando a ser un elemento puramente ornamental superpuesto a una estructura a base de muros continuos. (La Construcción Griega y romana, de Rafael Marín Sánchez)

Como indica Rafael Marín, el inicio de esta revolución viene originada por la invención de un nuevo material cuyas características son comparables a las del hormigón: a este material se le denominará Opus Caementicium. Debido a la utilización de este material en construcción, la utilización de la piedra pasaría a un segundo plano. Su uso pasaría a ser como revestimiento, pavimentos o en bóvedas.

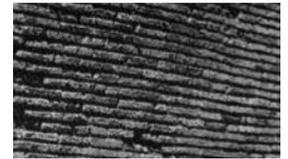


El uso del Opus Caementicium, también denominado hormigón romano, mejoró la técnica del emplecton griego para constituir sólidos muros de tres hojas. Este material se utilizaba como relleno de estos muros constituyendo el núcleo estructural del muro y convirtiéndose en el verdadero promotor de los avances tecnológicos producidos durante este periodo. El hormigón romano era bastante diferente en su composición al hormigón actual. El material que se utilizaba como aglomerante era el mortero de cal aérea, cuyos componentes eran la cal grasa, arena y agua. A partir del siglo II a.C., los romanos aprendieron a usar la ceniza puzolánica, un tipo de ceniza volcánica que producía un mortero de gran durabilidad y resistencia.

Ya que este proyecto trata sobre el estudio de fachadas, a continuación se nombran los primeros muros de la historia construidos en el periodo romano:

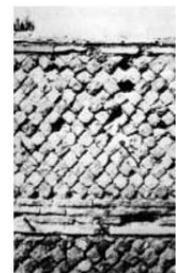
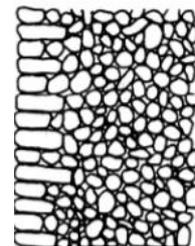
Muro homogéneo

- a) Opus quadratum: Ejecutado mediante sillares de despiece regular, cogido con mortero o colocados a hueso.
- b) Opus latericium: Igual que el anterior, pero el material utilizado es el ladrillo.



Opus emplectum o muro compuesto

- a) Opus incertum: Se confeccionaban los parámetros, que servían de encofrado, con piedras pequeñas y rellanaba el interior con hormigón romano.
- b) Opus reticulatum: El parámetro exterior se conformaba mediante piezas de piedra tallada en forma de pirámide cuadrada o romboidal, los vértices se introducían en el muro, normalmente quedaba sin revestir



- c) Opus testaceum: El paramento exterior se hacía con ladrillos triangulares.



- d) Opus mixtum: Se empleaba piedra y ladrillo; el ladrillo para los puntos más débiles y la piedra para grandes paños del muro.



La ejecución del muro compuesto comenzaba con la construcción de dos hojas exteriores, que tenían función de servir como encofrado perdido al relleno de hormigón. Tenían que estar dotadas de una cierta consistencia, que evitase su pandeo como consecuencia del empuje originado durante el relleno y el batido, y también debía servir de acabado superficial, más o menos definitivo, en función de si se quería o no aplacar o enlucir el muro. Una vez ejecutadas las hojas exteriores, se vería en seco la mezcla (opus caementicium), añadiendo luego el agua, y procediendo al amasado del hormigón. Para permitir el trabajo en altura, se utilizaban andamios, a modo de planchas móviles, sobre travesaños que atravesaban el muro. Para prevenir el asiento desigual entre relleno y los paramentos exteriores, se realizaban juntas de espesor considerable entre ladrillos, con un mortero de características similares a las del núcleo interior. (Marín Sánchez, 2000)

- Arquitectura islámica

La construcción islámica surge tras una extraordinaria transformación en el siglo VIII. Se originó en la ciudad de la Meca (Arabia), de la mano de Mahoma. Se expande a través de una extensa área geográfica, desde la India hasta la península ibérica, propagándose también a través de los Balcanes, Grecia y Turquía. Se expropiaban y reutilizaban edificios anteriores a su llegada, mezclando sus tradiciones con las de los territorios conquistados, observándose influencias griegas, romanas y orientales. Realizaban construcciones de escasa altura, pero extensas en superficie por lo que no son necesarias estructuras de gran resistencia.

“La arquitectura islámica recoge, sintetiza y difunde los procedimientos ancestrales de construcción, tanto en estructuras como en técnicas y materiales. El punto de partida es, pues, el creciente fértil, donde había tenido su origen una cultura arquitectónica basada en la explotación de las posibilidades técnicas de materiales deleznable, fundamentalmente del barro. Los muros y las bóvedas de adobe permitían también crear interiores frescos en regiones que, como en las que nació y se difundió el Islam, tienen un clima caluroso. La funcionalidad de la obra es decir, la adecuación de materiales y formas a las necesidades inmediatas, constituyó el criterio rector de toda la arquitectura islámica.” Tomas Pérez, Prof. de Ciencias Sociales, Geografía e Historia.

Para la elección de los materiales de construcción, se dejaba a un lado el popular estilo occidental con la utilización de la piedra y se decantaban por materiales más frágiles como el adobe, la madera y el yeso. Estos materiales, además de ser más económicos, permitían un estilo de construcción más rápido y fácil. Un valor añadido a la construcción islámica es que, utilizando dichos materiales, se conseguían unos resultados de grandeza y opulencia como los que ofrecen sus edificaciones. Estos muros se revestían de materiales como la cerámica o el estucado los cuales ofrecían un

refuerzo que favorecía su conservación. Se debe tener en cuenta que estos materiales ofrecían una dureza y una impermeabilidad que alargaba la vida del soporte.



Ilustración 3. El TajMahal, el sultán ShanJahal lo mandó construir entre los años 1631 y 1654 en la ciudad de Agra, al norte de la India.

Así pues tratados los puntos de mayor relevancia de la construcción islámica, se continuará con este viaje a través del tiempo siendo la siguiente parada la etapa de la Edad Media.

- Arquitectura en la Edad Media

Para internarse en el origen de la arquitectura en la Edad Media, se van a desarrollar tres estilos principales: el estilo bizantino, el cual abarca todo el periodo de la Edad Media, el estilo románico, apreciable durante los siglos XI y XII, y el estilo gótico, desde el siglo XII hasta el siglo XVII.

La arquitectura bizantina, es el primer estilo importante en la Edad Media, destaca por su solidez estructural, utiliza espléndidos mosaicos interiores, capitel hermosamente decorado, una característica cubierta abovedada, y buena ornamentación, un buen ejemplo de este tipo de edificio es la Iglesia bizantina de San Vital.

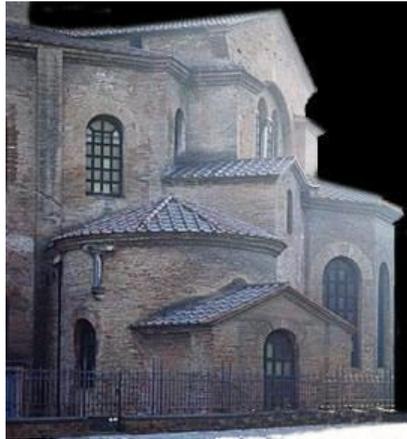


Ilustración 4. Iglesia San Vital de Rávena

Entre los elementos distintivos de este tipo de arquitectura se deben destacar la construcción de cúpulas y la utilización de mosaicos como dispositivo decorativo principal. Se limita la utilización de esculturas con ese fin, tan característico de la cultura romana y griega. Como material principal utilizado para la construcción se usa el ladrillo como elemento sustitutivo de la piedra.

La construcción románica recibe su nombre por el parecido que guarda con las formas de la antigua Roma. Su nacimiento coincide con la consolidación de Europa, la cual sale de un periodo de crisis y epidemias, allá sobre el siglo XI.

El material más utilizado fue la piedra, se utilizaba en todos los elementos constructivos, excepto en cubiertas, en las que siempre se utilizaba la madera. Esto sucedería hasta la creación de la bóveda de cañón, en la cual también se utilizaba la piedra. Este elemento constructivo aportaría dos características fundamentales, por un lado aportaría mayor relevancia y majestuosidad a las edificaciones, por otro lado evitaría incendios que se podían manifestar con cierta frecuencia. La piedra utilizada se extraía de canteras, pero no resultaba extraño utilizar piedra reciclada de edificios demolidos o derrumbados. No todos los territorios tenían canteras, por lo que se utilizaba la técnica del ladrillo cocido.

La función principal de los muros era básicamente estructural. Se debe tener en cuenta que el uso de bóvedas requería una resistencia considerable lo que se reflejaba en el espesor de los muros dándoles un espesor importante. La técnica utilizada para la construcción de los muros era el "Opus Emplectum", utilizada por los romanos y ya mencionada anteriormente, dos capas de muro de piedra, rellenas del elemento similar al hormigón. Durante este periodo aparece el contrafuerte, que son ensanchamientos necesarios del muro, para contrarrestar los esfuerzos de la cubierta.

Los muros se ejecutaban de manera que eran más gruesos en su zona inferior y, conforme iban ascendiendo, se iban estrechando, así aligeraban la parte superior

aliviando el peso. A medida que fue avanzando la etapa, la demanda y las exigencias de tener más iluminación y más espacio hizo perfeccionar la técnica. Se articuló más el muro, con la mejora en la talla de la piedra, y la necesidad de abrir huecos de iluminación obligó a perforar más el muro, mediante jambas y arcos, y a abandonar los rellenos y concentrar las cargas. Esto dio como resultado un sistema de crujeas transversales, que no afectaban a la espacialidad interior, anticipándose a su vez a las soluciones góticas dejando de ser el muro una pantalla pesada.

Ante lo que se podrían denominar como sombrías construcciones del románico, aparecieron las luminosas edificaciones de arquitectura gótica. Este estilo artístico se desarrolló desde finales del siglo XII hasta el siglo XV, aunque más allá de Italia las pervivencias góticas continuaron hasta los comienzos del siglo XVI.

El empleo de las construcciones de tipo medieval finaliza con el desarrollo del estilo gótico, de origen germano. Se caracteriza por sus líneas alargadas con arcos de apariencia innovadora y ornamentación exterior recargada.

Los muros, elementos constructivos de interés en este proyecto de esta época, pierden su misión estructural, pasando a soportar únicamente su propio peso y la acción del viento. Son de piedra o ladrillo, utilizando el método de emplecton griego. Los ángulos y las esquinas se realizaban con sillares, los cuales no eran de gran tamaño, y el resto de mampostería o ladrillo. La ornamentación de este periodo se basa en la escultura y la vidriera; la escultura preferentemente en fachadas, presentaba un marcado naturalismo, todas iban policromadas. Las vidrieras policromaban la luz en el interior.



Ilustración 5. Catedral de Santa María de Burgos

La siguiente época será el Renacimiento, en el cual se rechaza el gótico por dejar la estructura a la vista y vuelven a la arquitectura romana, pero sin copiarla, utilizando el proceso y el lenguaje arquitectónico para realizar sus propias construcciones,

resolviendo los problemas heredados como hacían los clásicos. (Magro Moro & Marín Sánchez, 1999)

- El Renacimiento

“La arquitectura del Renacimiento o renacentista es aquella producida durante el período artístico del Renacimiento europeo, que abarcó los siglos XV y XVI. Se caracteriza por ser un momento de ruptura en la Historia de la Arquitectura, en especial con respecto al estilo arquitectónico previo: el Gótico; mientras que, por el contrario, busca su inspiración en una interpretación propia del Arte clásico, en particular en su vertiente arquitectónica, que se consideraba modelo perfecto de las Bellas Artes.” (Bennassar, 2004)

Los principales rasgos que definirían la arquitectura renacentista pasarían por el aumento de valor de la superficie de los muros, realzando los sillares, se utiliza la columna como elemento de sustentación, el arco ojival, tan característico de la arquitectura gótica, pasó a un segundo plano y se utilizó el arco de medio punto. También cabe destacar el cambio sufrido en el tipo de decoración, que pasó a ser de un estilo mucho más imaginativo, fantástico, irreal.

Utilizan los materiales que tienen más a mano en cada lugar, generalmente piedra y ladrillo; existe una gran preocupación vitrubiana, y constructivamente, aportaron la bóveda y la cúpula.

En los muros se vislumbra una influencia teórica de los modelos romanos, utilizando la técnica del opus emplectum. En los exteriores se usó la piedra, aunque al evolucionar el periodo, también se usó el ladrillo, todo ello dependiendo de la calidad de la obra. El muro se elevaba por tongadas horizontales para evitar los asientos. Los puntos débiles de las cornisas y zócalos eran resueltos con mejores materiales. Los zócalos los realizaban mediante sillares de una pieza y actuaba como zuncho. La coronación de la cornisa se realizaba mediante grandes sillares, los cuales estaban muy trabajados. Los huecos se solucionaban con arcos de descarga sobre los dinteles.

La siguiente etapa a destacar dentro de la evolución arquitectónica, es la época del modernismo.

“El modernismo es un arte burgués, muy caro, que intenta integrar en la arquitectura todo el arte y todas las artes. Es una corriente esencialmente decorativa, aunque posee soluciones arquitectónicas originales. Se desarrolla entre los siglos XIX y XX.

Este movimiento utiliza las soluciones que la revolución del hierro y del cristal aportan a la arquitectura, aunque se sirve de la industria para la decoración de interiores y las forjas de las rejerías, etc. Sus formas son blandas y redondeadas, aunque no es esto lo único característico del modernismo sino la profusión de motivos

decorativos. La influencia del modernismo arquitectónico se deja sentir aún en la arquitectura actual.

El modernismo arquitectónico nace en Bélgica (donde se le dará el nombre de art nouveau) con la obra de Henry van de Velde y Víctor Horta. La ondulación de los tejados y fachadas, la aplicación de materiales como el hierro forjado, los motivos de vegetación natural y el cuidado diseño de la decoración y de cada elemento arquitectónico y de mobiliario del interior son características de sus obras.” *Fragmento extraído de Wikipedia.*

Entre sus características significativas debemos destacar la inspiración en la naturaleza, así como la utilización de la línea curva. Estas características se reflejarán en las construcciones, tanto en las fachadas como en sus interiores.

Si la arquitectura modernista se desarrolló durante los siglos XIX, principios del XX, debemos diferenciarla de la denominada arquitectura moderna. Sus dos principios básicos son el racionalismo arquitectónico y el organicismo arquitectónico.

Este estilo de arquitectura vendría representado por una simplificación del estilo formal donde se evita la ornamentación. La renuncia del estilo clásico vendría sustituido por construcciones con reseñas a los estilos de la nueva era moderna tales como el cubismo, expresionismo, etc.

Como materiales destacables empleados en la construcción de este movimiento, se debe destacar la utilización acero y en concreto de hormigón armado. Esto fue unido a la nueva concepción de las edificaciones como hábitats para vivir y para la actividad humana. Este movimiento si daba importancia al entorno y la situación de la construcción.

Es precisamente dentro de esta época donde se puede buscar claramente los inicios del elemento constructivo que se trata en el presente proyecto: La Fachada Multicapa.

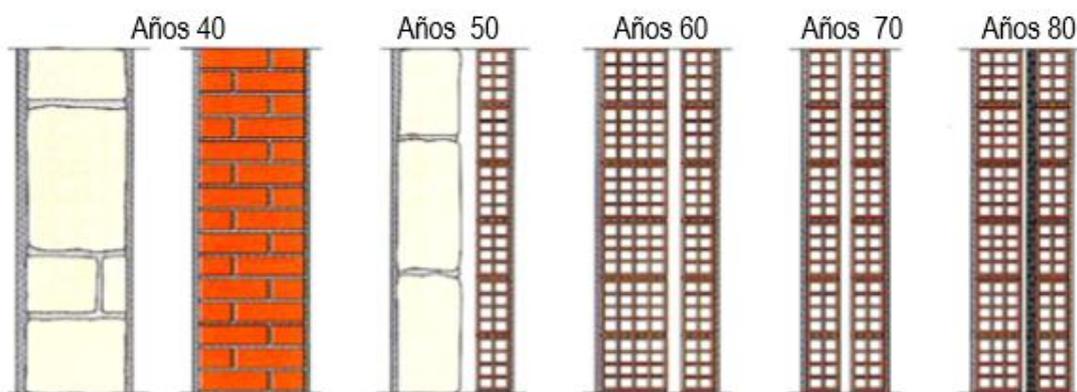


Ilustración 6. Evolución de la fachada a lo largo de la historia

8.1. Precedentes de la fachada multicapa: la fachada ventilada

Para llegar al concepto de construcción con múltiples capas, se estudiará primero el caso de la fachada ventilada, sistema de revestimiento de los parámetros del edificio que deja una cámara ventilada entre el revestimiento y el aislamiento. Esta supone una gran mejora frente a la convencional. Existen dos precedentes a la fachada ventilada: el cavity wall y el tabique pluvial.

8.1.1. Cavity wall

Se trata de un muro de dos hojas con cámara ventilada entre ellos. La hoja interior es portante y por lo tanto está inserta entre los forjados. La exterior se sujeta a ella con grapas de acero. La altura de este muro tradicional se limitaba a tres plantas.

La función de la cámara de aire es la de drenar las infiltraciones de agua que pudieran atravesar la cara exterior del muro mediante orificios en la base del sistema. Se trata de que la única acción sobre la gota de agua sea la gravedad, y de que esta fuerza mueva las gotas del líquido en la dirección conocida, de manera que un correcto dispositivo geométrico la conduzca hacia el exterior del edificio.

Este sistema se inició en Inglaterra a partir de 1925 y no será hasta 1970 cuando se incluirá la colocación del aislamiento. Surgió a comienzos de la época victoriana cuando constructores y arquitectos comenzaron a experimentar con la cavidad o “paredes huecas”. En la primera década del siglo 20, la mayoría de los libros de patrones de edificios incluían ejemplos de paredes exteriores con dos hojas separadas de ladrillo. Inicialmente, el desarrollo del “cavity wall” fue proporcionar la mayor protección posible de los elementos, especialmente de la lluvia torrencial junto con la estabilidad mejorada y economía de los materiales. Este tipo de muro apareció por primera vez en las zonas más expuestas, especialmente en lugares costeros. El uso de la construcción del “cavity wall” se hizo cada vez más frecuente, en especial durante el auge en la construcción de viviendas de los años de entreguerras donde los constructores vieron sus ventajas económicas sobre la construcción del muro tradicional. Durante la crisis de la energía de la década de 1970, se volvió común llenar o llenar parcialmente la cavidad con una variedad de materiales de aislamiento para reducir la pérdida de calor a través de la pared. Estos proporcionaban una buena oportunidad para mejorar el rendimiento, además tal aislamiento era invisible, barato y rápido de instalar, y sin reducción del tamaño de las habitaciones. Las nuevas normas durante la década de 1990 hicieron que su uso en la construcción fuera obligatorio.

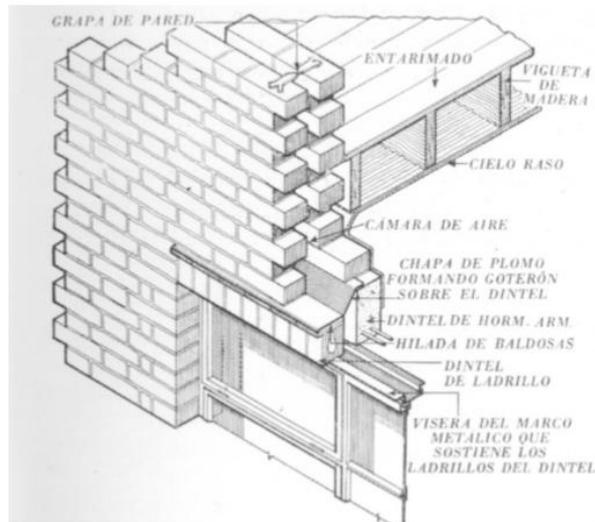


Ilustración 7. Detalle constructivo "Cavitywall".

8.1.2. Tabique pluvial

Se originó a mediados del siglo XX y de manera generalizada se utilizó como protección de las paredes medianeras. A la función principal de protección del agua y agentes atmosféricos, se le añade la función de ventilación del muro interior. Lo que en un principio se construía mediante fábrica de ladrillo ha evolucionado en la actualidad y se puede ver en forma de paneles prefabricados de varios materiales como fibrocemento, chapa prelacada, etc.

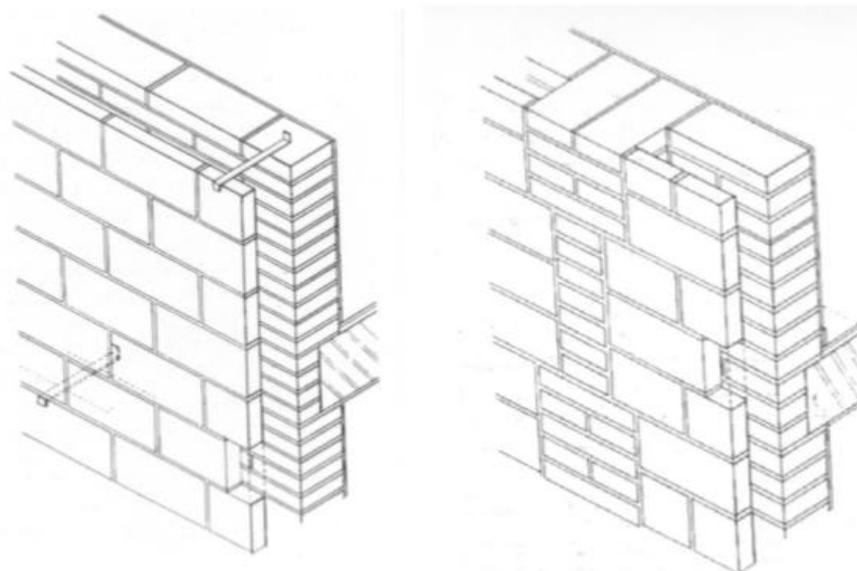


Ilustración 8. Esquema de la construcción del tabique pluvial

8.1.3. Construcción tipo *sándwich*

Es en los años 90 cuando nace el concepto de construcción con múltiples capas (tipo *sándwich*), en el que la parte de ladrillo se divide aún más empezando desde las prestaciones que se requiere y se recompone dando a cada capa una función única. Se busca la calidad en las actividades de construcción, calidad que corresponde a la individualización de cada situación con una respuesta tecnológica única adecuada.

A través de una serie de capas funcionales especializadas para satisfacer los resultados específicos cada dispositivo utiliza materiales apropiados para lograr los rendimientos específicos cada vez más complejos. Los materiales que se usan son cada vez más numerosos: desde los tradicionales, reinterpretados en nuevas técnicas, a los experimentados en diferentes áreas y adaptados a la construcción, hasta los que se podrían, a su vez, definir estratificados o especializados ya que son el resultado de la unión de diferentes materiales.

Estos dispositivos desarrollados poseen flexibilidad e integrabilidad, ya que están abiertos a continuos ajustes estructurales y funcionales que en muchos casos comportan la integración o sustitución de elementos. Cada elemento puede ser sustituido por otro elemento que enriquece la oferta del producto sin alterar el conjunto, o le devuelve funciones perdidas debido a la degradación relacionada con el uso. (Zambelli, 1998)

La capa de revestimiento, que a menudo tiene la función expresiva de todo el edificio, se ha adelgazado y retirado de la pared y de los elementos portantes, dejando que entre el recubrimiento y la capa exterior resistente se genere un canal de ventilación. Esta capa ahora posee un espesor muy inferior a la de las antiguas paredes de cargas de las paredes de ladrillo, por un lado consigue defender mejor al edificio de los tradicionales problemas atmosféricos y por otro lado, se convierte en una interfaz entre el edificio y el medio ambiente.

Las fachadas ventiladas se clasifican como una capa añadida al edificio tradicional, que se articulan en diferentes capas especializadas en determinadas funciones o rendimiento. La capa interior está diseñada principalmente para poder anclar el dispositivo y, en segundo lugar, para compensar cualquier irregularidad en los elementos de soporte y aportar un valioso apoyo a la capa de recubrimiento. El nivel exterior, el recubrimiento, es, sin embargo, el responsable de la protección del edificio de los agentes atmosféricos. Ambos se combinan para provocar movimientos verticales dentro de la pared, que son debidos a la convección del aire y pueden aportar beneficios en términos de reducción del calentamiento del edificio así como provocar la reducción de pérdida de calor.

8.2. Limitaciones de la fachada convencional

La evolución en el estudio de las fachadas ha tratado de superar problemas existentes como son, entre otros, los problemas de protección térmica, estanqueidad y estabilidad, que se mencionan a continuación.

8.2.1. Problemas de protección térmica

Durante los primeros años se cometieron errores por la ignorancia de esta solución y por la falta de confianza en la necesidad del incremento de aislamiento. Esta solución se presenta dudosa al ser el aislamiento difícil de colocar, y si queda suelto y el aire se mueve a su alrededor resulta ineficaz. Así pues, cuanto más eficaz sea el aislamiento más salto térmico existe entre la hoja interior y exterior de la fachada.

8.2.2. Problemas de estanqueidad

Este problema ocurre debido a movimientos térmicos y mecánicos diferenciales. También con la aparición de fisuras o grietas en la fachada del edificio, que supone la aparición de puntos débiles a través de los cuales el agua es capaz de atravesar el espesor de la pared posibilitando la aparición de procesos patológicos.

8.2.3. Problemas de estabilidad

Se presentan cuando se soportan esfuerzos de tracción, originando la aparición de grietas y fisuras en los muros convencionales. La diferencia entre grieta y fisura es que la primera atraviesa al elemento constructivo en todo su espesor y la segunda no. Tienen lugar por los apoyos, al producirse asentamientos.

8.3. Necesidades del mercado

Entre las necesidades por las que se surge una nueva tipología de fachada basada en una serie de capas funcionales especializadas con materiales apropiados destaca la necesidad de soluciones técnicas que mejoren la eficiencia energética de los cerramientos de edificios, y sus condiciones de sostenibilidad, sin menoscabo de sus prestaciones de confort y seguridad.

- Necesidad de ahorrar energía en los edificios (objetivo 20/20/20 de la Unión Europea), donde se gasta el 40% del consumo europeo, y que son responsable de un porcentaje muy significativo de las emisiones de CO₂
- Necesidad de un desarrollo más sostenible, donde la edificación consume superficie, recursos naturales, agua, productos químicos, grandes cantidades de residuos,....Hay que buscar soluciones constructivas que minimicen el impacto en el entorno.
- Necesidad de emplear sistemas de cerramientos en entornos especialmente ruidosos, que garanticen el confort acústico en el interior, sin que esto suponga un gran incremento en el coste económico.
- Hay que desarrollar soluciones que además de mejorar las prestaciones

energéticas, de confort, y de sostenibilidad, sean adaptables a las necesidades del cliente, y que sean industrializables y competitivas en precio con la construcción tradicional

- Se precisan soluciones que aun siendo ligeras (con una masa de entre un sexto y un décimo de un cerramiento tradicional), mantengan altas prestaciones energéticas, de inercia térmica, y acústicas.
- Se necesitan soluciones muy versátiles que se puedan particularizar igualmente para la rehabilitación energética de edificios, objetivo prioritario de la Unión Europea.

8.4. Fachada multicapa

En los últimos años se han propuesto y ensayado una serie de técnicas constructivas, cada una de la cual puede aportar soluciones a aspectos parciales de la fachada. La sabia combinación de estas propuestas, ya comprobadas, podría resultar en la nueva fachada que hoy se necesita.

Por ello, las fachadas multicapa son una tecnología muy flexible y completa que permite al proyectista personalizar el estilo arquitectónico y así expresar de forma concreta su creatividad. Están siempre fijadas a la estructura resistente del edificio, y suelen contribuir a aumentar la resistencia propia de la estructura. No obstante ha de estar diseñada para poder resistir por sí misma las acciones que inciden sobre sus componentes, en particular la presión y sobretodo la succión producida por el viento, y trasladar éstos empujes a la estructura general del edificio.

Estos cerramientos multicapas están formados por distintas capas y/o materiales, en donde cada una de ellas tiene una función específica para garantizar un excelente comportamiento; dependiendo de las condiciones y necesidades del usuario, la diversidad de materiales que se pueden utilizar y las distintas configuraciones de estas capas, dan como resultado altas prestaciones térmicas de este sistema constructivo. Para prestaciones acústicas, al ser un sistema de soluciones ligeras y de poca masa específica, tiene especial interés una adecuada disposición de las diferentes capas para obtener altas prestaciones acústicas.

“Los nuevos materiales permiten reducir espesores, consiguiendo ligereza en sentido de peso. Su especialización funcional posibilita optimizar la disposición de componentes. Son versátiles, aíslan o comunican incluso con adaptación cambiante con las necesidades.” (Rolando, 2015)

La utilización de estos sistemas ligeros con temperaturas exteriores inferiores a las de confort, se basa en la correcta utilización de todas las capas de los materiales que componen el cerramiento, en especial los aislantes térmicos, de baja

conductividad térmica.

Además, las exigencias higrotérmicas del cerramiento hacen necesario incluir una capa de material aislante (puede ser aire) en la solución de fachada. Dada la escasa resistencia mecánica del aislante, es necesario protegerlo por ambas caras (una hoja por el interior y otra al exterior). Estas hojas deben garantizar la estabilidad, transmisión de cargas a la estructura, la estanquidad y la apertura de huecos (ventanas y acristalamiento). La unión de las hojas con la estructura y la continuidad del asilamiento son factores críticos.

8.4.1. Componentes de la fachada multicapa

La fachada multicapa está compuesta principalmente de:

- Hoja o cara exterior
- Hoja o cara exterior
- Anclaje
- Entramado de sujeción
- Cámara de aire
- Aislamiento

8.4.2. Funciones que debe cumplir

8.4.2.1. Aislamiento del hábitat

La fachada debe estar preparada para proteger las edificaciones contra los agentes atmosféricos como son el viento, lluvia, nieve, etc. También de la humedad producida por estos, para evitar condensaciones y dilataciones que producen fisuras y grietas en las fachadas convencionales de ladrillo y así optimizar el confort térmico interior gracias a la cámara de aire que queda entre los dos muros.

a. Acción del viento

Uno de los parámetros fundamentales a la hora de fijar la resistencia mecánica de una fachada es el viento.

Cuando una corriente choca con un edificio aminora su flujo, haciendo que cierta cantidad llegue al interior mientras que la otra parte se desvía alrededor del propio edificio. En el lado que está frente al viento, llamado barlovento, se crea un área en el que el aire adquiere una mayor presión y es dirigido hacia el interior del edificio. En el lado opuesto o sotavento, la presión es menor y el flujo de aire va hacia fuera. A lo largo de este recorrido se forma a sotavento una zona de calma que se llena gradualmente de aire y la presión que no se escapa retorna hacia el edificio.

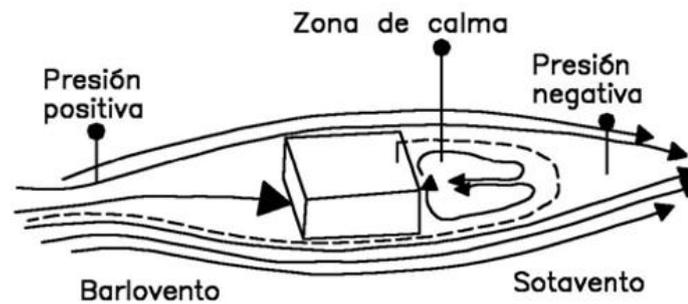


Ilustración 9. Acción del viento en un edificio

Es esta la razón por la que las acciones producidas por el viento adquieren especial importancia en este tipo de cerramientos. Tanto es así, que a partir de una determinada altura todas las piezas que forman parte de la hoja exterior o primera capa del edificio deben de disponer de sistemas de seguridad que eviten la caída y desprendimiento de piezas así como sistemas de fácil sustitución de las mismas.

b. Protección higrotérmica

Este tipo de fachadas aporta una especial protección atmosférica, produciéndose en éstas efectos diferenciados según las estaciones del año.

En verano se impide el recalentamiento de los parámetros exteriores impidiendo de esta forma que las temperaturas en el interior del edificio se eleven. Por el contrario, en invierno es el edificio el que trata de calentar el aire exterior, transmitiendo el calor del interior al exterior y evitando que el paramento exterior se enfríe. Además, el aislamiento garantiza el correcto comportamiento térmico de la solución.

c. Protección térmica

La protección térmica que se debe aportar está relacionada con la transferencia térmica que hay en el espacio comprendido entre la cara interior del aplacado y el cerramiento del edificio y responde a la interacción de distintas variables.

Con este tipo de cerramiento se reducen las fluctuaciones en la temperatura del aire disminuyendo los saltos térmicos y por tanto, la estabilidad dimensional de las piezas del conjunto, obteniéndose grandes ventajas de tipo energético. El aislamiento exterior reduce los saltos térmicos en la estructura mural, eliminando las radiaciones directas con la consiguiente protección de la envoltura del edificio. El color y la reflexión térmica que presente la superficie expuesta al sol también son factores de contribución a la inercia térmica.

8.4.2.2. *Protección de los elementos constructivos*

a. Resistencia mecánica

La fachada multicapa se puede instalar, en principio, sobre cualquier soporte, ya que no asume en sí misma ninguna función estructural adicional, y no se le confiere ninguna función resistente salvo la de transmisión de acciones horizontales (viento) a la estructura principal del edificio. La subestructura del sistema de fijación determinará el modo en el que las acciones del viento sobre las placas se transmiten al edificio. Por otro lado, este tipo de fachada suele suponer un aligeramiento del peso frente a la solución convencional.

b. Estanqueidad

La impermeabilidad del sistema debe de quedar garantizada. Esto se hará con provisiones en el diseño con objeto de que las aristas de las placas en la parte superior de la fachada y en los elementos de carpintería exterior o fábrica queden protegidos por viseras que no impidan el tiro de ventilación.

La ventilación de la cámara proporciona un secado rápido a las piezas de aplacado, además de lograr la rápida evaporación del agua de lluvia y evitando así las patologías en los materiales por la presencia de humedad. Además, la posición exterior del aislamiento respecto a la hoja interior evita en gran medida la aparición de condensaciones interiores.

c. Protección contra incendios

Se deben cumplir las limitaciones expuestas en el Documento Básico de Seguridad contra Incendios del Código Técnico de la Edificación.

d. Comportamiento acústico

En general los edificios tienen la necesidad de aislarse acústicamente del exterior, de tal modo que los niveles de ruido exterior no afecten al desarrollo de las labores interiores. Por tanto, salvo excepciones, las exigencias acústicas de los cerramientos serán siempre el aislamiento del exterior.

El aislamiento acústico es la atenuación que sufre el sonido al atravesar un elemento constructivo. Las estrategias utilizadas para conseguir incrementar el aislamiento acústico dependerán del medio de transporte que utiliza el ruido para propagarse. El medio dará lugar a los siguientes tipos de ruidos:

- Ruido aéreo
- Ruido de impacto
- Ruido de vibración

8.4.2.3. *Exigencias luminosas*

El objetivo energético de la iluminación natural es el de permitir que en el plano de trabajo se alcancen los niveles de iluminancia suficientes con un grado de confort adecuado.

A la hora del diseño de los componentes arquitectónicos involucrados en la iluminación natural surgen dos familias: los componentes de paso de la luz y los elementos de control de la luz.

Con relación a los componentes de paso de la luz, comprenden los diferentes tipos de huecos acristalados según todas sus características y su relación con el edificio:

- Ventanas y ventanales en fachada
- Muros cortina
- Muros y forjados traslúcidos
- Lucernarios y claraboyas

Los elementos de control de la luz son los dispositivos que permiten controlar la dirección e intensidad del paso de la luz a través de los componentes de paso. Van desde los más elementales, como las persianas, las cortinas o los toldos, a los más sofisticados, como los separadores prismáticos o los filtros solares.

8.4.2.4. *Aspecto exterior de edificio*

La fachada multicapa puede adaptarse a cualquier tipo de paramento y estructura, permitiendo gracias a los sistemas de anclaje que existen en el mercado, poder realizar en una misma cara de fachada distintos despieces de la placa que constituye la hoja exterior.

(Pardal & Paricio, 2006) (Adjemian, 2011)

8.5. *Fachada de madera*

La madera ha estado con el hombre desde los inicios de la historia de la construcción. Antiguamente la utilización de la madera fue más masiva, quebrándose la tradición de este tipo de construcción, debido a la aparición de nuevos materiales y sistemas constructivos más rápidos y económicos, lo que generó una disminución en el uso de la madera. Este material se ha utilizado en muchos países como revestimiento exterior de fachadas. En general, ésta se acababa con una pintura que requería de un mantenimiento regular, apoyándose en un soporte íntegramente realizado en madera.

La construcción moderna ha transgredido esta forma de construir, pues ahora se utilizan diferentes tipos de maderas como revestimiento exterior; desde coníferas hasta maderas tropicales e inclusive tableros, con diferentes formas de protección

(aceites, sales, termotratados), diferentes acabados (lasures, barnices), apoyos diferentes (desde madera hasta soportes tradicionales) y con procesos diferentes (desde montajes hasta paneles prefabricados).

Se conoce que el uso de la madera era mayor en tiempos pasados, ya que no existió la precaución por evitar la extinción de las diversas especies. Este material, como recurso natural renovable, ofrece grandes ventajas ambientales favoreciendo procesos de soporte al ecosistema. Con el paso del tiempo, las ciudades crecieron exponencialmente y por esto también el traslado de la madera a la ciudad se dificultaba aun más, no solo por los reducidos medios de transportes sino también por las dimensiones de comercialización de este material. Otra motivo importante fueron los grandes incendios que arrasaron una parte importante de la edificación en madera, generando con ello más inseguridad en la utilización de la madera como solución constructiva. Si le sumamos también la aparición del hormigón como material más accesible, económico, rápido y sin necesidad de mano de obra especializada. Ratificando con esto la disminución de la utilización de la madera en el área de la construcción.

En la actualidad con el advenimiento de nuevas tecnologías, la madera ha retomado su uso e importancia constructiva en todo el mundo. Como recurso natural renovable, ofrece grandes ventajas ambientales favoreciendo los procesos de soporte al ecosistema y brindando enormes garantías como materia prima de alto potencial mecánico y estético para la construcción. Siempre teniendo presente la explotación controlada de los bosques (preocupándose de los años que tardan en crecer las diversas especies). La madera, debido a la constante investigación de sus propiedades y de su correcta forma de utilización, ha podido evolucionar no sólo en las prestaciones que tiene sino que también, en la combinación con diversos materiales o bien, a partir de productos derivados, esto ha ayudado a un mejor uso respondiendo a la vez a las diversas necesidades.

Gracias a propiedades como aislante térmico y acústico, su fácil manipulación, disponibilidad, resistencia, belleza y durabilidad natural en los casos que es correctamente tratada e inmunizada –ya que se tiene registro de restos de madera casi intacta, en construcciones que datan del tiempos del imperio romano– la madera ha sido un material constructivo recurrente en la edificación, especialmente, en el revestimiento de fachadas. Aspectos como la especie indicada según la intensión estética del proyecto, o el tipo de tratamiento que se debe aplicar al material para alargar su vida útil –según las condiciones ambientales (sol, salinidad, hongos, humedad) a las que se verá expuesta– son vitales en los cálculos y estudios que adelantan los arquitectos que escogen madera para el uso en cuestión y que la destinan principalmente, a la cimentación de fachadas y a levantar edificios de poca

altura. (Burgos, 2009)

En España, la incursión de la madera en la construcción actual en igualdad de condiciones que el resto de materiales para uso estructural se debe a la aprobación de la normativa Código Técnico de la Edificación CTE (2006) que incluye el Documento Básico de Seguridad Estructural (SE-M). Anteriormente la Ley de Ordenación de la Edificación (Ley 38/1999) dificultó el empleo de la madera desde el punto de vista estructural, con las reservas presentadas por los Organismos de Control de Calidad (OCT) y las Compañías Aseguradoras. Asimismo, la publicación en 2010 de la Directiva 2010/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios, tiene por objeto promover la eficiencia energética de los edificios. A partir del 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos deben tener un consumo de energía casi nulo y los nuevos edificios públicos deben cumplir los mismos criterios después del 31 de diciembre de 2018.

9. NORMATIVA DE APLICACIÓN EN LAS FACHADAS EN EL ÁMBITO ESPAÑOL

En los próximos apartados se estudiará la normativa de aplicación referente a las fachadas vigente en nuestro país, así como la evolución que ésta ha experimentado en los últimos años hasta llegar a la normativa actual: el CTE. También se realizará una comparativa entre la regulación anterior y la vigente en la actualidad, procurando abordar lo referente a las fachadas.

9.1. Historia

La normativa técnica que regulaba el sector de la edificación en el ámbito español era conocida desde 1957 como normas MV y era competencia del Ministerio de Vivienda. En el año 1977 el Gobierno aprobó una normativa unificada compuesta por los siguientes documentos:

- Normas básicas de la edificación (NBE)
- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE), fueron añadidas a las anteriores para completar el marco regulatorio.
- Soluciones Homologadas de la Edificación (SHE), que completaban las normas creadas en 1977 pero su desarrollo no tuvo lugar. Estas hubieran completado a los Documentos de Idoneidad Técnica (DIT), evaluaciones técnicas favorables para las soluciones innovadoras frente a las soluciones constructivas convencionales.

En este marco normativo, se publica la Ley 38/1999, de 5 de noviembre de Ordenación de la Edificación (LOE), respondiendo a la necesidad de actualizar esta regulación. Esta Ley "tiene por objeto regular en sus aspectos esenciales el proceso de la edificación, estableciendo las obligaciones y responsabilidades de los agentes que intervienen en dicho proceso, así como las garantías necesarias para el adecuado desarrollo del mismo, con el fin de asegurar la calidad mediante el cumplimiento de los

requisitos básicos de los edificios y la adecuada protección de los intereses de los usuarios”.

Es la LOE, en el año 2006, la que define el Código Técnico de la Edificación, estableciendo los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad de las construcciones y agrupando toda la legislación dispersa existente sobre la edificación. Actualmente, es el código de edificación en vigor en el país y sus exigencias intervienen en las fases de proyecto, construcción, mantenimiento y conservación.

Este nuevo marco normativo en materia de edificación era necesario, ya que en los últimos tiempos este sector se ha convertido en uno de los principales sectores económicos de este país, siendo un importante precursor del crecimiento económico y presentando evidentes repercusiones en el conjunto de la sociedad. Además, los requisitos básicos demandados a los edificios cada vez son más elevados, ya que el usuario no se conforma con el cumplimiento de los aspectos de seguridad en los edificios sino que también busca un elevado nivel de confort y bienestar. A esto hay que sumarle la creciente preocupación por los temas relacionados con el medio ambiente y la sostenibilidad, que hacen que la sociedad española exija requerimientos muchos mayores que hace unas décadas.

“Ante la creciente demanda de calidad por parte de la sociedad, la Ley establece los requisitos básicos que deben satisfacer los edificios de tal forma que la garantía para proteger a los usuarios se asiente no sólo en los requisitos técnicos de lo construido sino también en el establecimiento de un seguro de daños o de caución. Estos requisitos abarcan tanto los aspectos de funcionalidad y de seguridad de los edificios como aquellos referentes a la habitabilidad.”Ley 38/1999 - LOE

9.2. El código técnico de la edificación: estructura y contenido

Como se ha mencionado anteriormente, el Código Técnico de la Edificación (CTE) es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

Se trata de un código basado en prestaciones y objetivo, que son el conjunto de características objetivas de un edificio que contribuyen a determinar su aptitud para responder a las diferentes funciones para las que fue diseñado, adoptando así un enfoque internacional más moderno. El CTE se encarga de enunciar los criterios que deben cumplir los edificios pero deja abierta la forma en que deben cumplirse estas reglas, permitiendo la configuración de un entorno normativo más flexible.

De esta forma, el CTE favorece el desarrollo de tareas de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), así como un aumento del uso de las nuevas tecnologías en el sector de la construcción, ya que integra de forma más directa los avances

logrados gracias a estas actividades. Así, el enfoque de prestaciones permite la utilización de innovaciones técnicas sin perder de vista los elementos tradicionales del método de la construcción.

Se trata de un código basado en prestaciones u objetivos, adoptando así el enfoque internacional más moderno en materia de normativa de edificación. De este modo se consigue fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico. El uso de una reglamentación basada en prestaciones permite que el entorno normativo pueda actualizarse más fácilmente a medida que evoluciona la técnica; así se potencia el uso de nuevas técnicas y prácticas constructivas, y se consigue aumentar la competitividad y eficiencia en el sector de la construcción.

El Código Técnico de la Edificación está dividido en dos partes, ambas de carácter reglamentario.

En la primera se detallan todas las exigencias en materia de seguridad y de habitabilidad que son preceptivas a la hora de construir un edificio, según la Ley de Ordenación de la Edificación. Está subdividida a su vez en varias secciones referidas cada una de ellas a las distintas áreas que deben regularse. En el ámbito de la seguridad nos encontramos las disposiciones referidas a la seguridad estructural, la seguridad en caso de incendios y la seguridad de utilización. Mientras, en el área de habitabilidad están incluidos los requisitos relacionados con la salubridad, la protección frente al ruido y el ahorro de energía.

La segunda parte se compone de los Documentos Básicos (DB), que son textos de carácter técnico que se encargan de trasladar al terreno práctico las exigencias detalladas en la primera parte del CTE. Cada uno de los documentos incluye límites y la cuantificación de las exigencias básicas y una relación de procedimientos que permiten cumplir las exigencias.

La segunda está formada por los denominados Documentos Básicos (DB), para el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE. Estos Documentos, basados en el conocimiento consolidado de las distintas técnicas constructivas, se actualizarán en función de los avances técnicos y las demandas sociales y se aprobarán reglamentariamente.

Los DB contienen:

- La caracterización de las exigencias básicas y su cuantificación mediante el establecimiento de los niveles o valores límite de las prestaciones de los edificios.
- Unos procedimientos cuya utilización acredita el cumplimiento de las exigencias básicas.

Los Documentos Básicos desarrollados son los siguientes:

- DB SE: Seguridad estructural
 Constituye la base para cuya correcta aplicación son necesarios igualmente los siguientes cinco documentos:
 - DB SE-AE: Acciones en la edificación
 - DB SE-A: Estructuras de acero
 - DB SE-F: Estructuras de fábrica
 - DB SE-M: Estructuras de madera
 - DB SE-C: Cimentaciones
- DB SI: Seguridad en caso de incendio
- DB SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad
- DB HE: Ahorro de energía
- DB HR: Protección frente al ruido
- DB HS: Salubridad

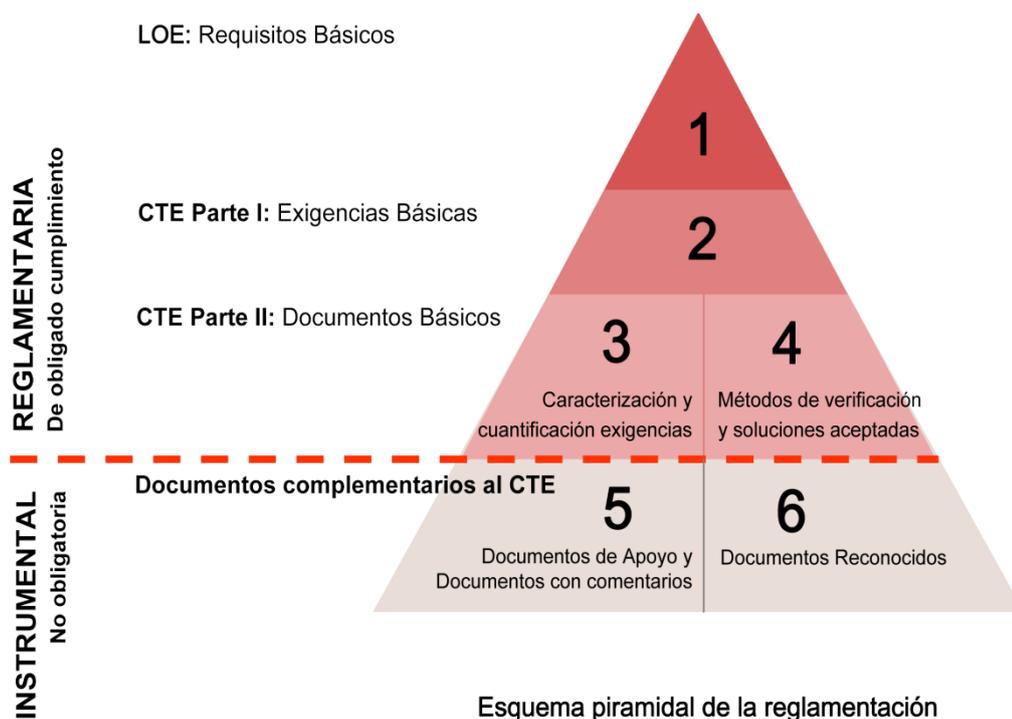


Ilustración 10. Esquema piramidal de la reglamentación

Para justificar que un edificio cumple las exigencias básicas que se establecen en el CTE puede optarse por:

- adoptar soluciones técnicas basadas en los DB
- adoptar soluciones alternativas que se aparten de los DB, siempre que justifique documentalmente que el edificio proyectado cumple las exigencias básicas del CTE porque sus prestaciones son, al menos, equivalentes a los que

se obtendrían por la aplicación de los DB.

En este proyecto, los DB necesarios para establecer los requerimientos mínimos para fachadas multicapas serán el DB HE, el DB SE-AE, el DB-SI, el DB-SU y el DB-HS, siendo el más importante el DB HE, ya que para el diseño de la fachada óptima los aspectos de eficiencia energética serán fundamentales.

9.3. Comparativa entre la antigua normativa y el nuevo CTE

Con la aparición del nuevo CTE es la escena reglamentaria española, la antigua normativa básica deja de aplicarse, ya que el CTE recoge el contenido de las NBE. Aunque el CTE aglutina la mayoría de las normativas de edificación de España, existen otras que siendo vigentes no pertenecen al CTE, como son la Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE-08) o la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE). Estas coexisten con el CTE, siendo referencias externas al mismo.

La principal innovación del CTE respecto a la normativa anterior está en su enfoque. Así, las NBE tenían un carácter prescriptivo, ya que establecían procedimientos o guías técnicas para conseguir los objetivos marcados, pudiendo resultar un impedimento a la innovación y al desarrollo tecnológico. Sin embargo, en el nuevo CTE se establecen explícitamente los objetivos y el modo de alcanzarlos, sin obligar al uso de un procedimiento o solución determinados. De esta manera, se impone el concepto de las prestaciones u objetivos, definidas como el *“conjunto de características del edificio, cualitativas o cuantitativas, identificables objetivamente que contribuyen a determinar su aptitud para responder a diferentes funciones para las que ha sido diseñado”*.

A continuación se procederá a realizar un análisis comparativo entre los DB del nuevo CTE que afectan al diseño de fachadas y sus correspondientes NBEs. Las tablas mostradas a continuación han sido tomadas del proyecto “Requerimientos de fachadas acristaladas en edificios de oficinas según el nuevo Código Técnico de la Edificación” de Eva Cuerva Contreras.

9.3.1. Ahorro de energía (DB HE1)

“El objetivo del requisito básico “Ahorro de energía” consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.” (Código Técnico de la Edificación)

La exigencia de ahorro de energía es la que supone una mayor novedad entre la antigua normativa y el nuevo CTE, ya que en éste último se han incorporado diversas exigencias respecto a la limitación de la demanda energética del edificio que antes no existían. Concretamente, el objetivo del documento es, según el CTE, una reducción

media de la demanda de calefacción en el edificio de un 25% en relación con la situación actual. Se hará referencia a aquellas medidas que afecten directamente al diseño de la fachada que se trata, dividiendo la norma en diferentes bloques para realizar la comparación antes mencionada, para finalmente elaborar una lista de todos los requerimientos que el CTE exigen el caso de fachadas acristaladas de edificios de oficinas.

- Objetivos

Objetivos	
CTE-HE1	NBE-CT-79
Requisito Básico HE1  <u>Limitación Demanda Energética</u>  Limitar el Consumo Total de los edificios en términos de calefacción/refrigeración	<i>“Fomentar una adecuada construcción de los edificios para hacer frente a los problemas derivados del encarecimiento de la energía”</i>  <ul style="list-style-type: none"> • Establece condiciones térmicas exigibles a los edificios • Pretende controlar la demanda energética del edificio controlando sólo su demanda de calefacción

Tabla 2. Comparativa objetivos CTE-HE1 y NBE-CT-79

- Exigencias mínimas. Caracterización y cuantificación

Exigencias mínimas. Caracterización y cuantificación		
	CTE-HE1	NBE-CT-79
Demanda Energética	<p>Actuación sobre los cerramientos</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> Establece valores límite para los parámetros característicos de la envolvente térmica. En fachada, limita: <ul style="list-style-type: none"> transmitancia térmica de muros de fachada y huecos: U_M, U_H factor solar de huecos: F_H Considera la demanda de calefacción y refrigeración Demanda = f (clima, ubicación, envolvente, uso edificio) <p>Envolvente = forma, orientación, % vidrio en fachada, características constructivas, permeabilidad al aire.</p> <p>Ubicación = acceso solar, control solar</p>	<p>Actuación sobre los cerramientos</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> Limita la transmitancia térmica global del cerramiento (K_G) <ul style="list-style-type: none"> sólo limita las pérdidas por transmisión en régimen permanente sólo considera la demanda de calefacción $K_G < K_{Gref}$, con $K_{Gref} = f$ (clima, compacidad) Limita la transmitancia térmica de cada uno de los elementos del cerramiento (k) La demanda obtenida es un 25% mayor que si se construyera el edificio según el CTE-HE1
Condensaciones	<ul style="list-style-type: none"> Superficiales: se evita la formación de moho limitando la H_r media mensual de las superficies interiores al 80% Intersticiales: máx. condensación acumulada en un año < cantidad evaporación posible en ese año 	<ul style="list-style-type: none"> Superficiales: H_r interior $\leq 75\%$ Intersticiales: actuar sobre los materiales según su permeabilidad al vapor de agua
Permeabilidad al aire de las carpinterías de los huecos	<p>Clasificación por zonas climáticas</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> Zonas A y B: $p = 50 \text{ m}^3 / \text{h m}^2$ Zonas C, D y E: $p = 27 \text{ m}^3 / \text{h m}^2$ 	<p>Clasificación por zonas climáticas</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> Zonas A y B mapa 1: Clase de estanqueidad A-1 $p \leq 50 \text{ m}^3 / \text{h m}^2$ Zonas C, D y E mapa 1: Clase de estanqueidad A-2 $p \leq 20 \text{ m}^3 / \text{h m}^2$

Tabla 3. Comparativa exigencias mínimas para edificios según CTE-HE1 y NBE-CT-79

- Métodos de verificación de exigencias

Métodos de verificación de exigencias		
	CTE-HE1	NBE-CT-79
Opción Simplificada	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicabilidad: <ul style="list-style-type: none"> - % huecos fachada < 60% $A_{fachada}$ - % lucernarios < 5% $A_{cubierta}$ - cerramientos convencionales • Pasos previos a la aplicación <ul style="list-style-type: none"> - determinar zonificación climática - definir la envolvente térmica - clasificar los espacios • Aplicación <ul style="list-style-type: none"> - cálculo limitación demanda energética → limitación U y F_H - cálculo condensaciones - cálculo permeabilidad al aire de las carpinterías de los huecos • Solución final → Fichas justificativas 	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Cálculo coef. transmisión térmica k de todos los elementos</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Cálculo coef. global transmisión térmica del edificio KG</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Comprobación: $K_{Gcálculo} \leq K_{Gmáx}$</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Solución</div>
Opción General	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicabilidad: casos no contemplados en la Opción Simplificada • Pasos previos a la aplicación <ul style="list-style-type: none"> - determinar zonificación climática - definir la envolvente térmica - clasificar los espacios • Aplicación <ul style="list-style-type: none"> - introducir edificio objeto en [1] - generar edificio de referencia (internamente con [1]) - comparación demandas: $D_{Eobjeto} \leq D_{Ereferencia}$ - cálculo condensaciones - cálculo permeabilidad al aire de las carpinterías de los huecos • Solución final → Documento administrativo justificativo 	<p>$A_{TOTcerramiento}$</p> <p>$V_{edificio} \rightarrow$</p> <p>Factor forma</p> <p>$K_{Gmáx} = f$ (factor forma, zona climática, tipo calefacción) →</p> <p>cálculo condensaciones →</p>

Tabla 4. Comparativa métodos verificación de exigencias según CTE-HE1 y NBE-CT-79

- Métodos de verificación: Consideraciones previas

Métodos de verificación: Consideraciones previas		
	CTE-HE1	NBE-CT-79
Zonificación climática	Establece 1 única zonificación  <ul style="list-style-type: none"> • Zonificación única <ul style="list-style-type: none"> - se hace en función de la severidad climática en invierno y verano - define 12 zonas climáticas - se contemplan las combinaciones de regímenes de calefacción y refrigeración de todas las localidades españolas 	Establece 2 zonificaciones diferentes  <ul style="list-style-type: none"> • Zonificación A <ul style="list-style-type: none"> - en función de los grados-día y sólo durante el periodo de calefacción. - define 5 climas (A, B, C, D y E) - se utiliza para fijar condiciones térmicas básicas de los edificios • Zonificación B <ul style="list-style-type: none"> - en función de la temperatura mínima media de enero. - define 5 climas (V, W, X, Y y Z) - se utiliza para predecir las condensaciones
Clasificación de los espacios	Habitables: para uso permanente u ocasional de personas  <ul style="list-style-type: none"> • En función de la cantidad de calor disipada en su interior: <ul style="list-style-type: none"> - de Alta Carga Interna - de Baja carga Interna <i>definen la Demanda Energética</i> • En función del exceso de humedad interior: <ul style="list-style-type: none"> - clase de higrometría 5 - clase de higrometría 4 - clase de higrometría 3 o inferior (si H_r Interior = cte debido al sistema de climatización → se usará H'_r Interior = H_r Interior + 0,05) <i>definen las Condensaciones</i> 	1 única división  <ul style="list-style-type: none"> • En función del tipo de energía empleada para la calefacción: <ul style="list-style-type: none"> - Caso I: combustibles sólidos, líquidos o gaseosos - Caso II: edificios sin calefacción o calefactados con energía eléctrica directa por efecto Joule
	No Habitables: no destinados al uso de personas	

Métodos de verificación. Condiciones previas		
	CTE-HE1	NBE-CT-79
Orientación del edificio	Distribución de orientaciones desigual  <ul style="list-style-type: none"> • Régimen de calefacción <ul style="list-style-type: none"> - Problema → pérdida de calor por el cerramiento - Solución → limitar U → es más estricto con las fachadas de menor acceso solar • Régimen de refrigeración <ul style="list-style-type: none"> - Problema → ganancia de calor por el vidrio - Solución → limitar F → es más estricto con las fachadas de mayor acceso solar <p>Problemática principal: Refrigeración</p>  <p>CTE más estricto con las orientaciones S y SE/SO</p>  <ul style="list-style-type: none"> • Distribución de orientaciones: <ul style="list-style-type: none"> - N: 120° - E/O: 51° - SE/SO: 51° - S: 36° 	No se tiene en cuenta

Métodos de verificación. Condiciones previas		
	CTE-HE1	NBE-CT-79
Compacidad del edificio	No se tiene en cuenta	<ul style="list-style-type: none"> • Se tiene en cuenta a través del Factor de Forma del edificio (f) <ul style="list-style-type: none"> - $f = \frac{\sum \text{Scerramiento}}{\text{Vedificio}}$ - f influye en el coef. de transmisión térmica global máximo permitido para el edificio, $K_{G\text{máx}}$ - si $\uparrow f \rightarrow K_G \downarrow$ - se penaliza el uso de tipologías poco compactas, permitiendo para esos casos una menor transmisión máxima por unidad de superficie
Permeabilidad al aire de las carpinterías de los huecos	En función de la zona climática	En función de la zona climática
Limitación condensaciones superficiales en cerramientos	$H_{r \text{ media mensual}} \leq 80\%$	$H_{r \text{ media}} \leq 75\%$

Tabla 5. : Comparativa condiciones previas aplicación métodos de verificación según CTE-HE1 y NBE-CT-79

La última versión de este documento es el “Documento con comentarios del Ministerio de Fomento (versión marzo 2016) “

9.3.2. Acciones en la edificación (DB SE-AE)

Es en este documento básico DB SE-AE en el que se encuentra la principal diferencia que presenta el CTE respecto al NBE, en el ámbito de las acciones a considerar en el caso particular del proyecto que se está tratando, es decir, que afecten a las fachadas. En éste se establecen las acciones en fachada y formas que deben aplicarse.

Procediendo del mismo modo al seguido en el caso anterior, se obtienen las siguientes tablas comparativas:

- Acciones consideradas en fachadas

Acciones consideradas		
Acciones Permanentes	CTE-SE-AE	NBE-AE/88
	Peso propio de la fachada	Sin diferencias respecto al CTE-SE-AE
Acciones Variables	Acción del viento Acciones térmicas	Sin diferencias respecto al CTE-SE-AE

Tabla 6. Comparativa acciones que actúan sobre la fachada según CTE-SE-AE y NBE-AE-88

- Acciones permanentes sobre la fachada

Acciones consideradas		
Peso propio de la fachada	CTE-SE-AE	NBE-AE/88
	<ul style="list-style-type: none"> • Se asigna como carga local a los forjados • Si la fachada es continua, se considera (del lado de la seguridad) que todo el peso gravita sobre el forjado de planta baja. • El valor característico del peso propio es el valor medio del peso de la fachada (obtenido de sus dimensiones nominales y pesos específicos medios) 	Sin diferencias respecto al CTE-SE-AE

Tabla 7. Comparativa acciones que actúan sobre la fachada según CTE-SE-AE y NBE-AE-88

- Acciones variables sobre la fachada

Acción del viento																														
	CTE-SE-AE	NBE-AE/88																												
Cálculo general de la acción del viento	<ul style="list-style-type: none"> • Presión estática, $q_e \rightarrow$ fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto. $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad (kN/m^2)$ <ul style="list-style-type: none"> - q_b = presión dinámica viento (kN/m^2) - c_e = coeficiente exposición - c_p = coeficiente eólico o de presión 	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarga del viento sobre un elemento superficial $p = w \cdot c_{TOT} \cdot k \quad (kg/m^2)$ <ul style="list-style-type: none"> - w = presión dinámica viento (kN/m^2) - c = coef. eólico total - k = factor eólico de esbeltez 																												
Cálculo de la componente de presión dinámica	$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (kN/m^2)$ <ul style="list-style-type: none"> - v_b = velocidad viento (m/s) - ρ = densidad del aire = 1,25 kg/m^3 	$w = v^2 / 16 \quad (kg/m^2)$ <ul style="list-style-type: none"> - v = velocidad del viento (m/s) 																												
Valores de referencia de la velocidad del viento	<p>Se determina en función de un mapa eólico, que divide España en tres zonas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zona A $\rightarrow v_b = 26$ m/s - Zona B $\rightarrow v_b = 27$ m/s - Zona C $\rightarrow v_b = 29$ m/s 	<p>Se determina en función de la altura de coronación del edificio y su situación topográfica. No zonifica por mapa eólico</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Altura de coronación del edificio sobre el terreno en m, cuando la situación topográfica es</th> <th colspan="2">Velocidad del viento v</th> </tr> <tr> <th>Normal</th> <th>Expuesta</th> <th>m/s</th> <th>km/h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>De 0 a 10</td> <td>—</td> <td>28</td> <td>102</td> </tr> <tr> <td>De 11 a 30</td> <td>—</td> <td>34</td> <td>125</td> </tr> <tr> <td>De 31 a 100</td> <td>De 0 a 30</td> <td>40</td> <td>144</td> </tr> <tr> <td>Mayor de 100</td> <td>De 31 a 100</td> <td>45</td> <td>161</td> </tr> <tr> <td>—</td> <td>Mayor de 100</td> <td>49</td> <td>176</td> </tr> </tbody> </table>	Altura de coronación del edificio sobre el terreno en m, cuando la situación topográfica es		Velocidad del viento v		Normal	Expuesta	m/s	km/h	De 0 a 10	—	28	102	De 11 a 30	—	34	125	De 31 a 100	De 0 a 30	40	144	Mayor de 100	De 31 a 100	45	161	—	Mayor de 100	49	176
Altura de coronación del edificio sobre el terreno en m, cuando la situación topográfica es		Velocidad del viento v																												
Normal	Expuesta	m/s	km/h																											
De 0 a 10	—	28	102																											
De 11 a 30	—	34	125																											
De 31 a 100	De 0 a 30	40	144																											
Mayor de 100	De 31 a 100	45	161																											
—	Mayor de 100	49	176																											

Determinación de coeficientes	<ul style="list-style-type: none"> • Coeficiente de exposición: c_e se determina en función del grado de aspereza del entorno y la altura sobre el terreno del punto considerado. 	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene en cuenta el c_e • Factor eólico de esbeltez: k la acción del viento es mayor si la esbeltez del edificio es grande. <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tr> <td style="text-align: center;"> $\frac{h}{b}$ si $h > b$ </td> <td style="text-align: center;">1 a 5</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">60 o mayor</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> $\frac{b}{h}$ si $b > h$ </td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Factor eólico de esbeltez k</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1,25</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> </tr> </table>	$\frac{h}{b}$ si $h > b$	1 a 5	10	60 o mayor	$\frac{b}{h}$ si $b > h$				Factor eólico de esbeltez k	1	1,25	1,50
	$\frac{h}{b}$ si $h > b$	1 a 5	10	60 o mayor										
$\frac{b}{h}$ si $b > h$														
Factor eólico de esbeltez k	1	1,25	1,50											
<ul style="list-style-type: none"> • Coeficiente eólico: c_p, c_s en edificios de pisos compartimentados interiormente: <ul style="list-style-type: none"> - c_p = coef. de presión en la fachada a barlovento - c_s = coef. de succión en la fachada a sotavento – - $c = c_p + c_s = f$ (esbeltez edificio) 	<ul style="list-style-type: none"> • Coeficiente eólico: c <ul style="list-style-type: none"> - c_1 = coef. de presión en la fachada a barlovento - c_2 = coef. de succión en la fachada a sotavento - $c = c_1 + c_2 = f$ [tipo construcción (plana, curva rugosa, curva lisa), ángulo de incidencia del viento en la superficie] 													

Tabla 8. Comparativa acción del viento sobre la fachada según CTE-SE-AE y NBE-AE-88

9.3.3. Seguridad en caso de incendio (DB SI)

“El objetivo del requisito básico “Seguridad en caso de incendio” consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.” (Código Técnico de la Edificación)

La nueva normativa referente a la protección contra incendios del CTE (DB SI) no cuenta con grandes diferencias con respecto a la NBE, ya que la antigua era relativamente reciente.

La innovación que presenta el DB-SI está dirigido a limitar el riesgo de propagación del fuego por el exterior del edificio, afectando directamente al diseño de

Acciones térmicas		
	CTE-SE-AE	NBE-AE/88
Temperatura de referencia	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura referencia (T_{ref}): media anual del emplazamiento • Temperaturas máxima/mínima del aire exterior ($T_{m\acute{a}x}/T_{m\acute{i}n}$): en función de las temperaturas máximas/mínimas (verano/ invierno) y la altitud del emplazamiento 	No establece temperaturas de referencia según zonificación climática
Cálculo	<ul style="list-style-type: none"> • Variación de temperatura en la estructura en función de estación: <i>invierno (contracción)</i> $\Delta T_v = [T_{m\acute{a}x} + \Delta T_{radiación\ solar}] - T_{ref}$ <i>verano (dilatación)</i> $\Delta T_v = [T_{m\acute{a}x} + \Delta T_{radiación\ solar}] - T_{ref}$ con $\Delta T_{radiación\ solar} = f(\text{color fachada, orientación})$ 	<ul style="list-style-type: none"> • La variación de temperatura en la estructura no es función de estación: <ul style="list-style-type: none"> ✓ estructuras metálicas a la intemperie y radiación solar directa: $\pm 30^\circ\text{C}$ ✓ estructuras a la intemperie en otros casos: $\pm 20^\circ\text{C}$ • No tiene en cuenta la orientación ni las características de la fachada
Juntas de Dilatación	En edificios habituales de estructura hormigón/acero con juntas de dilatación cada 40 m \rightarrow no se consideran las acciones térmicas	Sin diferencias respecto al CTE-SE-AE

Tabla 9. Comparativa acciones térmicas sobre la fachada según CTE-SE-AE y NBE-AE-88

la fachada y a las características que estas deben cumplir.

A continuación se muestran las tablas comparativas procediendo del mismo modo que en los casos anteriores.

- Compartimentación en sectores de incendio

Compartimentación en sectores de incendio		
	CTE-SI	NBE-CPI-96
Superficie máxima construida por sector	2500 m ²	2500 m ²

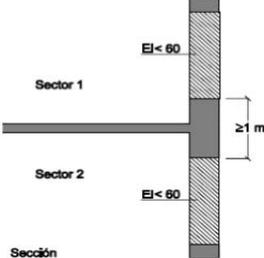
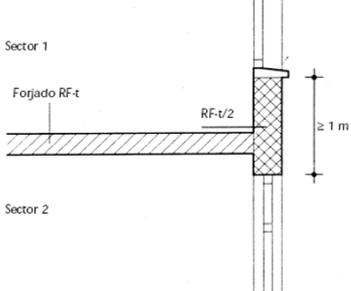
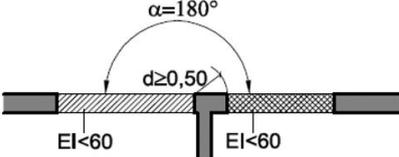
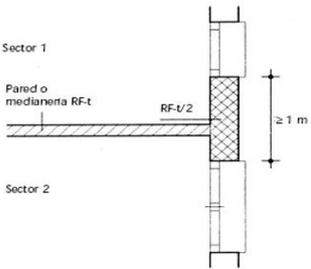
Tabla 10. Comparativa superficie máxima de cada sector de incendios según CTE-SI y NBE-CPI-96

- Resistencia al fuego de la estructura

Resistencia al fuego de la estructura		
	CTE-SI	NBE-CPI-96
Elementos estructurales principales (forjados, vigas, soportes)	Uso Administrativo $H_{\text{evacuación}}$ edificio $\geq 28\text{m}$  R 120	Sin diferencias respecto al CTE-S

Tabla 11. Comparativa resistencia al fuego de elementos estructurales según CTE-SI y NBE-CPI-96

- Propagación exterior al fuego

Propagación exterior al fuego		
	CTE-SI	NBE-CPI-96
Fachadas	<ul style="list-style-type: none"> • Limitación propagación vertical por fachada entre 2 sectores de incendio <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">fachada al menos EI 60 en una franja de $H \geq 1$ m de altura</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitación propagación vertical <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">encuentro forjado-fachada → en una franja de $H \geq 1$ m de altura:</p> $RF_{\text{fachada}} \geq \frac{1}{2} RF_{\text{forjado}}$ 
	<ul style="list-style-type: none"> • Limitación propagación exterior horizontal por fachada entre 2 sectores de incendio <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">los puntos de fachada con EI < 60 estarán separados una distancia $d \geq 0,50$ m en fachadas a 180°</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitación propagación horizontal <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">encuentro pared-fachada → franja de $H \geq 1$ m ancho con $RF_{\text{fachada}} \geq 0,5 RF_{\text{forjado}}$</p> 

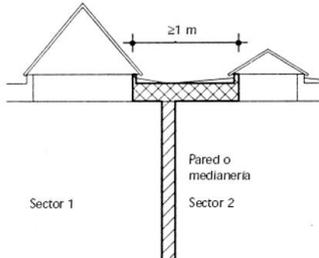
Cubiertas	<p>RF encuentros cubierta - elementos de compartimentación</p> <p>↓</p> <p>cubierta REI 60 en una franja de 1 m de anchura</p>	<p>RF encuentros cubierta-compartim.</p> <p>↓</p> <p>$RF_{\text{cubierta}} \geq 0,5 RF_{\text{elem.compartiment.}}$ en una franja de 1 m de anchura</p> 
------------------	--	--

Tabla 12. Comparativa propagación exterior del fuego en edificios según CTE-SI y NBE-CPI-96

- Intervención de los bomberos

Intervención de los bomberos		
	CTE-SI	NBE-CPI-96
Accesibilidad por fachada	<p>Fachadas edificios con $H_{\text{evacuación descendente}} \geq 9 \text{ m}$</p> <p>↓</p> <p>Huecos accesibles a los bomberos. Condiciones a cumplir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altura máxima del alféizar de la ventana respecto al nivel de la planta a la que se accede de 1,20m • Dimensiones mínimas hueco <ul style="list-style-type: none"> - horizontal: 0,80 m - vertical: 1,20 m • Distancia máxima entre 2 huecos consecutivos en fachada de 25 m 	Sin diferencias respecto al CTE-SI

9.3.4. Salubridad (DB HS)

“El objetivo del requisito básico “Higiene, salud y protección del medio ambiente”, tratado en adelante bajo el término salubridad, consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades, así como el riesgo de que los edificios se deterioren y de que deterioren el medio ambiente en su entorno

inmediato, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.” (Código Técnico de la Edificación)

En este ámbito, la reglamentación será relativa a la protección frente a la humedad, en las distintas formas y partes del edificio. Para ello, se define un procedimiento de verificación para limitar los problemas causados por la humedad, procedimiento que, de manera esquemática, consiste en:

- ✓ Determinar el grado de impermeabilidad de los cerramientos en contacto con el exterior, según las especificaciones.
- ✓ Determinar las características de los puntos singulares según las especificaciones.
- ✓ Cumplimiento de las condiciones relativas a los productos de la construcción.
- ✓ Cumplimiento de las condiciones de construcción.
- ✓ Cumplimiento de las condiciones de mantenimiento y conservación.

Como en los casos anteriores, este apartado se centrará en la aplicación del DB a las fachadas. En concreto, se expondrán los criterios de diseño de la fachada para limitar humedades, en relación al grado de impermeabilidad exigido. Una vez se diseñe la fachada, se comprobará que los materiales constructivos utilizados cumplen con los requerimientos mínimos que aquí se expondrán.

Por último, la comprobación de la limitación de humedades de condensación superficiales e intersticiales debe realizarse según lo establecido en la Sección HE-1 Limitación de la demanda energética del DB HE Ahorro de energía.

Diseño de fachada para limitar humedades
Grado de impermeabilidad
<ul style="list-style-type: none"> • $G_{impermeab.} = f(\text{zona pluviométrica de promedios, grado exposición al viento})$ • Zona pluviométrica obtenida del mapa de índice pluviométrico anual (Figura 2.4.HS1) • $\text{Grado exposición viento} = f(\text{altura edificio, zona eólica ubicación, clase entorno})$ <ul style="list-style-type: none"> - zona eólica según mapa (Figura 2.5 HS1). - clase entorno según clasificación del DB SE.

Tabla 13. Condiciones del diseño de la fachada para limitar humedades según CTE-HS1

9.3.5. Seguridad de utilización y accesibilidad (DB SUA)

“El objetivo del requisito básico “Seguridad de utilización y accesibilidad” consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios sufran daños inmediatos en el uso previsto de los edificios, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento, así como en facilitar el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura de los mismos a las personas con discapacidad” (Código Técnico de la Edificación)

Las exigencias básicas de seguridad frente a riesgo de impacto o atrapamiento (SUA2) y de seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo, no son directamente aplicables a los cerramientos de fachada en la forma en que se describen en el Artículo 12.2 y 12.8 del CTE ya que estos artículos se refieren a reducir el riesgo de que los usuarios puedan sufrir estas acciones y no se refieren al riesgo de que estas acciones las sufran los sistemas constructivos.

El DB SUA establece medidas para mejorar la calidad de ciertos elementos de los edificios, como pavimentos, escaleras o barandillas, con el fin de reducir los accidentes en los edificios.

9.3.6. Instalaciones de iluminación (DB HE3)

Además de la limitación de la demanda expuesta en el punto 4.2.3.1., el DB HE trata en su sección 3 la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación e incorpora la obligación de disponer un sistema de control que optimice el aprovechamiento de la luz natural. Esto supone una novedad respecto a la antigua normativa, ya que las NBE no contemplaban estos aspectos en ninguno de sus documentos.

A continuación se citan las medidas establecidas por el CTE para aumentar la eficiencia energética de dichas instalaciones.

Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación	
Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI)	Caracterización y cuantificación de las exigencias
	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo VEEI (W/m²) por cada 100 lux $VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$ con: P = potencia total instalada en lámparas + equipos auxiliares [W] S = superficie iluminada [m²] E_m = iluminancia media horizontal mantenida [lux] • Identificación de la instalación, según el uso de la zona, en <ul style="list-style-type: none"> - Grupo 1: <i>Zonas de no representación</i> → criterios de alumbrado: nivel de iluminación, confort visual, seguridad y eficiencia energética. - Grupo 2: <i>Zonas de representación</i> → criterios de alumbrado: diseño, imagen y estado anímico que se quiere transmitir al usuario. • Comprobación \Rightarrow $VEEI \leq VEEI_{\text{límite}}$ con VEEI_{límite} según los valores establecidos en la Tabla 2.1. del DB HE
	<ul style="list-style-type: none"> • Para todas las zonas <ul style="list-style-type: none"> - se dispondrá al menos de un sistema de encendido y apagado manual (si no se dispone de otro sistema de control). - no se aceptan los sistemas de encendido y apagado en cuadros eléctricos como único sistema de control. • Para zonas de uso esporádico: sistemas de control de encendido y apagado posibles: <ul style="list-style-type: none"> - sistema de detección de presencia. - sistema de temporización.
Sistemas de aprovechamiento de luz natural	<ul style="list-style-type: none"> • Se instalarán sistemas de aprovechamiento de luz natural en la primera línea paralela de las luminarias situadas a una distancia inferior a 3 metros de la ventana, y en todas las situadas bajo un lucernario. • Estos sistemas regularán de forma automática el flujo luminoso de la instalación de iluminación, en función del flujo luminoso aportado a la zona por la luz natural.

Plan de mantenimiento de la instalación	<ul style="list-style-type: none"> • Para garantizar el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y el VEEI, es necesario efectuar: <ul style="list-style-type: none"> - reposición de lámparas con la frecuencia de reemplazamiento. - limpieza de luminarias. - limpieza de la zona iluminada - revisión sistemas de regulación y control.
--	---

Tabla 14. Exigencias para el cumplimiento del VEEI requerido según el CTE-HE3

9.3.7. Protección frente al ruido

“El objetivo del requisito básico “Protección frente el ruido” consiste en limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento. Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán y mantendrán de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los recintos.” (Código Técnico de la Edificación)

El DB HR establece “El aislamiento acústico a ruido aéreo $D_{2m,nT,Atr}$, entre el recinto protegido y el exterior no será menos que los valores indicados en la tabla 2.1, en función del uso del edificio y de los valores del índice de ruido día, L_d , definido en el Anexo I del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, de la zona donde se ubica el edificio”. (Código Técnico de la Edificación)

L_d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario, docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d \geq 75$	47	42	47	42

Tabla 15. Tabla 2.1 del CTE DB HR. Exigencias de aislamiento acústico en fachada

Anteriormente la normativa relativa a las condiciones acústicas en los edificios era NBE-CA-88, ésta únicamente regulaba el aislamiento acústico.

La nueva normativa, que se aplica a los edificios nuevos, tanto los destinados a viviendas, como los de uso sanitario, docente, administrativo, sociocultural, etc., introduce elementos novedosos sobre materiales y técnicas de construcción para lograr edificios más libres de contaminación acústica. Estas novedades son:

- Mejora de los niveles de aislamiento incrementando las exigencias hasta en más de tres veces, equiparando al resto de países de Europa. Así, se aumentan los niveles de aislamiento a ruido aéreo (música, gritos, voces...) y a ruido de impacto (golpes, taconeos...) exigidos entre recintos pasando de 45 decibelios en laboratorio a 50 decibelios efectivos.

El ámbito de aplicación es similar al de la actual NBE CA-88, pero con dos excepciones: la primera, es que no diferencia entre uso residencial privado y público (considerando solamente uso residencial), y la segunda, que introduce el de reunión, el cual no constaba como tal actualmente. Por otro lado, el estudio de las condiciones de aislamiento del edificio lo basa primeramente en su división por recintos, contemplando los siguientes: recinto común, recinto de actividad, recintos de distinta unidad de uso, recintos de misma unidad de uso y recintos habitables.

- Verificación del cumplimiento de las exigencias de aislamiento mediante parámetros verificables en una medición in situ.

Se introducen las tolerancias. Cuando se efectúen, se admitirán valores a la baja con respecto a los exigibles, de 2 dBA para el aislamiento acústico, 0'2 segundos para el tiempo de reverberación y de 3 dBA para los niveles de ruido de los equipamientos e instalaciones.

- Las exigencias afectan a todos los elementos constructivos que conforman un recinto (tabiques, forjados, cubiertas y fachadas) y no sólo al elemento de separación entre los recintos como en la normativa anterior.

En cuanto a las exigencias de los elementos separadores las clasifica de la siguiente forma, agrupando muros y forjados a efectos de aislamiento a ruido aéreo:

PARTICIONES VERTICALES Y DIVISORIOS HORIZONTALES	
Aislamiento a ruido aéreo entre:	Niveles de aislamiento
Recinto habitable - recinto de actividad	>60 dBA
Recinto habitable - recinto con instalaciones	>55 dBA
Recinto habitable - recinto común	>50 dBA
Recinto habitable - otro recinto, distinta unidad de uso	>50 dBA
Recintos habitables, misma unidad de uso	>30 dBA

Tabla 16. Aislamiento a ruido de particiones verticales y divisorios horizontales

FACHADAS Y CUBIERTAS	
Aislamiento a ruido aéreo entre	Niveles de aislamiento
Recinto habitable - exterior. Predominio ruido de aeronaves / ferroviario	>32 dBA
Recinto habitable - exterior. Predominio ruido de tráfico	>30 dBA

Tabla 17. Aislamiento a ruido de fachadas y cubiertas

CUBIERTAS	
Aislamiento a ruido de impactos entre:	Niveles de aislamiento
Recinto habitable - cubierta transitable	<65 dB

Tabla 18. Aislamiento a ruido de cubiertas

DIVISORIOS HORIZONTALES	
Aislamiento a ruido de impactos entre:	Niveles de aislamiento
Recinto habitable - recinto de actividad o con instalaciones	<60 dB
Recinto habitable - recinto habitable o recinto común	<65 dB

Tabla 19. Aislamiento a ruido de divisorios horizontales

- Se regula el eco y las malas condiciones acústicas, cuantificando el tiempo de reverberación en recintos como aulas, comedores, restaurantes y salas de conferencias.
- Se introducen nuevas reglas constructivas para disminuir el ruido de las instalaciones de fontanería y saneamiento (bajantes, ascensores, etc.) y métodos y prácticas para minimizar la transmisión de ruido y vibraciones provocadas por las instalaciones.
- Innovación en materiales y sistemas constructivos. Para poder conseguir estos niveles de aislamiento acústico se huye de las soluciones estándar aplicadas en la norma NBE-CA-88 y se da entrada a los montajes ligeros de cartón yeso, lana de roca y capas elastoméricas para conseguir los aislamientos exigidos sin perder espacio con soluciones robustas de obra cerámica.
- La normativa anterior sólo contemplaba el aislamiento acústico, dejando otros aspectos sin regular como el aislamiento de la fachada en función del ruido exterior, el ruido reverberante en determinados locales, o la posibilidad de verificación de los niveles de ruido con medidas in situ. En general, los criterios son más restrictivos que en la NBE CA-88.

Por todo ello, la introducción del CTE y su incremento en los niveles de aislamiento, supone un esfuerzo de mentalización muy importante de todos los agentes intervinientes, pero además, es necesario adecuar los materiales usados y/o buscar nuevas soluciones constructivas. (dBKAaisla)

10. HERRAMIENTAS DE AYUDA PARA EL CÁLCULO DE FACHADAS

10.1. Programa LIDER

LIDER es una aplicación informática que se puede emplear para verificar, de forma temporal y bajo ciertas condiciones técnicas, las exigencias de demanda energética establecidas en los apartados 2.2.1.1 y punto 2 del apartado 2.2.2.1 de la sección HE1 del Documento Básico de Ahorro de Energía DB- HE del Código Técnico de la Edificación, y que fue patrocinada por el entonces Ministerio de Vivienda y por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

Esta herramienta está diseñada para realizar la descripción geométrica, constructiva y operacional de los edificios, así como para llevar a cabo la mayor parte de los cálculos recogidos en el CTE-HE1 y para la impresión de la documentación administrativa pertinente. (Código Técnico de la Edificación)

10.2. CHEQ4

Programa informático que tiene el fin de facilitar a todos los agentes participantes en el sector de la energía solar térmica de baja temperatura la aplicación, cumplimiento y evaluación de la sección HE4 incluida en la exigencia básica HE Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación (CTE). (Código Técnico de la Edificación)

10.3. Herramienta de cálculo del Documento Básico de protección frente al ruido

Esta es una herramienta informática que contiene y desarrolla la formulación del DB HR y que permite verificar el cumplimiento de los casos más frecuentes. La herramienta sirve para realizar uno a uno el chequeo del aislamiento acústico de parejas de recintos a ruido aéreo y de impactos o simultáneamente y para calcular la absorción acústica y tiempo de reverberación. Es aplicable a los proyectos de rehabilitación y edificación existente. La herramienta incorpora los datos del Catálogo

de Elementos Constructivos y el usuario puede añadir sus propias soluciones caracterizadas. (Código Técnico de la Edificación)

10.4. CEC: Catálogo informático de elementos constructivos

El objeto del catálogo informático de elementos constructivos es proporcionar a los usuarios una base de datos que recoja información de las características de los materiales, de las prestaciones higrotérmicas y acústicas de los elementos constructivos genéricos y de las especificidades constructivas relativas a las exigencias básicas del CTE.

El catálogo se actualiza a medida que se dispone de nuevos datos y en la actualidad consta de:

- DB-HE. Sección HE 1: Transmitancia térmica, Factor de temperatura de la superficie interior.
- DB HR. Valor de la masa del Elemento Constructivo, Aislamiento acústico a ruido aéreo (valores para ruido rosa, ruido de automóviles y de aeronaves), Aislamiento acústico a ruido de impacto, Absorción acústica.
- DB-HS Sección HS 1: Grado de impermeabilidad (Fachadas).

La consulta del catálogo ofrece información de los ámbitos siguientes:

- Higrotérmicas y acústicas: Prestaciones de los Paramentos (definidos en base a la clasificación de cerramientos y particiones interiores, según CTE: HE 1/ 3.1.3).
- Térmicas y acústicas: Prestaciones de los Huecos.
- Aspectos térmicos: Notas sobre Discontinuidades.

(Código Técnico de la Edificación)

11. METODOLOGÍA

11.1. Introducción

Hasta ahora el proyecto ha tratado sobre las fachadas multicapas en términos generales, sin embargo, este proyecto se centrará en estudiar fachadas de madera, debido al interés que este material tiene.

Partiendo de seis diseños de fachadas multicapa con elementos de madera, se realizará un estudio térmico y acústico de ellas seleccionando unas características óptimas para la propuesta de varias soluciones de fachadas.

En el estudio térmico se analizarán los espesores de una capa de aislamiento de cada fachada, intentando conseguir el mínimo espesor necesario para cumplir la normativa vigente en el CTE y evitar al mismo tiempo la existencia de condensaciones. Esto se realizará con la ayuda del programa informático DX_PIME, desarrollado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao.

En el estudio acústico se estudiarán las soluciones de dos diseños del estudio anterior y se realizarán ensayos en todas las zonas climáticas para comprobar que cumplan el aislamiento acústico que el CTE dicta. Así, se verán las ventajas que puede añadir el aislamiento térmico en el comportamiento acústico, con los materiales empleados. Para ello se utilizará el software de cálculo acústico dBKAisla.

Además, se presentará un estudio económico de las soluciones propuestas, para así aportar otro dato con el que se podrá determinar el impacto de la propuesta y obtener conclusiones que ayuden a la elección de la fachada a construir.

11.2. Fachadas de madera

El uso de materiales de construcción recuperados y sostenibles podría comportar que el sector de la construcción fuera más respetuoso con el medio ambiente. Estos materiales permitirían a los desarrolladores reducir las emisiones y ahorrar energía.

Para poder cumplir el objetivo de reducir las emisiones y el consumo energético como mínimo un 20% en 2020, Europa debe cuestionarse la sostenibilidad de las prácticas actuales en la construcción. Según datos de la Comisión Europea, el uso de la

energía en edificios residenciales y comerciales representa aproximadamente el 40% del total de consumo final de energía y emisiones de CO₂ en Europa.

La mejora de la sostenibilidad de las prácticas de edificación está directamente relacionada con el problema de la eficiencia de los recursos. Todos los sectores, incluido el de la construcción, deben gestionar de forma sostenible sus recursos para reducir los impactos medioambientales.

La cantidad de energía necesaria para fabricar y transportar los materiales de construcción tradicionales (energía incorporada) ha impulsado a los desarrolladores a buscar alternativas. El uso de materiales sostenibles permite reducir la energía total incorporada de los edificios.

Mediante el uso de materiales sostenibles, el sector europeo de la construcción puede lograr una mayor eficiencia en materia de recursos, lo que permitiría generar más valor con menos daños medioambientales. Mejorar la eficiencia de los recursos en un 20% en la UE aumentaría el crecimiento económico en un 1%. Asimismo, la incorporación de materiales de construcción sostenibles podría ayudar a estimular la creación de empleo a través del crecimiento ecológico. (Establecimiento de las bases para una construcción sostenible - Comisión europea)

El estudio IMPRO-Building, patrocinado por la Unión Europea recoge el estado del sector de la edificación en Europa y señala cuáles son los principales potenciales de mejora ambiental de los edificios residenciales. No se ciñe a la actividad meramente constructiva, sino que contempla todas las etapas del ciclo de vida de la edificación, es decir, contempla todos los impactos que conlleva el “habitar” un edificio: construcción, mantenimiento, infraestructuras, calefacción y refrigeración y consumos (electricidad, gas, agua, ACS, etc.). El estudio estima que esta actividad que conlleva el “habitar edificios” (el término housing, en inglés) es la responsable del 35% de los impactos sobre el medioambiente: acidificación, cambio climático, etc. Evidencia que para edificios de nueva construcción, las principales posibilidades de mejora se encuentran en la fase de construcción en temas como:

- Cambio de los materiales empleados, principalmente cambio de los existentes por madera, que proporciona mejores características ambientales.
- Reducción de la emisión de GEIs, aplicación de los concepto “passive houses” y “zero CO₂ emissions buildings”, con el objeto de reducir la demanda de calefacción a 20kWh/m². (El estudio EIPRO- IHOBE)

La madera es un material ecológico ya que se trata de un material natural fabricado directamente en la naturaleza por las plantas. De este modo si no se cortan árboles a un ritmo superior al que se regeneran, su uso no supone un perjuicio para el medio ambiente, sino todo lo contrario. La buena gestión de la madera ayuda a la naturaleza al favorecer el buen estado del bosque evitando incendios, plagas, etc.

Además, el consumo de energía utilizada en el proceso de transformación de la madera es muy inferior al de otros materiales. Por otro lado, la madera es un material renovable, es decir, si se gestiona de forma sostenible se puede seguir utilizando indefinidamente. Una vez finalizado su ciclo de vida, la madera también se puede reciclar. Un ejemplo es la fabricación de nuevos productos de madera como tableros, el uso de la misma como biomasa o abono.

En edificación, la madera, además de su uso estructural presenta un amplio abanico de posibilidades, con múltiples aplicaciones, desde las tradicionales carpinterías, o entarimados hasta sistemas de cerramiento de fachadas y cubiertas. Los sistemas sándwich utilizados como cerramientos, son una solución muy utilizada, ya que aportan frente a otras soluciones tradicionales los aislamientos térmicos y acústicos exigidos por el Código Técnico de la Edificación, mediante una solución fácil de montar que es capaz de proporcionar por otro lado, una amplia gama de acabados estéticos en su interior. Esta solución consiste en un panel sándwich, formado por dos tableros (de madera, cemento, yeso...) que se encuentran unidos a un núcleo aislante, formando piezas que son fácilmente manejables y que se pueden unir a una estructura secundaria de correas de madera, mediante fijaciones sencillas, lo que aporta grandes ventajas desde el punto de vista técnico y económico. Con este sistema se crea una superficie continua, que permite colocar sobre la misma, una amplia gama de materiales de acabado.

11.3. Soluciones de fachadas que van a ser estudiadas

Para este proyecto, se han tomado seis soluciones de fachadas multicapa de madera, cuyos detalles se explican a continuación. En el estudio térmico se ha trabajado con los seis detalles, mientras que en el acústico se han estudiado los detalles 1 y 3.

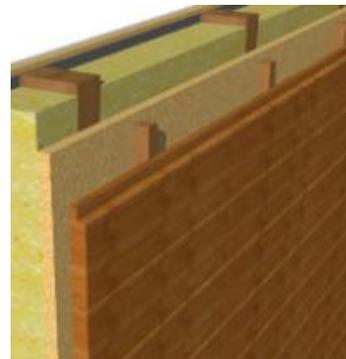
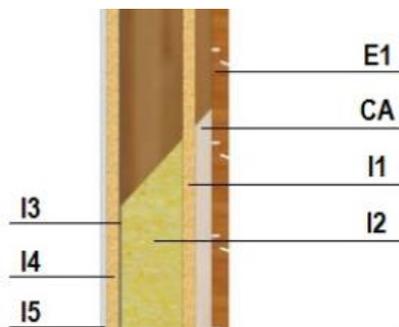
11.3.1. Detalle 1

- Capa exterior:

Capa	Materiales	Lambda	μ	Espesores (m)
E1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	0,13	20	0,03

- Cámara de aire CA: de 25mm, ventilada
- Capas interiores:

Capa	Materiales	Lambda	μ	Espesores (m)
I1	MADERA/ Tablero de partículas con cemento (densidad menor de 1200 kg/m ³)	0,23	30	0,019
I2	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,1
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01



- Datos montante

Material	MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m ³)
Ancho (a)	0,06 m
Canto (b)	0,10m
Intereje (e)	0,6m



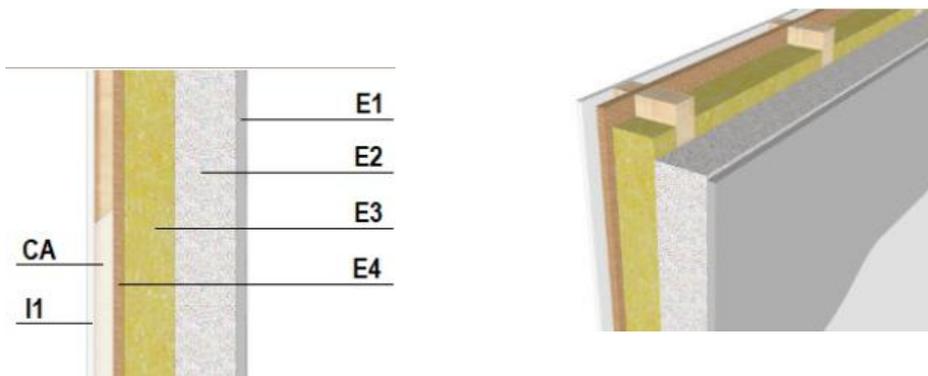
11.3.2. Detalle 2

- Capa exterior:

Capa	Materiales	Lambda	μ	Espesores (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m ³)	0,8	10	0,02
E2	AISLAMIENTO/POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) (densidad entre 20 a 30 kg/m ³)	0,034	20	0,02
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,1
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019

- Cámara de aire CA: de 50 mm, no ventilada
- Capas interiores:

Capa	Materiales	Lambda	μ	Espesores (m)
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01



- Datos montante

Material	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)
Ancho (a)	0,05 m
Canto (b)	0,10m
Intereje (e)	0,6m



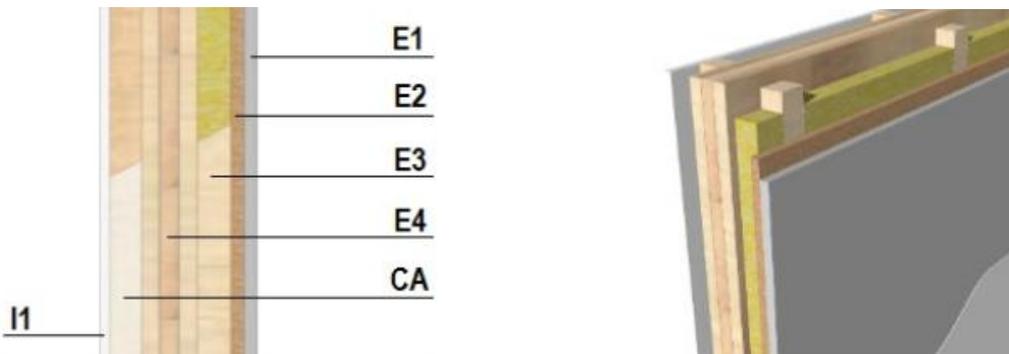
11.3.3. Detalle 3

- Capa exterior:

Capa	Materiales	Lambda	μ	Espesores (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m ³)	0,8	10	0,02
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,05
E4	MADERA/Paneles de madera sólida y chapada laminar (densidad menor de 500 kg/m ³)	0,15	70	0,081

- Cámara de aire CA: de 50 mm, no ventilada
- Capas interiores:

Capa	Materiales	Lambda	μ	Espesores (m)
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01



- Datos montante

Material	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)
Ancho (a)	0,06 m
Canto (b)	0,05m
Intereje (e)	0,6m



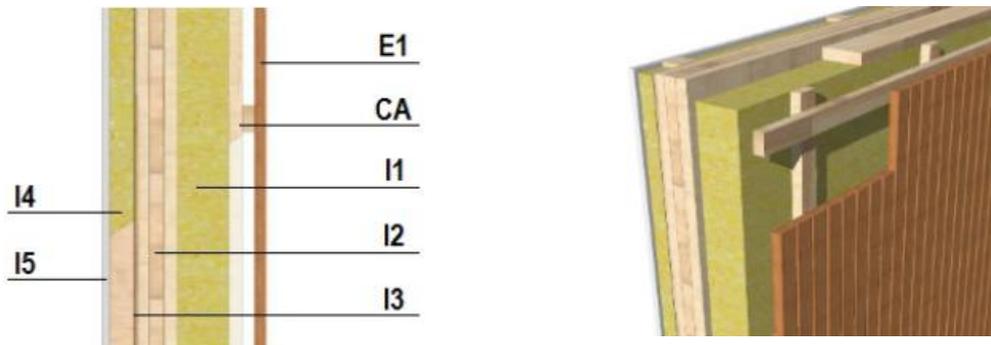
11.3.4. Detalle 4

- Capa exterior:

Capa	Materiales	Lambda	μ	Espesores (m)
E1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	0,13	20	0,02

- Cámara de aire CA: de 50mm, ventilada
- Capas interiores:

Capa	Materiales	Lambda	μ	Espesores (m)
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,05
I2	MADERA/Paneles de madera sólida y chapada laminar (densidad menor de 500 kg/m ³)	0,15	70	0,081
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I4	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,01
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01



- Datos montante

Material	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)
Ancho (a)	0,06 m
Canto (b)	0,05m
Intereje (e)	0,6m



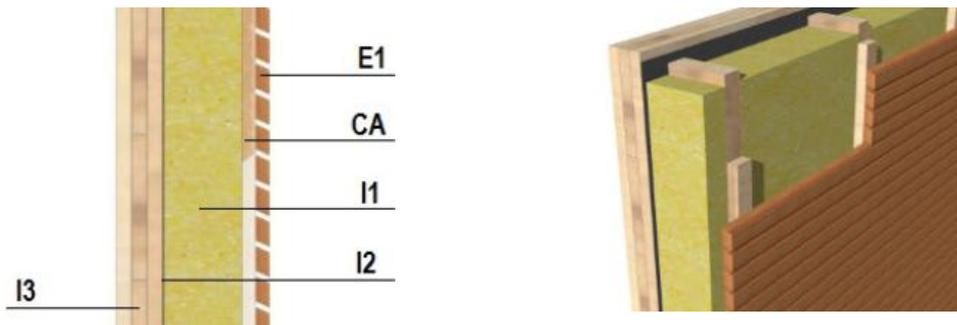
11.3.5. Detalle 5

- Capa exterior:

Capa	Materiales	Lambda	μ	Espesores (m)
E1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	0,13	20	0,03

- Cámara de aire CA: de 25mm, ventilada
- Capas interiores:

Capa	Materiales	Lambda	μ	Espesores (m)
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,14
I2	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I3	MADERA/Paneles de madera solida y chapada laminar (densidad menor de 500 kg/m ³)	0,15	70	0,081



- Datos montante

Material	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)
Ancho (a)	0,06 m
Canto (b)	0,14m
Intereje (e)	0,6m



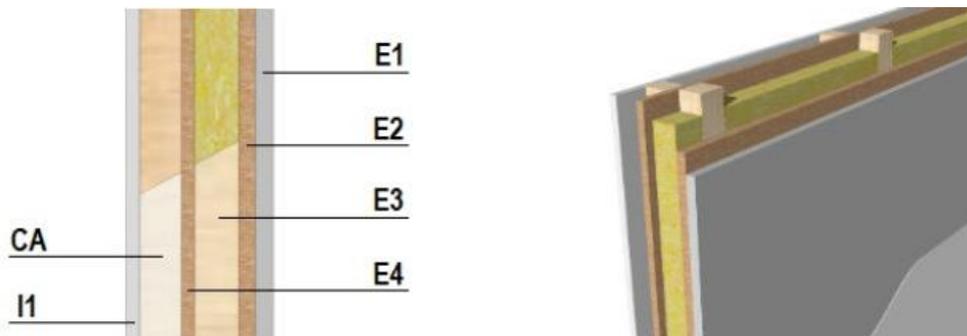
11.3.6. Detalle 6

- Capa exterior:

Capa	Materiales	Lambda	μ	Espesores (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m ³)	0,8	10	0,02
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,05
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019

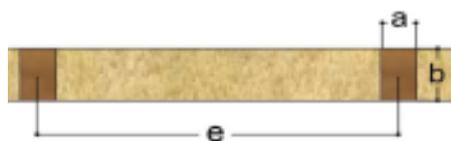
- Cámara de aire CA: de 50 mm, no ventilada
- Capas interiores:

Capa	Materiales	Lambda	μ	Espesores (m)
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01



- Datos montante

Material	MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m ³)
Ancho (a)	0,05m
Canto (b)	0,05m
Intereje (e)	0,6m



11.4. Programas utilizados

11.4.1. DX PIME

El DX_PIME es una herramienta de libre distribución para la realización del pre-dimensionamiento de estructuras, o la verificación de proyectos y diseños existentes y resueltos en estructuras de madera. El programa ha sido desarrollado en el Departamento de Ingeniería Mecánica, de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao.

Con relación a las fachadas, permite analizar desde el punto de vista térmico e higroscópico diferentes soluciones de éstas mediante unas soluciones tipo resueltas únicamente en madera, o bien por combinación de madera con otros materiales (rehabilitación) o se puede crear fachadas nuevas definidas por el usuario, estableciendo con la ubicación el cumplimiento de los valores mínimos marcados por la normativa, e identificando si se pueden producir condensaciones en el mismo. (DX_PIME)

Su uso es muy sencillo. En primer lugar, se comienza definiendo un el proyecto que se va a realizar. A continuación, se accede a la sección de “Fachadas” y en ella se diseña la fachada que se desea estudiar. Para ello se van definiendo las distintas capas exteriores, interiores y la existencia o no de cámara ventilada. Así, se introduce el material del que está compuesto la capa y las características de éste. También hay que especificar en qué localidad tiene lugar el estudio, junto con su altitud y definir la clase higrométrica.

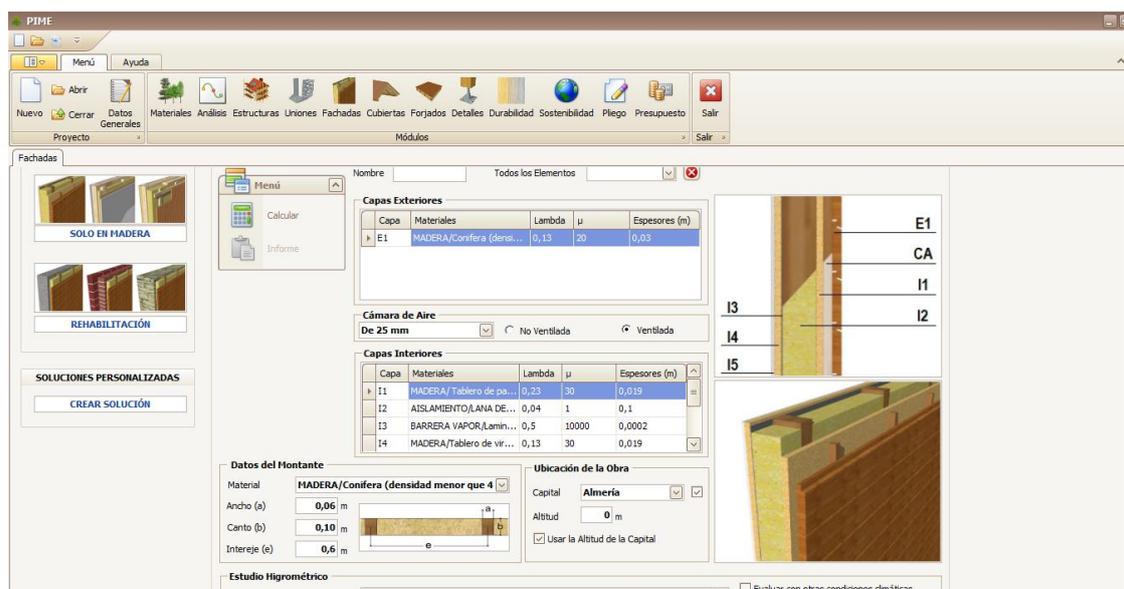


Ilustración 11. Programa DX PIME

En los próximos apartados se explican estos factores con más detalle.

11.4.1.1. Factores en el estudio

Este estudio térmico de fachadas multicapa con soluciones de madera se hará teniendo en cuenta distintos factores:

- Localización en España

En el programa que se utiliza para estudio térmico, se pueden distinguir 5 zonas climáticas en el país, denominadas como A, B, C, D, y E de acuerdo al siguiente mapa:



Ilustración 12. Zonas climáticas

A	Almería, Cádiz, Málaga, Las Palmas y Santa Cruz de Tenerife
B	Tarragona, Castellón, Valencia, Alicante, Murcia, Palma de Mallorca, Córdoba, Sevilla y Huelva
C	Ourense, Pontevedra, A Coruña, Oviedo, Santander, Bilbao, San Sebastián, Girona, Barcelona, Toledo, Cáceres, Badajoz, Jaén y Granada
D	Lugo, Zamora, Salamanca, Palencia, Valladolid, Segovia, Guadalajara, Madrid, Cuenca, Ciudad Real, Albacete, Teruel, Zaragoza, Logroño, Vitoria-Gasteiz, Pamplona, Huesca y LI
E	León, Ávila, Burgos y Soria

Las tablas que siguen a continuación permiten obtener la zona climática (Z.C.) de una localidad en función de su capital de provincia y su altitud respecto al nivel del mar (h). Para cada provincia, se tomará el clima correspondiente a la condición con la menor cota de comparación. (Código Técnico de la Edificación)

Zonas climáticas Península Ibérica																		
Capital	Z.C.	Altitud	A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C4	C3	C2	C1	D3	D2	D1	E1
Albacete	D3	677										h < 450			h < 950			h ≥ 950
Alicante/Alacant	B4	7					h < 250					h < 700			h ≥ 700			
Almería	A4	0	h < 100				h < 250	h < 400				h < 800			h ≥ 800			
Ávila	E1	1054														h < 550	h < 850	h ≥ 850
Badajoz	C4	168									h < 400	h < 450			h ≥ 450			
Barcelona	C2	1										h < 250			h < 450	h < 750	h ≥ 750	
Bilbao/Bilbo	C1	214												h < 250			h ≥ 250	
Burgos	E1	861															h < 600	h ≥ 600
Cáceres	C4	385									h < 600				h < 1050			h ≥ 1050
Cádiz	A3	0		h < 150				h < 450				h < 600	h < 850			h ≥ 850		
Castellón/Castelló	B3	18						h < 50				h < 500			h < 600	h < 1000		h ≥ 1000
Ceuta	B3	0						h < 50										
Ciudad Real	D3	630									h < 450	h < 500			h ≥ 500			
Córdoba	B4	113					h < 150				h < 550				h ≥ 550			
Coruña, La/ A Coruña	C1	0												h < 200			h ≥ 200	
Cuenca	D2	975													h < 800	h < 1050		h ≥ 1050
Gerona/Girona	D2	143										h < 100			h < 600	h < 800		h ≥ 800
Granada	C3	754	h < 50				h < 350				h < 600	h < 800			h < 1300			h ≥ 1300
Guadalajara	D3	708													h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Huelva	A4	50	h < 50				h < 150	h < 350				h < 800			h ≥ 800			
Huesca	D2	432										h < 200			h < 400	h < 700		h ≥ 700
Jaén	C4	436					h < 350				h < 750				h < 1250			h ≥ 1250
León	E1	346																h < 1250
Lérida/Lleida	D3	131									h < 100				h < 600			h ≥ 600
Logroño	D2	379										h < 200			h < 700			h ≥ 700
Lugo	D1	412															h < 500	h ≥ 500
Madrid	D3	589									h < 500				h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Málaga	A3	0						h < 300				h < 700			h ≥ 700			
Melilla	A3	130																
Murcia	B3	25						h < 100				h < 550			h ≥ 550			
Orense/Ourense	D2	327										h < 150	h < 300		h < 800			h ≥ 800
Oviedo	D1	214												h < 50			h < 550	h ≥ 550
Palencia	D1	722															h < 800	h ≥ 800
Palma de Mallorca	B3	1						h < 250				h ≥ 250						
Pamplona/Iruña	D1	456										h < 100			h < 300	h < 600		h ≥ 600
Pontevedra	C1	77												h < 350			h ≥ 350	
Salamanca	D2	770													h < 800			h ≥ 800
San Sebastián/Donostia	D1	5															h < 400	h ≥ 400
Santander	C1	1												h < 150			h < 650	h ≥ 650
Segovia	D2	1013														h < 1000		h ≥ 1000
Sevilla	B4	9					h < 200				h ≥ 200							
Soria	E1	984														h < 750	h < 800	h ≥ 800
Tarragona	B3	1						h < 50				h < 500			h ≥ 500			
Teruel	D2	995										h < 450	h < 500			h < 1000		h ≥ 1000
Toledo	C4	445									h < 500				h ≥ 500			
Valencia/València	B3	8						h < 50				h < 500			h < 950			h ≥ 950
Valladolid	D2	704													h < 800			h ≥ 800
Vitoria/Gasteiz	D1	512															h < 500	h ≥ 500
Zamora	D2	617														h < 800		h ≥ 800
Zaragoza	D3	207										h < 200			h < 650			h ≥ 650
Capital	Z.C.	Altitud	A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C4	C3	C2	C1	D3	D2	D1	E1

Tabla 20. Zonas climáticas de la Península Ibérica

Zonas climáticas Canarias						
Capital	Z.C.	Altitud	A3	A2	B2	C2
Palmas de Gran Canaria, Las	A3	114	h < 350	h < 750	h < 1000	h ≥ 1000
Santa Cruz de Tenerife	A3	0	h < 350	h < 750	h < 1000	h ≥ 1000

Tabla 21. Zonas climáticas Islas Canarias

- Clase higrométrica

Para poder comprobar la limitación de condensaciones en los cerramientos, los espacios habitables se caracterizan por el exceso de humedad interior. En ausencia de datos más precisos y de acuerdo con la clasificación que se expresa en la norma EN ISO 13788: 2002 se establecen las siguientes categorías:

 - a) espacios de clase de higrometría 3 o inferior: espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.
 - b) espacios de clase de higrometría 4: espacios en los que se prevea una alta producción de humedad, tales como cocinas industriales, restaurantes, pabellones deportivos, duchas colectivas u otros de uso similar.
 - c) espacios de clase de higrometría 5: espacios en los que se prevea una gran producción de humedad, tales como lavanderías y piscinas. (Construmatica)

Los datos para el estudio de cada clase son los siguientes:

Clase Higrométrica	Humedad	Temperatura interior
Clase 3	0,55	20°C
Clase 4	0,62	20°C
Clase 5	0,7	20°C

Tabla 22. Clases higrométricas

11.4.2. Software de cálculo acústico dBKAisla

DBKAisla es un programa para la predicción del aislamiento acústico, que permite calcular el aislamiento de diferentes tipos de elementos (paredes, paneles, techos, suelos, vidrios, etc.):

- Simples: elementos compuestos de una sola capa; por ejemplo: pared de ladrillo.
- Múltiples: elementos compuestos por varias capas (dobles, triples, cuádruples...) de elementos simples; por ejemplo: doble placa de yeso laminado con cámara de aire.
- Mixtos: elementos cuya superficie está compuesta por diferentes elementos simples o múltiples; por ejemplo: paredes con ventana, puerta con visor, etc.

Con todo ello, el programa proporciona al usuario la posibilidad de calcular un conjunto de soluciones específicas para cada tipo de paramento, ya sean para elementos utilizados en la construcción, en el ferrocarril, en industria o en embarcaciones.

Además, permite el desarrollo del cálculo de aislamiento global entre dos locales,

teniendo en cuenta las vías de transmisión laterales que indica la UNE EN 12354, normativa establecida y recomendada por el DB-HR del Código Técnico de la Edificación. A la misma vez, el usuario puede obtener de forma automática el valor del aislamiento al ruido aéreo y al ruido de impacto.

Una de las particularidades importantes de este programa multilingüe es su base de datos flexible. El dBKAisla dispone de una extensa colección de características acústicas medidas en laboratorios de ensayos acreditados de los materiales más típicos de la construcción y de las marcas más conocidas del estado. No obstante, el usuario puede introducir los sistemas constructivos que más utilice y crear su propia base de datos de medidas. (dBKAisla)

Su uso consiste en introducir en primer lugar los datos de cada capa en el apartado de "Panel". Para ello el programa requiere, aparte del nombre y masa superficial, la frecuencia de coincidencia, coeficiente de amortiguamiento interno y superficie. En los ensayos se ha utilizado un valor de 12m² de superficie, por ser el valor utilizado en este tipo de estudios. A continuación, en el apartado "Paneles Múltiples", se selecciona el tipo de cálculo "Elemento Vertical". Una vez seleccionado el tipo de cálculo, se debe escoger una pared simple, a continuación el ancho de la cámara intermedia (aire + material absorbente, por defecto siempre se supondrá cámara con 50% de absorbente), y para finalizar la segunda pared simple.

En el caso que las paredes dobles no sean paredes ideales (sin uniones) se debe seleccionar el tipo de unión existente entre las paredes:

- Por puntos (techos, uniones con tornillos)
- Por líneas (perfilería metálica o de madera y paredes de obra). En este caso se puede escoger la cantidad y el tipo de material absorbente de la cavidad

En la siguiente ilustración se observa el programa durante su utilización. Al fondo está el área donde se representan las diferentes gráficas de aislamientos de las paredes calculadas. Para los resultados se representa el valor global del aislamiento acústico a ruido aéreo en ponderación A y su valor corregido "Rw(C;Ctr)". Este último está aplicado para el rango de frecuencias de 100 Hz a 3150 Hz.

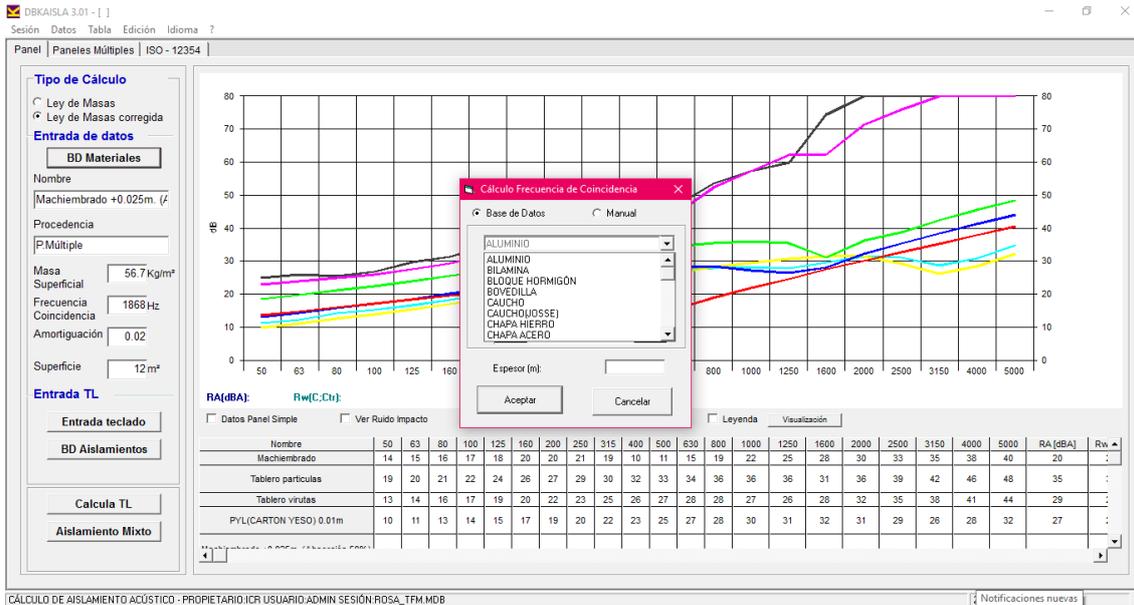


Ilustración 13. Programa dBKAisla

Son estos datos los que definen el aislamiento acústico de las soluciones constructivas y los que permiten realizar un diseño acústico detallado del edificio.

La presente base de datos recoge los índices globales de aislamiento acústico redondeados a un número entero.

Los índices globales utilizados en el programa son:

Índice	Forma de cálculo	Denominación Índice
R_A	Documento Básico “DB-HR Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación (CTE)	Índice global de reducción acústica ponderado A
$R_{A,tr}$	Documento Básico “DB-HR Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación (CTE) En su defecto $R_{A,tr} \approx (R_w + C_{tr})$ según UNE-EN ISO 717-1	Índice global de reducción acústica ponderada A para ruido exterior dominante de automóviles
ΔR_A	Norma UNE-EN ISO 10140-1-Anexo G (antigua UNE-EN ISO 140-16)	Índice global de mejora de reducción acústica ponderado A del revestimiento respecto a forjado normalizado pesado de referencia

Además de para calcular aislamientos simples y compuestos, este programa también realiza cálculos detallados según UNE EN 12354 tal y como recomienda el DB-HR del CTE.

dBKAisla incluye el módulo para calcular según la normativa UNE EN 12354-1: 2000 para Aislamiento Acústico del Ruido Aéreo y la normativa UNE EN 12354-2: 2000

para Aislamiento Acústico a Ruido de Impactos. Estas normas nos dan las indicaciones necesarias para realizar la estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos.

Se podrán estudiar:

- Recintos superpuestos



Ilustración 14. Recintos superpuestos en programa DBKaisla

- Recintos adyacentes



Ilustración 15. Recintos adyacentes en programa DBKaisla

- Recintos de una arista

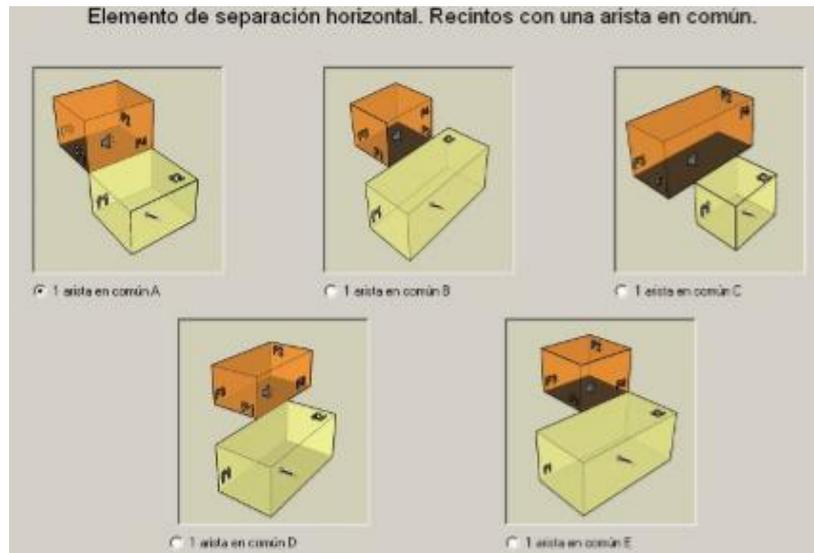


Ilustración 16. Recintos de una arista en programa DBKaisla

11.5. Estudio térmico

11.5.1. Procedimiento

Una vez introducidas las diferentes fachadas que se van a estudiar y a partir de los distintos factores explicados en el apartado 11.4.1.1 del programa DX_PIME, el estudio se ha realizado combinando entre unos factores escogidos por su relevancia.

Gracias a la herramienta informática DX_PIME, se han estudiado las seis fachadas en cinco ciudades de distintas zonas climáticas, una por zona; y en cada localización se ha simulado con la clase higrométrica 3, es decir, cuando la humedad es de 0,55.

Las cinco ciudades elegidas para el proyecto son:

- Zona A4: Almería
- Zona B4: Sevilla
- Zona C1: Bilbao
- Zona D3: Madrid
- Zona E1: León

Este estudio se realizará durante el mes de Enero, ya que según dice la norma, es cuando mayores saltos térmicos se producen.

En cada fachada se irá disminuyendo el espesor del aislamiento para intentar conseguir el de menor espesor que cumpla la normativa vigente.

Detalle	Capa	Material
1	I2	Lana de vidrio
2	E3	Lana de vidrio
3	E3	Lana de vidrio
4	I1	Lana de vidrio
5	I1	Lana de vidrio
6	E3	Lana de vidrio

Este aislamiento de lana mineral de vidrio está constituido por un entrelazado de filamentos orgánicos de vidrio que encierra aire inmóvil, presentando una estructura fibrosa de porosidad abierta, una elevada elasticidad y un carácter incombustible al fuego, y por ello se utiliza como aislante térmico, acústico y de seguridad en caso de incendio.

Esta lana permite un ahorro energético en los edificios cien veces superior al consumo que se ha necesitado en todo su ciclo de vida (extracción de las materias primas, fabricación, vida útil del edificio y posterior demolición y final de vida de la lana de vidrio).

Debido a su ligereza, para su fabricación se necesita una cantidad de materia

prima inorgánica muy inferior a la requerida en otras lanas minerales y además, en su composición, también se incluye un mínimo de 35% de vidrio reciclado junto a materiales inorgánicos abundantes en la naturaleza (arena, carbonato cálcico, feldespato, etc.).



Ilustración 17. Lana de vidrio

11.5.2. Objetivos

Se pretende cumplir con la transmitancia térmica que dicta la normativa. Según el CTE, la transmitancia térmica se define como el flujo de calor, en régimen estacionario, para un área y diferencia de temperaturas unitarias de los medios situados a cada lado del elemento que se considera.

En las siguientes tablas se muestran las transmitancias máximas y límite impuestas por el CTE según las zonas climáticas durante el invierno.

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h·m ²]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

Tabla 23. Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

Parámetro	Zonas climáticas				
	A	B	C	D	E
Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno U_{Mlim}	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57

Tabla 24. Transmitancia térmica límite según zonas climáticas

Además, se pretende conseguir que en la fachada propuesta no tengan lugar condensaciones en su interior. Esto se mostrará en los resultados con unas gráficas.

11.5.3. Resultados

11.5.3.1. Detalle 1

Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona A4 – Almería Altitud: 0m	$0,94 \frac{W}{m^2K}$

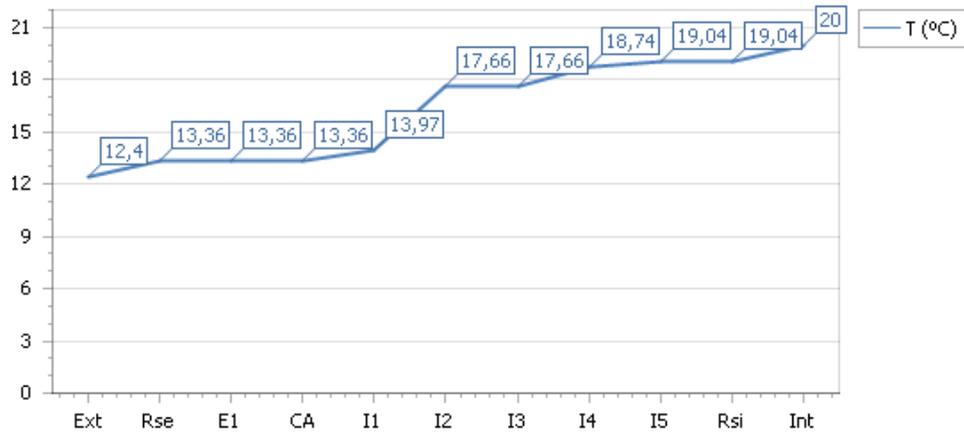
Disminuyendo el aislamiento de 0,1m a 0,02m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E.1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	30	30
C.A.	CÁMARA DE AIRE (ventilada)	25	25
I1	MADERA/ Tablero de partículas con cemento (densidad menor de 1200 kg/m3)	19	19
I2	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	100	20
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,2	0,2
I4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m3)	19	19
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m3)	10	10
	MONTANTES MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	-	-
	TOTAL	203,2	123,2

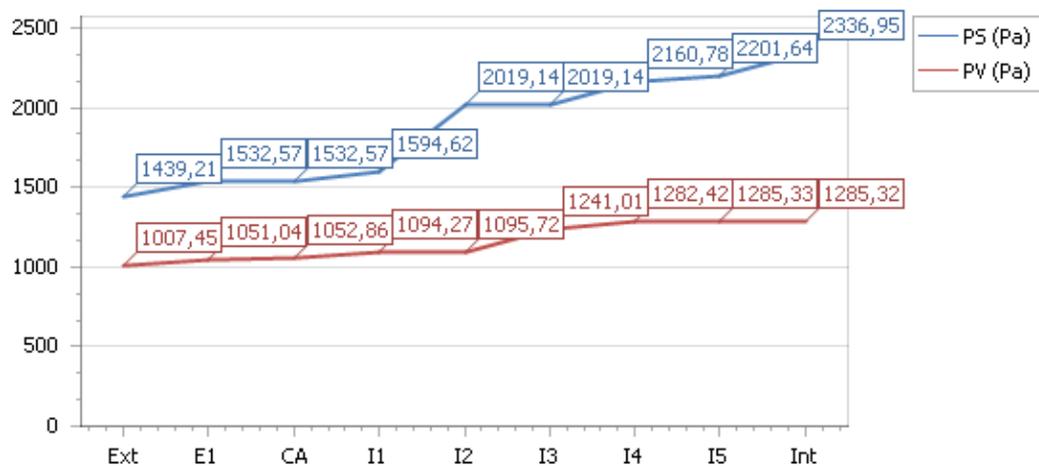
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,94	0,92
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1439,21	1007,45
E1	1	1532,57	1051,04
CA	1	1532,57	1052,86
I1	1	1594,62	1094,27
I2	1	2019,14	1095,72
I3	1	2019,14	1241,01
I4	1	2160,78	1282,42
I5	1	2201,64	1285,33
Int	1	2336,95	1285,32

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona B4 – Sevilla Altitud: 9m	$0,82 \frac{W}{m^2K}$

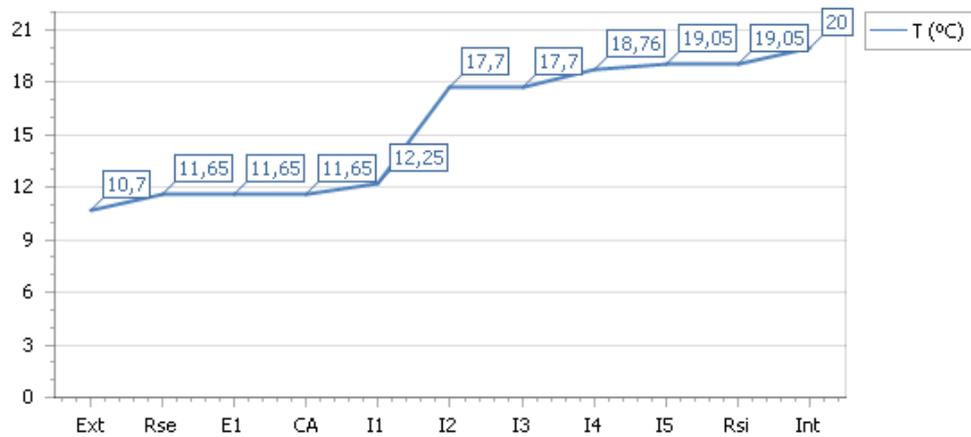
Disminuyendo el aislamiento de 0,1m a 0,03m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E.1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	30	30
C.A.	CÁMARA DE AIRE (ventilada)	25	25
I1	MADERA/ Tablero de partículas con cemento (densidad menor de 1200 kg/m3)	19	19
I2	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	100	30
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,2	0,2
I4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m3)	19	19
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m3)	10	10
	MONTANTES MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	-	-
	TOTAL	203,2	133,2

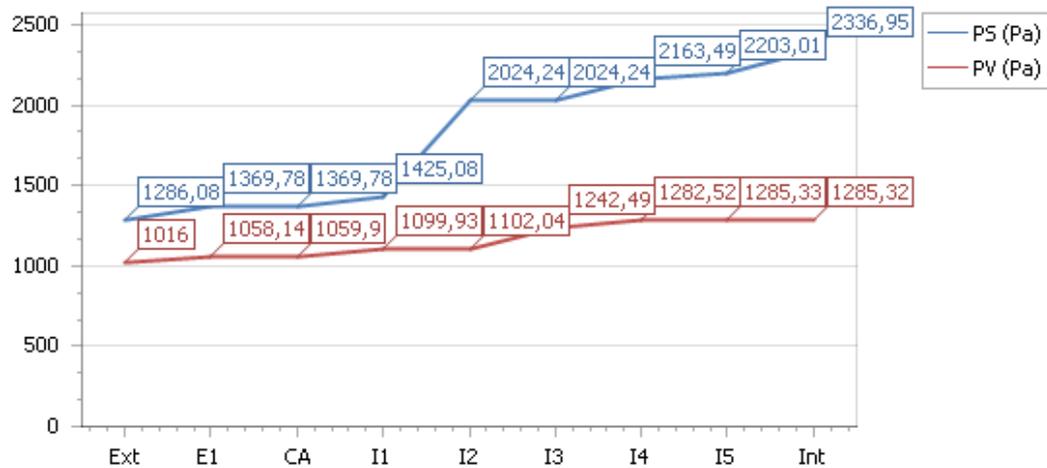
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0.82	0.75
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1286,08	1016,00
E1	1	1369,78	1058,14
CA	1	1369,78	1059,90
I1	1	1425,08	1099,93
I2	1	2024,24	1102,04
I3	1	2024,24	1242,49
I4	1	2163,49	1282,52
I5	1	2203,01	1285,33
Int	1	2336,95	1285,32

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona C1 – Bilbao Altitud: 214m	$0,73 \frac{W}{m^2K}$

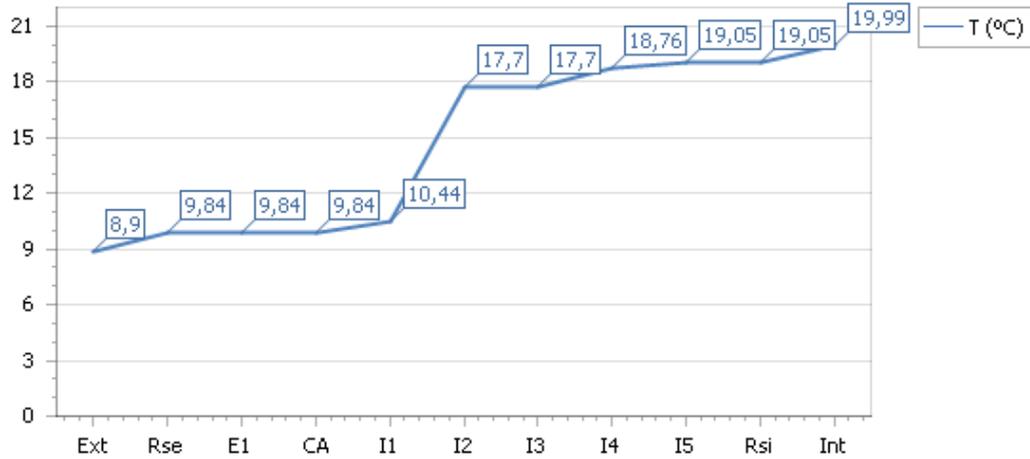
Disminuyendo el aislamiento de 0,1m a 0,04m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E.1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	30	30
C.A.	CÁMARA DE AIRE (ventilada)	25	25
I1	MADERA/ Tablero de partículas con cemento (densidad menor de 1200 kg/m3)	19	19
I2	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	100	40
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,2	0,2
I4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m3)	19	19
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m3)	10	10
	MONTANTES MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	-	-
	TOTAL	203,2	143,2

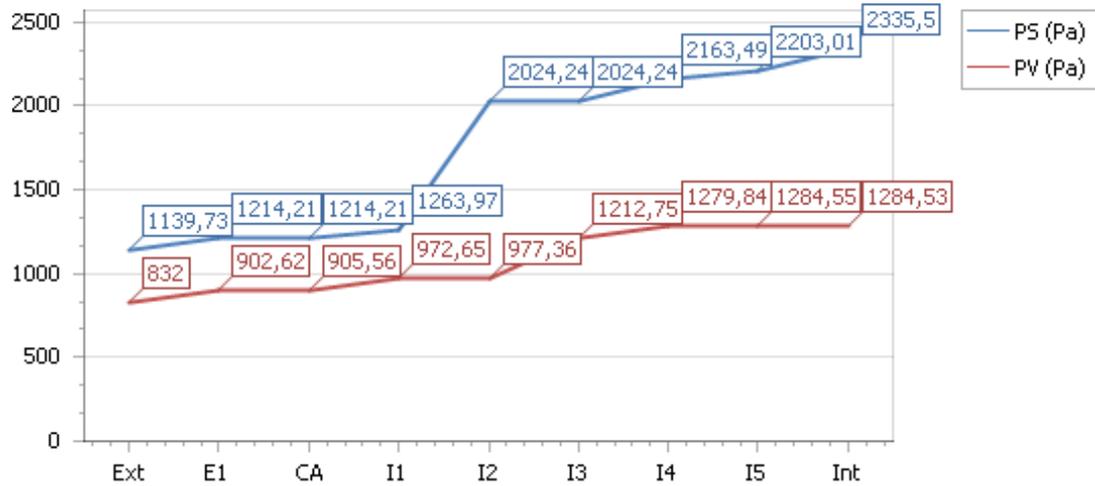
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0.73	0.63
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1139,73	832,00
E1	1	1214,21	902,62
CA	1	1214,21	905,56
I1	1	1263,97	972,65
I2	1	2024,24	977,36
I3	1	2024,24	1212,75
I4	1	2163,49	1279,84
I5	1	2203,01	1284,55
Int	1	2335,50	1284,53

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona D3 – Madrid Altitud: 589m	$0,66 \frac{W}{m^2K}$

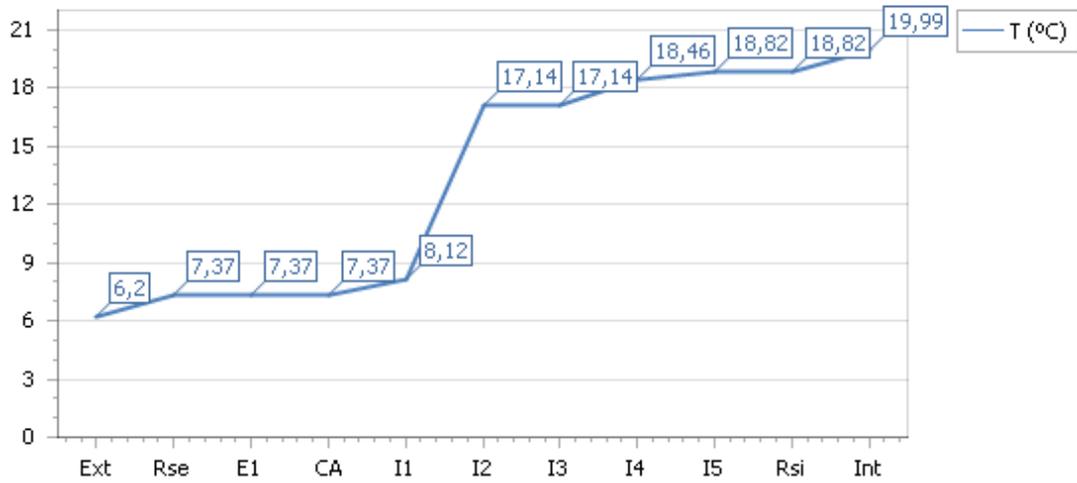
Disminuyendo el aislamiento de 0,1m a 0,04m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E.1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	30	30
C.A.	CÁMARA DE AIRE (ventilada)	25	25
I1	MADERA/ Tablero de partículas con cemento (densidad menor de 1200 kg/m3)	19	19
I2	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	100	40
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,2	0,2
I4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m3)	19	19
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m3)	10	10
	MONTANTES MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	-	-
	TOTAL	203,2	143,2

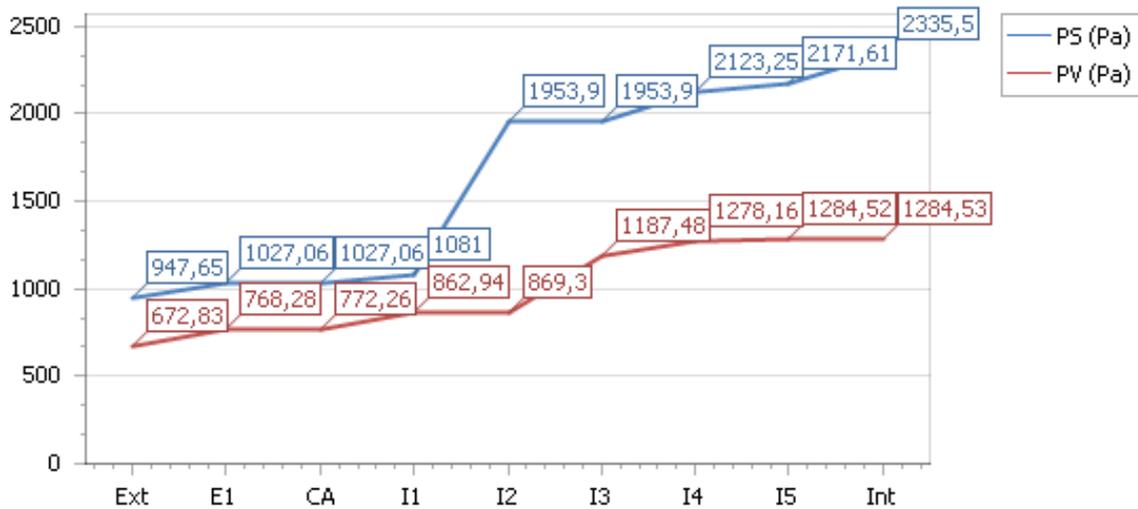
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,66	0,63
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	947,65	672,83
E1	1	1027,06	768,28
CA	1	1027,06	772,26
I1	1	1081,00	862,94
I2	1	1953,90	869,30
I3	1	1953,90	1187,48
I4	1	2123,25	1278,16
I5	1	2171,61	1284,52
Int	1	2335,50	1284,53

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona E1 – León Altitud: 346m	$0,57 \frac{W}{m^2K}$

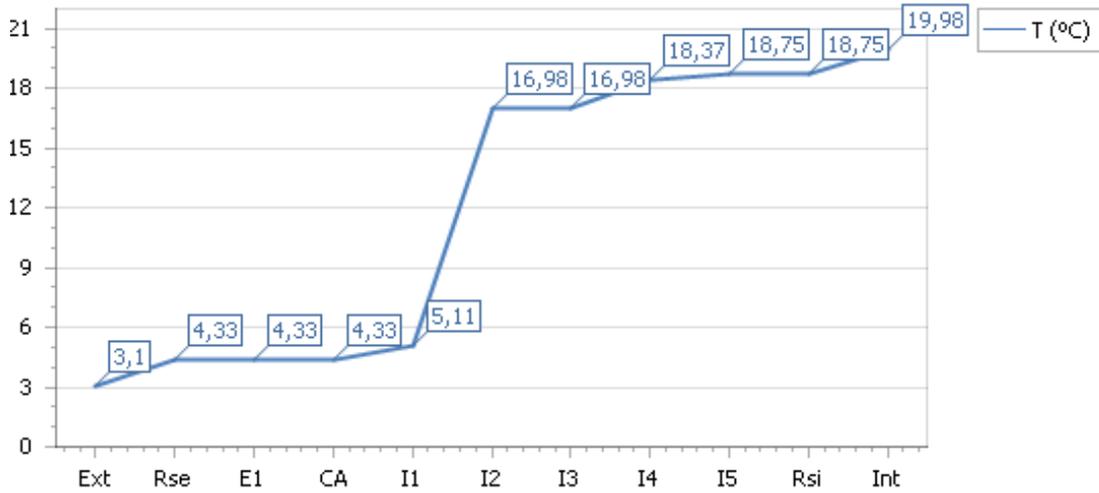
Disminuyendo el aislamiento de 0,1m a 0,05m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E.1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	30	30
C.A.	CÁMARA DE AIRE (ventilada)	25	25
I1	MADERA/ Tablero de partículas con cemento (densidad menor de 1200 kg/m3)	19	19
I2	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	100	50
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,2	0,2
I4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m3)	19	19
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m3)	10	10
	MONTANTES MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	-	-
	TOTAL	203,2	153,2

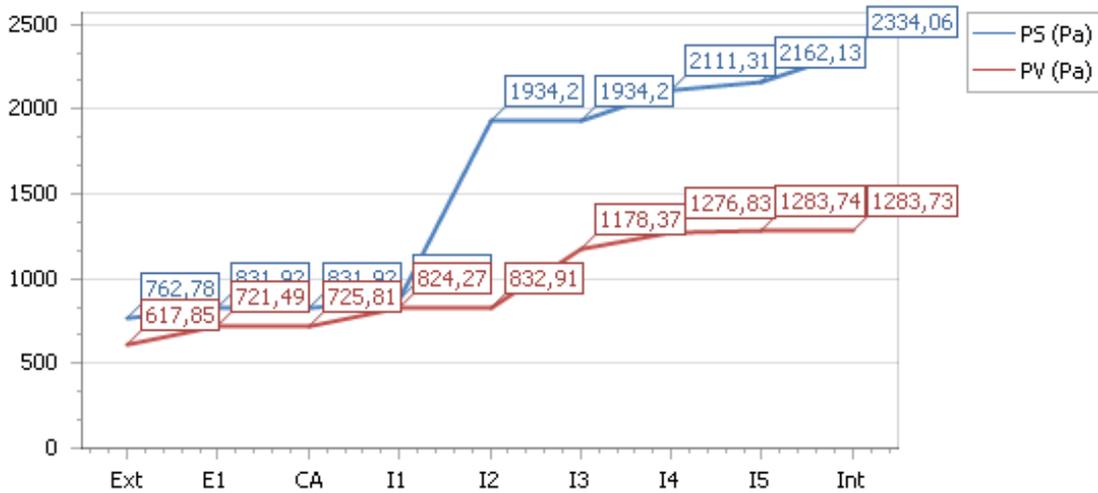
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,57	0,54
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	762,78	617,85
E1	1	831,92	721,49
CA	1	831,92	725,81
I1	1	878,58	824,27
I2	1	1934,20	832,91
I3	1	1934,20	1178,37
I4	1	2111,31	1276,83
I5	1	2162,13	1283,74
Int	1	2334,06	1283,73

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



11.5.3.2. Detalle 2

Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona A4 – Almería Altitud: 0m	$0,94 \frac{W}{m^2K}$

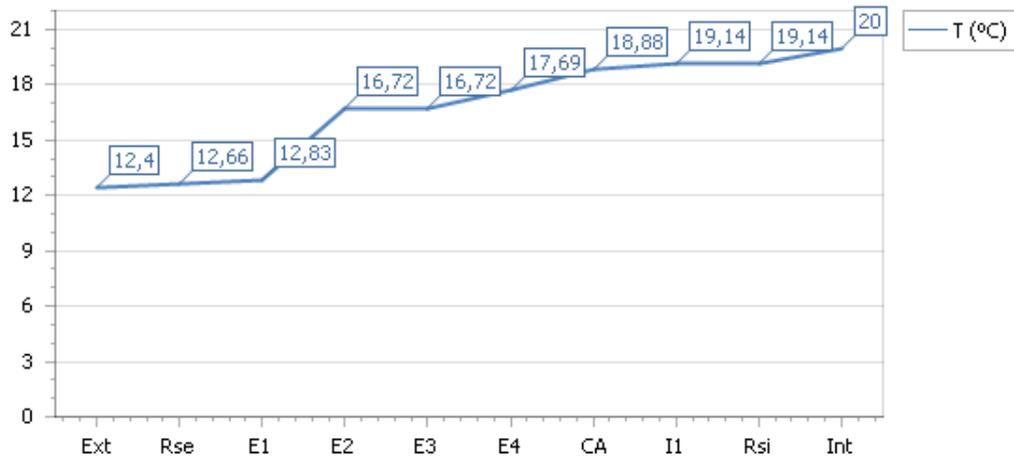
Quitando la capa de aislamiento de lana de vidrio se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad 1250 -1600kg/m ³)	20	20
E2	AISLAMIENTO/POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) (densidad entre 20 a 30 kg/m ³)	20	20
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	100	0
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
CA	CAMARA DE AIRE (no ventilada)	50	50
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	319,0	299,0

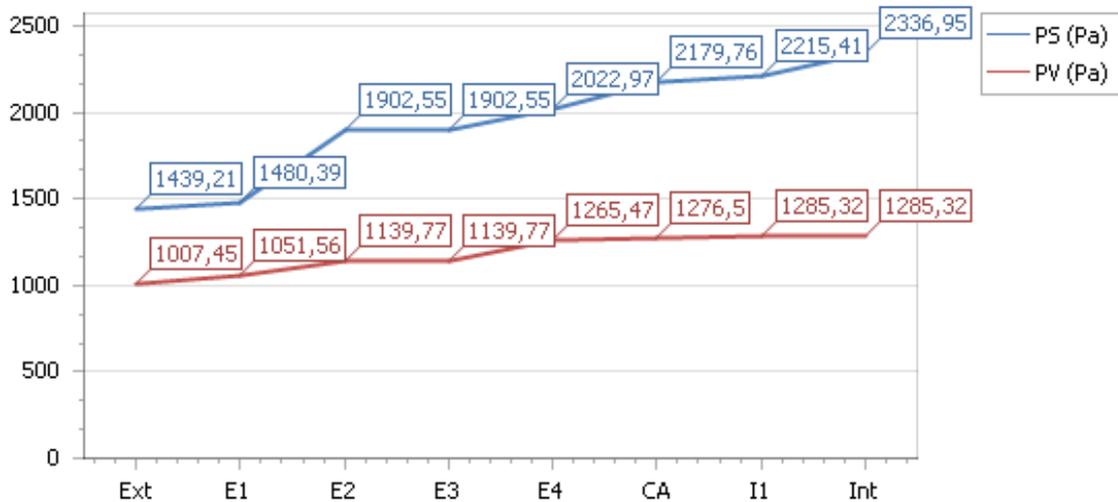
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,94	0,83
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1439,21	1007,45
E1	1	1480,39	1051,56
E2	1	1902,55	1139,77
E3	1	1902,55	1139,77
E4	1	2022,97	1265,47
CA	1	2179,76	1276,50
I1	1	2215,41	1285,32
Int	1	2336,95	1285,32

Distribución de Temperaturas de Fachada2 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada2 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona B4 – Sevilla Altitud: 9m	$0,82 \frac{W}{m^2K}$

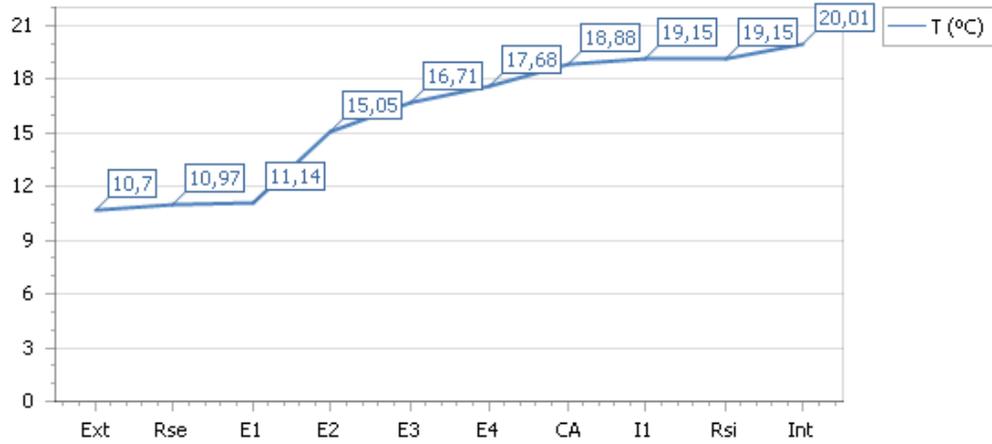
Disminuyendo el aislamiento de 0,1m a 0,01m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad 1250-1600kg/m ³)	20	20
E2	AISLAMIENTO/POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) (densidad entre 20 a 30 kg/m ³)	20	20
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	100	10
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
CA	CAMARA DE AIRE (no ventilada)	50	50
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	319,0	299,0

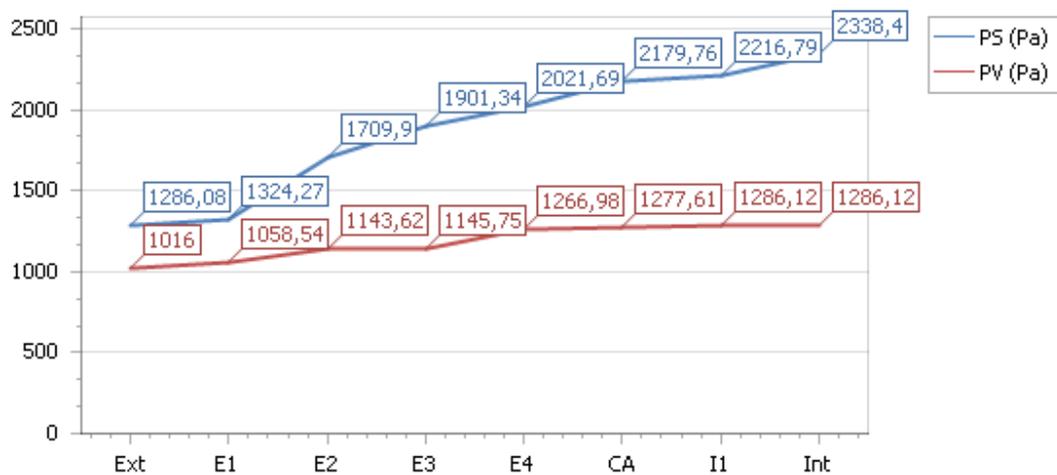
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,82	0,68
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1286,08	1016,00
E1	1	1324,27	1058,54
E2	1	1709,90	1143,62
E3	1	1901,34	1145,75
E4	1	2021,69	1266,98
CA	1	2179,76	1277,61
I1	1	2216,79	1286,12
Int	1	2338,40	1286,12

Distribución de Temperaturas de Fachada2 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada2 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona C1 – Bilbao Altitud: 214m	$0,73 \frac{W}{m^2K}$

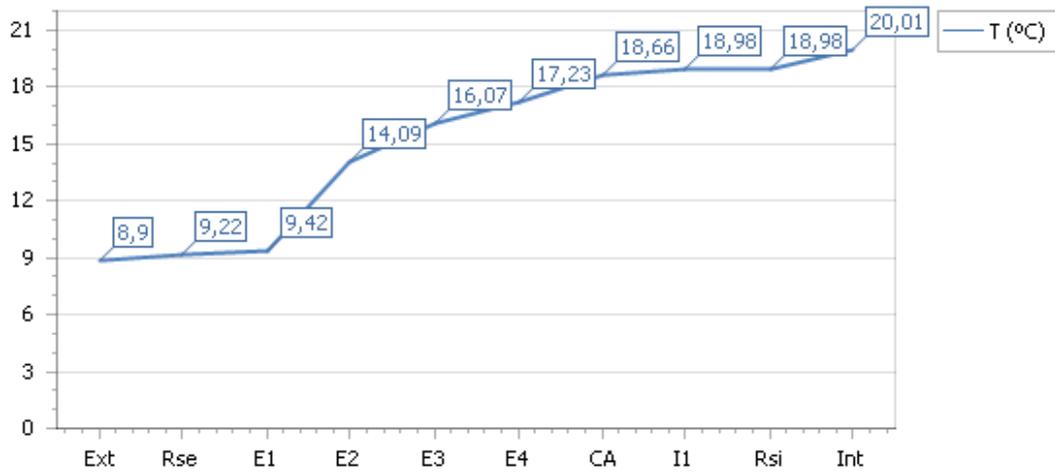
Disminuyendo el aislamiento de 0,1m a 0,01m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad 1250 -1600kg/m ³)	20	20
E2	AISLAMIENTO/POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) (densidad entre 20 a 30 kg/m ³)	20	20
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	100	10
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
CA	CAMARA DE AIRE (no ventilada)	50	50
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	319,0	299,0

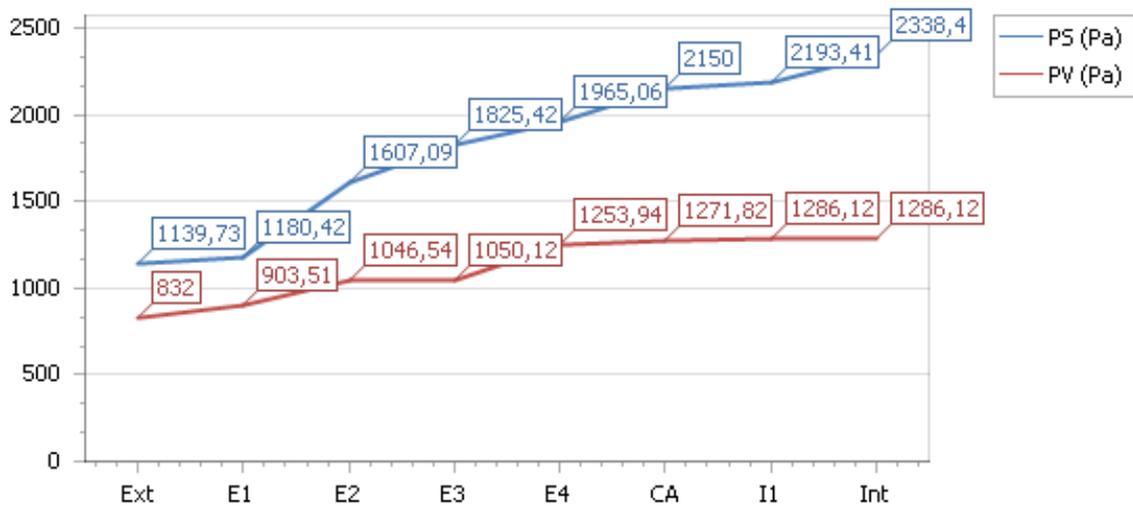
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,73	0,68
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1139,73	832,00
E1	1	1180,42	903,51
E2	1	1607,09	1046,54
E3	1	1825,42	1050,12
E4	1	1965,06	1253,94
CA	1	2150,00	1271,82
I1	1	2193,41	1286,12
Int	1	2338,40	1286,12

Distribución de Temperaturas de Fachada 2 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada 2 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona D3 – Madrid Altitud: 589m	$0,66 \frac{W}{m^2K}$

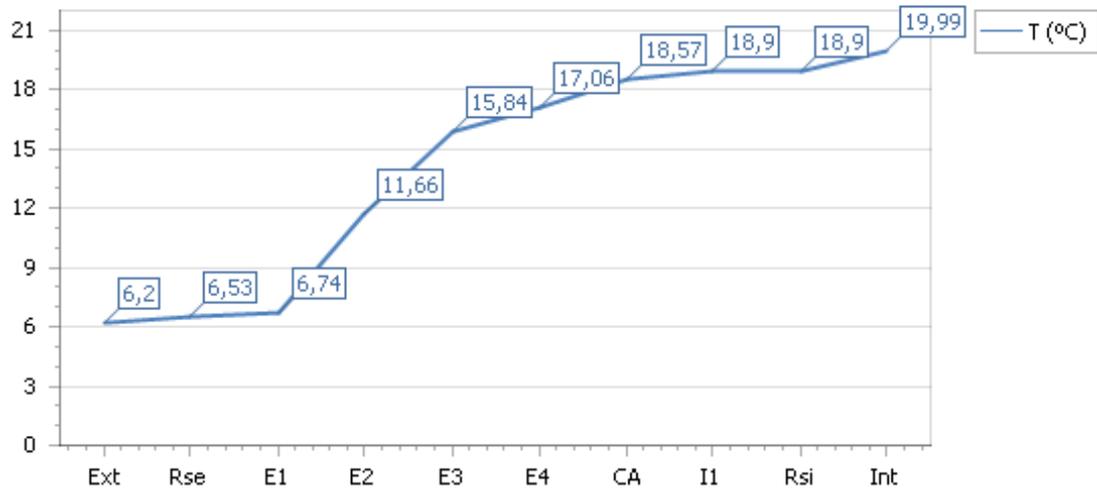
Disminuyendo el aislamiento de 0,1m a 0,02m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad 1250 -1600kg/m ³)	20	20
E2	AISLAMIENTO/POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) (densidad entre 20 a 30 kg/m ³)	20	20
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	100	20
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
CA	CAMARA DE AIRE (no ventilada)	50	50
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	319,0	299,0

Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,66	0,58
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	947,65	672,83
E1	1	983,60	768,41
E2	1	1370,69	959,57
E3	1	1798,79	969,13
E4	1	1944,02	1241,53
CA	1	2137,93	1265,42
I1	1	2182,49	1284,54
Int	1	2335,50	1284,53

Distribución de Temperaturas de Fachada 2 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada 2 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona E1 – León Altitud: 346m	$0,57 \frac{W}{m^2K}$

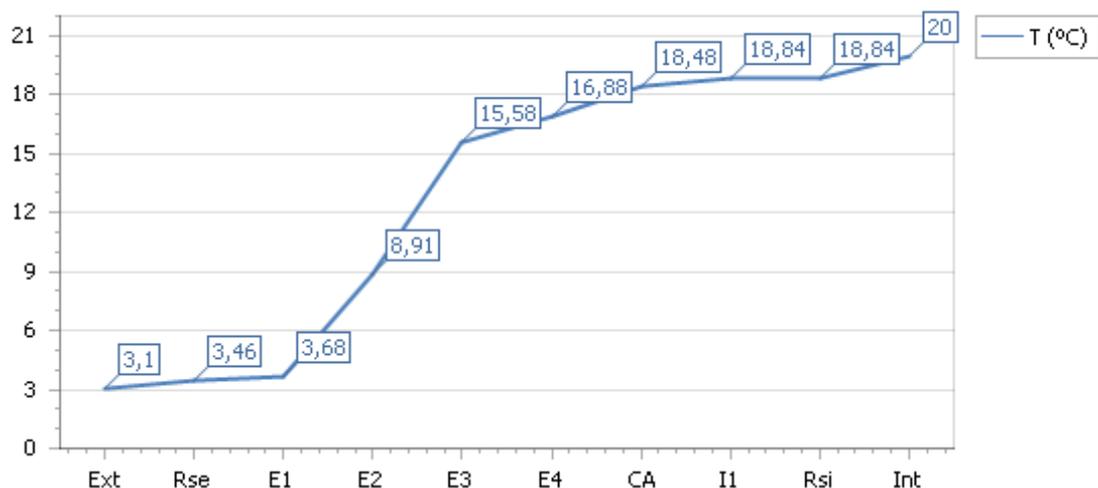
Disminuyendo el aislamiento de 0,1m a 0,03m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad 1250 -1600kg/m ³)	20	20
E2	AISLAMIENTO/POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) (densidad entre 20 a 30 kg/m ³)	20	20
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	100	30
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
CA	CAMARA DE AIRE (no ventilada)	50	50
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	319,0	299,0

Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,57	0,51
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	762,78	617,85
E1	1	794,72	721,33
E2	1	1140,50	928,30
E3	1	1769,10	943,82
E4	1	1921,97	1238,75
CA	1	2125,91	1264,62
I1	1	2174,33	1285,32
Int	1	2336,95	1285,32

Distribución de Temperaturas de Fachada 2 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada 2 en el mes (1).



11.5.3.3. Detalle 3

Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona A4 – Almería Altitud: 0m	$0,94 \frac{W}{m^2K}$

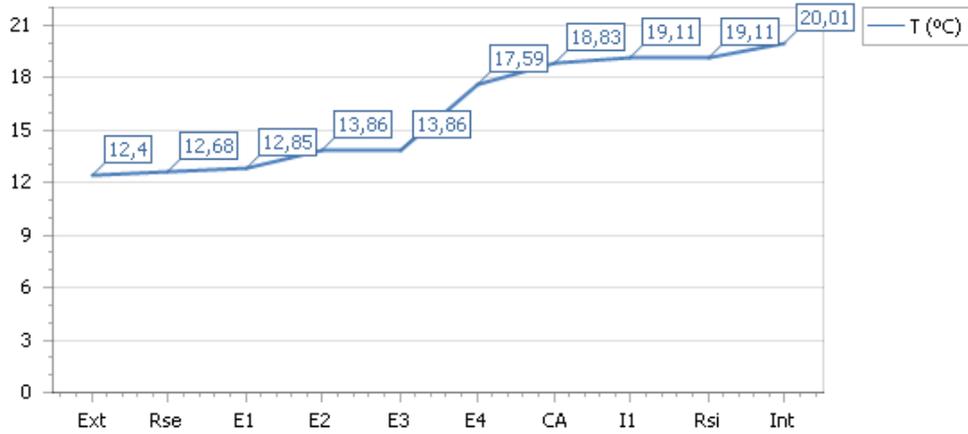
Quitando la capa de aislamiento se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad 1250 -1600kg/m ³)	20	20
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	50	0
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	8,1	8,1
CA	CAMARA DE AIRE (no ventilada)	50	50
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	157,1	107,1

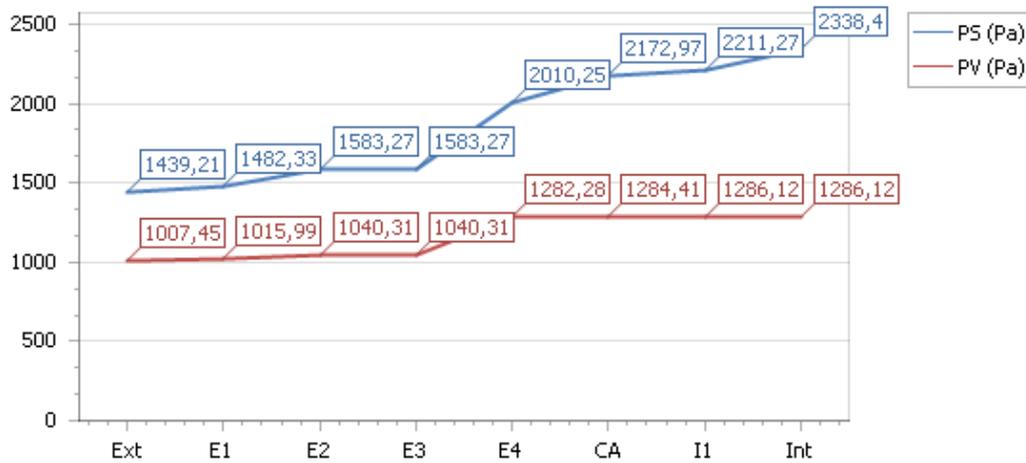
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,94	0,86
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1439,21	1007,45
E1	1	1482,33	1015,99
E2	1	1583,27	1040,31
E3	1	1583,27	1040,31
E4	1	2010,25	1282,28
CA	1	2172,97	1284,41
I1	1	2211,27	1286,12
Int	1	2338,40	1286,12

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona B4 – Sevilla Altitud: 9m	$0,82 \frac{W}{m^2K}$

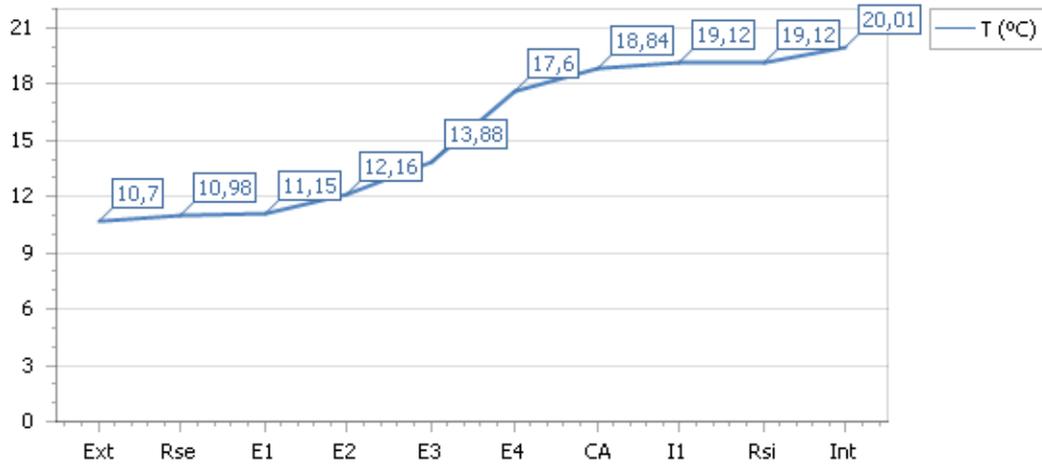
Disminuyendo el aislamiento de 0,05m a 0,01m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad 1250 -1600kg/m ³)	20	20
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	50	10
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	8,1	8,1
CA	CAMARA DE AIRE (no ventilada)	50	50
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	157,1	117,1

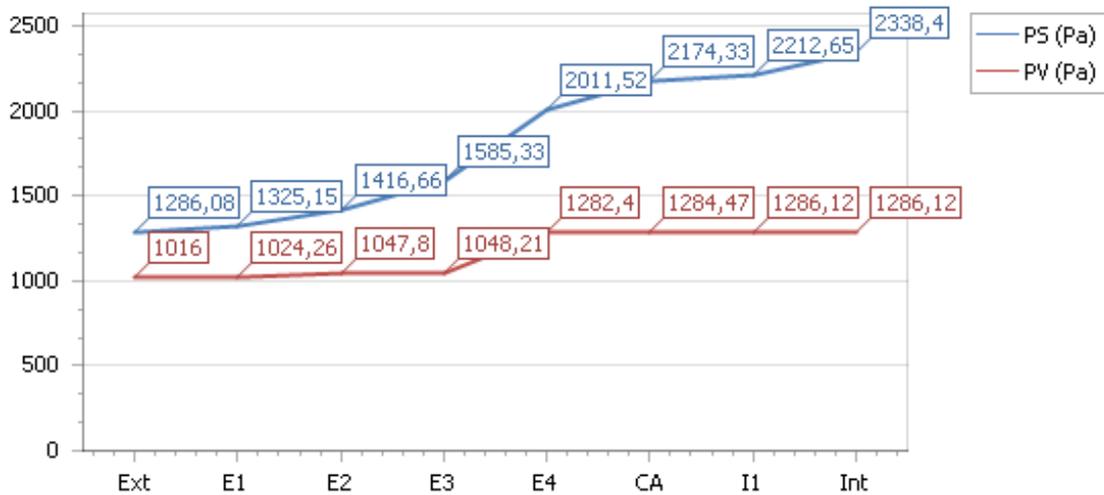
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,82	0,71
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1286,08	1016,00
E1	1	1325,15	1024,26
E2	1	1416,66	1047,80
E3	1	1585,33	1048,21
E4	1	2011,52	1282,40
CA	1	2174,33	1284,47
I1	1	2212,65	1286,12
Int	1	2338,40	1286,12

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona C1 – Bilbao Altitud: 214m	$0,73 \frac{W}{m^2K}$

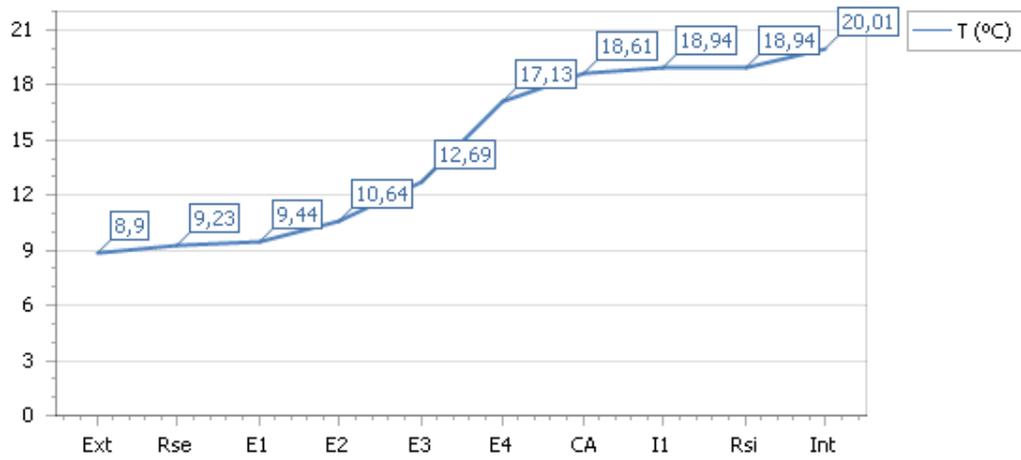
Disminuyendo el aislamiento de 0,05m a 0,01m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad 1250 -1600kg/m ³)	20	20
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	50	10
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	8,1	8,1
CA	CAMARA DE AIRE (no ventilada)	50	50
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	157,1	117,1

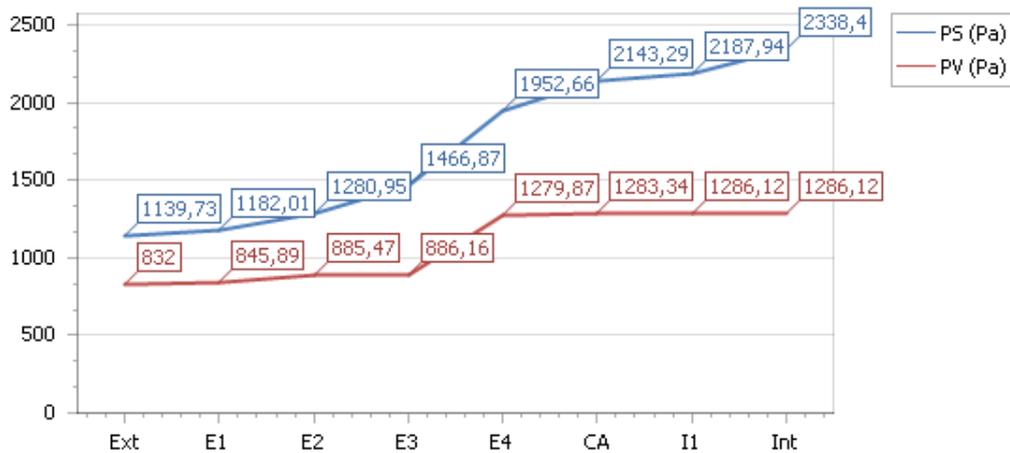
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,73	0,71
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1139,73	832,00
E1	1	1182,01	845,89
E2	1	1280,95	885,47
E3	1	1466,87	886,16
E4	1	1952,66	1279,87
CA	1	2143,29	1283,34
I1	1	2187,94	1286,12
Int	1	2338,40	1286,12

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona D3 – Madrid Altitud: 589m	$0,66 \frac{W}{m^2K}$

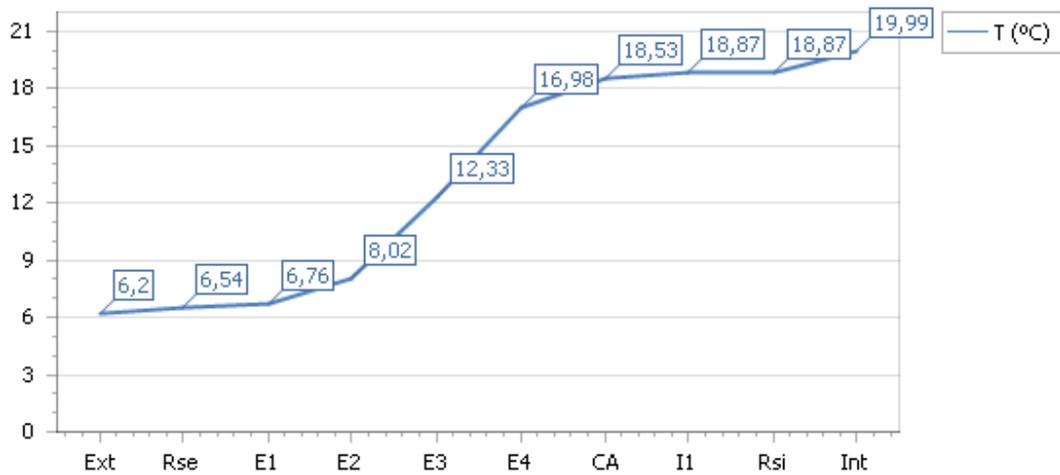
Disminuyendo el aislamiento de 0,05m a 0,02m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad 1250 -1600kg/m ³)	20	20
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	50	20
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	8,1	8,1
CA	CAMARA DE AIRE (no ventilada)	50	50
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	157,1	127,1

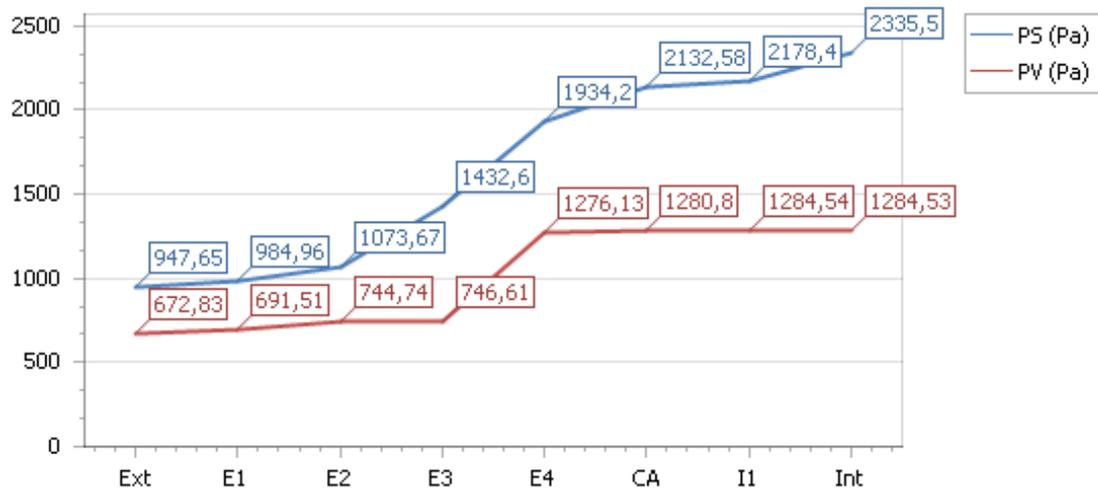
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,66	0,60
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	947,65	672,83
E1	1	984,96	691,51
E2	1	1073,67	744,74
E3	1	1432,60	746,61
E4	1	1934,20	1276,13
CA	1	2132,58	1280,80
I1	1	2178,40	1284,54
Int	1	2335,50	1284,53

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona E1 – León Altitud: 346m	$0,57 \frac{W}{m^2K}$

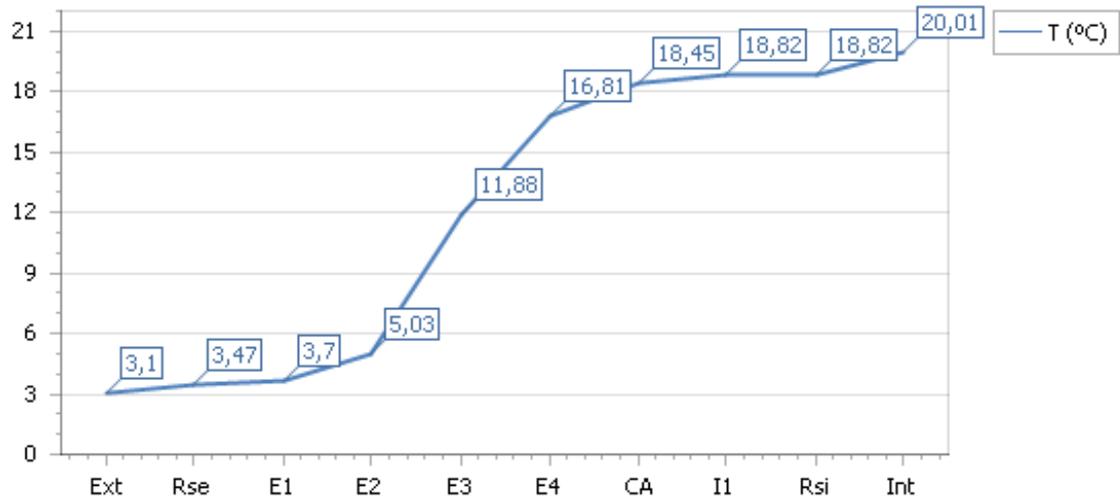
Disminuyendo el aislamiento de 0,05m a 0,03m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad 1250 -1600kg/m ³)	20	20
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	50	30
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	8,1	8,1
CA	CAMARA DE AIRE (no ventilada)	50	50
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	157,1	137,1

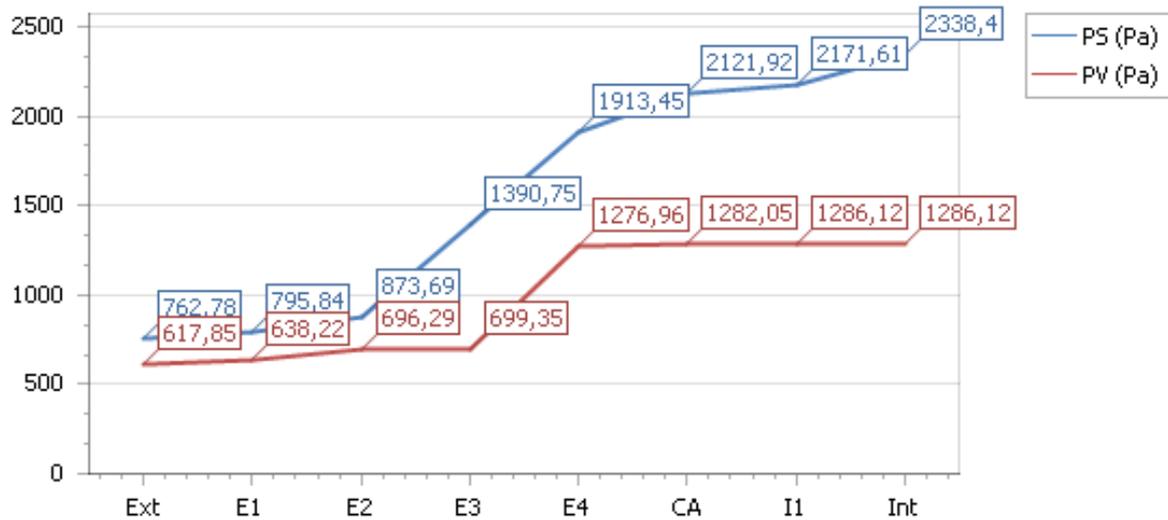
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,57	0,52
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	762,78	617,85
E1	1	795,84	638,22
E2	1	873,69	696,29
E3	1	1390,75	699,35
E4	1	1913,45	1276,96
CA	1	2121,92	1282,05
I1	1	2171,61	1286,12
Int	1	2338,40	1286,12

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



11.5.3.4. Detalle 4

Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona A4 – Almería Altitud: 0m	$0,94 \frac{W}{m^2K}$

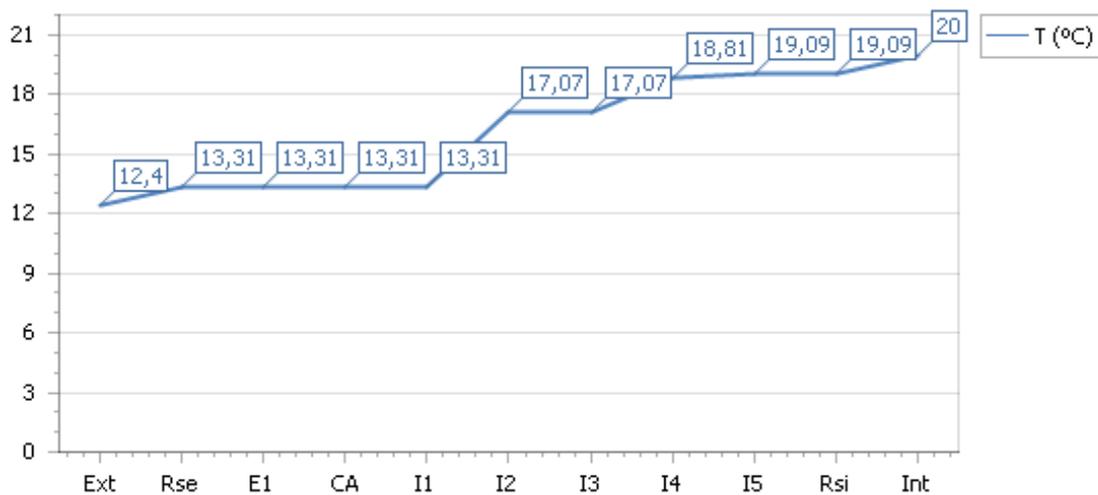
Quitando la capa de aislamiento I1 se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	20	20
CA	CAMARA DE AIRE (ventilada)	50	50
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	50	0
I2	MADERA/Paneles de madera sólida y chapada laminar (densidad <500 kg/m3)	8,1	8,1
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,2	0,2
I4	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	10	10
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m3)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	-	-
	TOTAL	238,3	138,3

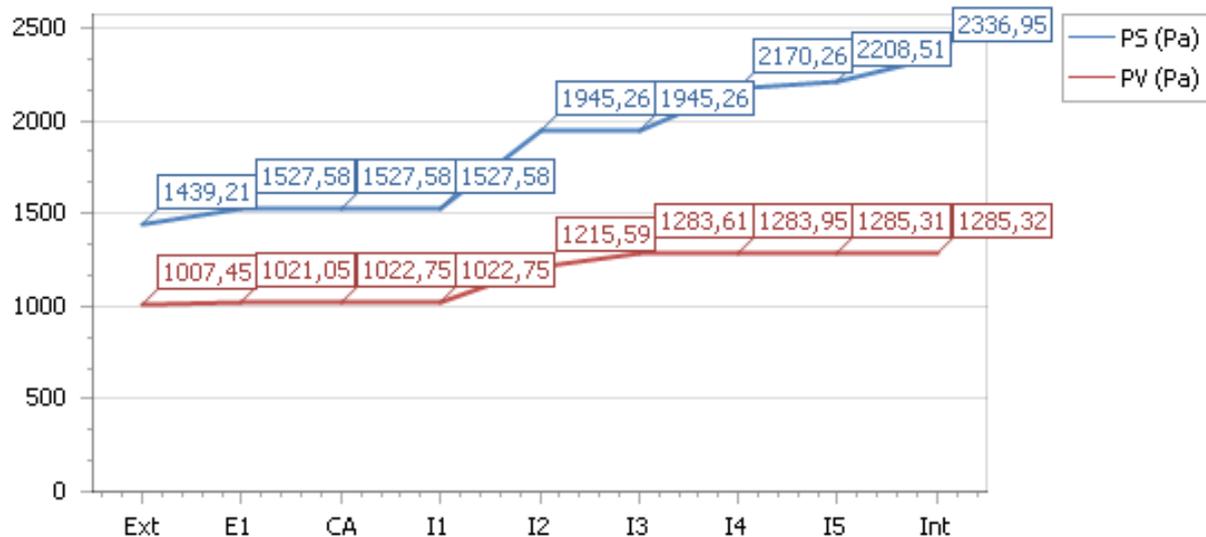
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,94	0,87
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1439,21	1007,45
E1	1	1527,58	1021,05
CA	1	1527,58	1022,75
I1	1	1527,58	1022,75
I2	1	1945,26	1215,59
I3	1	1945,26	1283,61
I4	1	2170,26	1283,95
I5	1	2208,51	1285,31
Int	1	2336,95	1285,32

Distribución de Temperaturas de Fachada 4 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada 4 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona B4 – Sevilla Altitud: 9m	$0,82 \frac{W}{m^2K}$

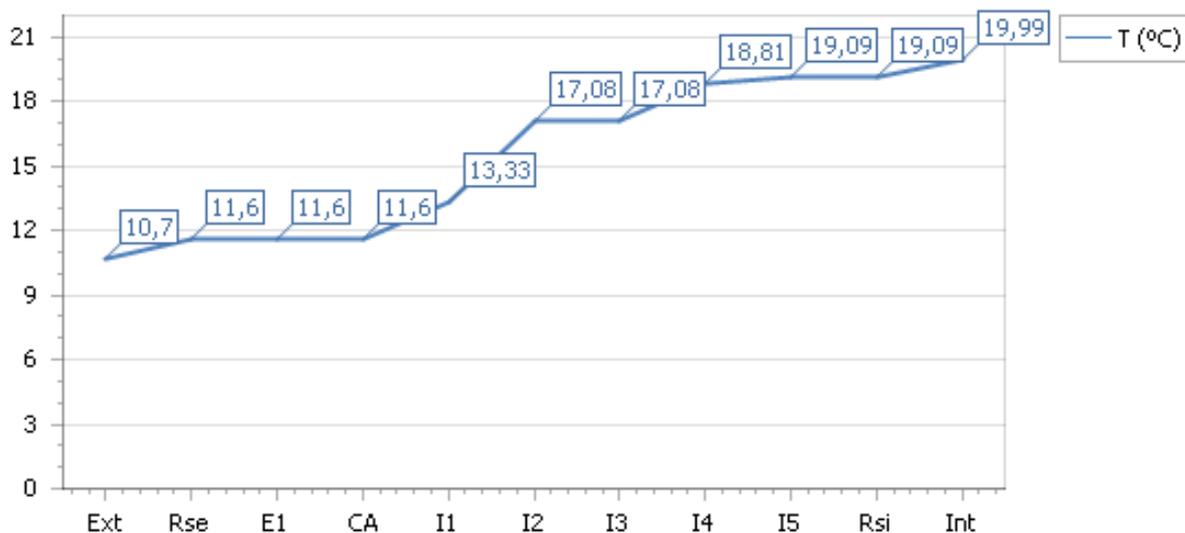
Disminuyendo el aislamiento que se encuentra más en el exterior de 0,05m a 0,01m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	20	20
CA	CAMARA DE AIRE (ventilada)	50	50
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	50	10
I2	MADERA/Paneles de madera sólida y chapada laminar (densidad <500 kg/m3)	8,1	8,1
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,2	0,2
I4	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	10	10
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m3)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	-	-
	TOTAL	238,3	138,3

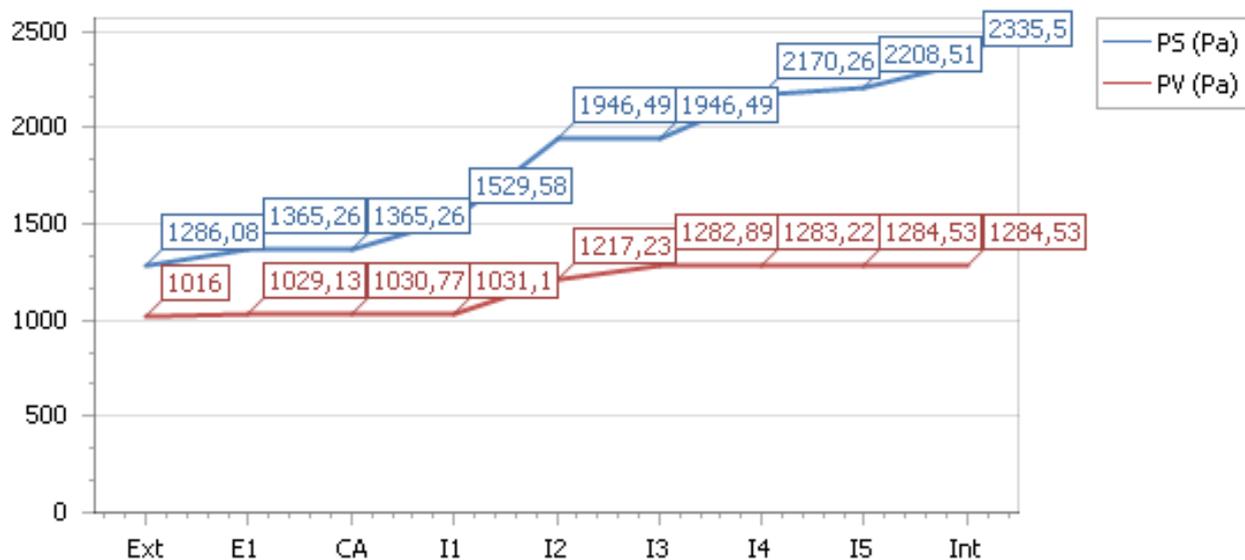
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,82	0,71
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1286,08	1016,00
E1	1	1365,26	1029,13
CA	1	1365,26	1030,77
I1	1	1529,58	1031,10
I2	1	1946,49	1217,23
I3	1	1946,49	1282,89
I4	1	2170,26	1283,22
I5	1	2208,51	1284,53
Int	1	2335,50	1284,53

Distribución de Temperaturas de Fachada 4 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada 4 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona C1 – Bilbao Altitud: 214m	$0,73 \frac{W}{m^2K}$

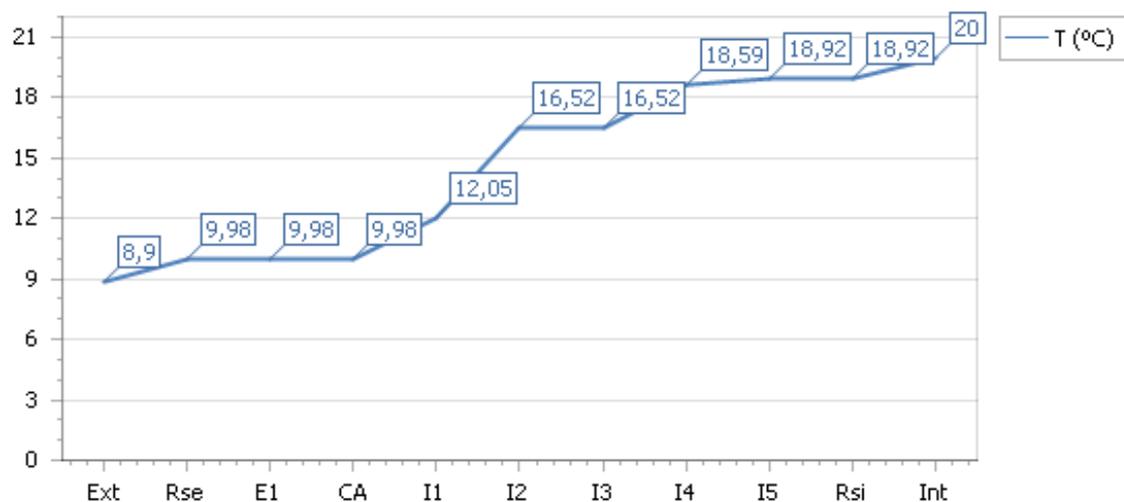
Disminuyendo el aislamiento que se encuentra más en el exterior de 0,05m a 0,01m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	20	20
CA	CAMARA DE AIRE (ventilada)	50	50
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	50	10
I2	MADERA/Paneles de madera sólida y chapada laminar (densidad <500 kg/m3)	8,1	8,1
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,2	0,2
I4	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	10	10
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m3)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	-	-
	TOTAL	238,3	138,3

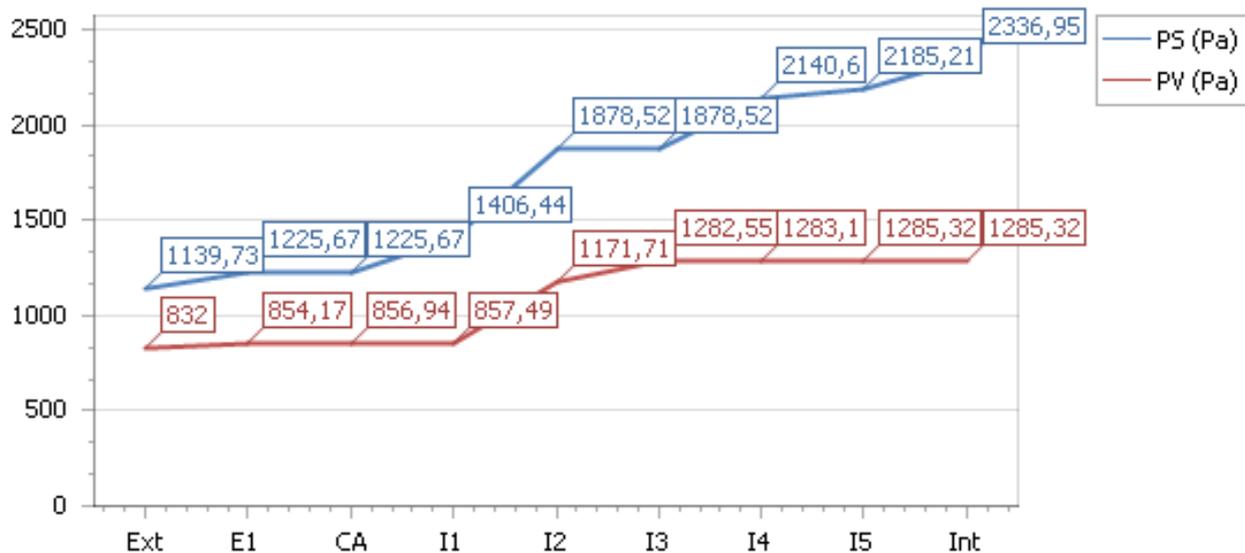
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,73	0,71
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1139,73	832,00
E1	1	1225,67	854,17
CA	1	1225,67	856,94
I1	1	1406,44	857,49
I2	1	1878,52	1171,71
I3	1	1878,52	1282,55
I4	1	2140,60	1283,10
I5	1	2185,21	1285,32
Int	1	2336,95	1285,32

Distribución de Temperaturas de Fachada 4 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada 4 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona D3– Madrid Altitud: 589m	$0,66 \frac{W}{m^2K}$

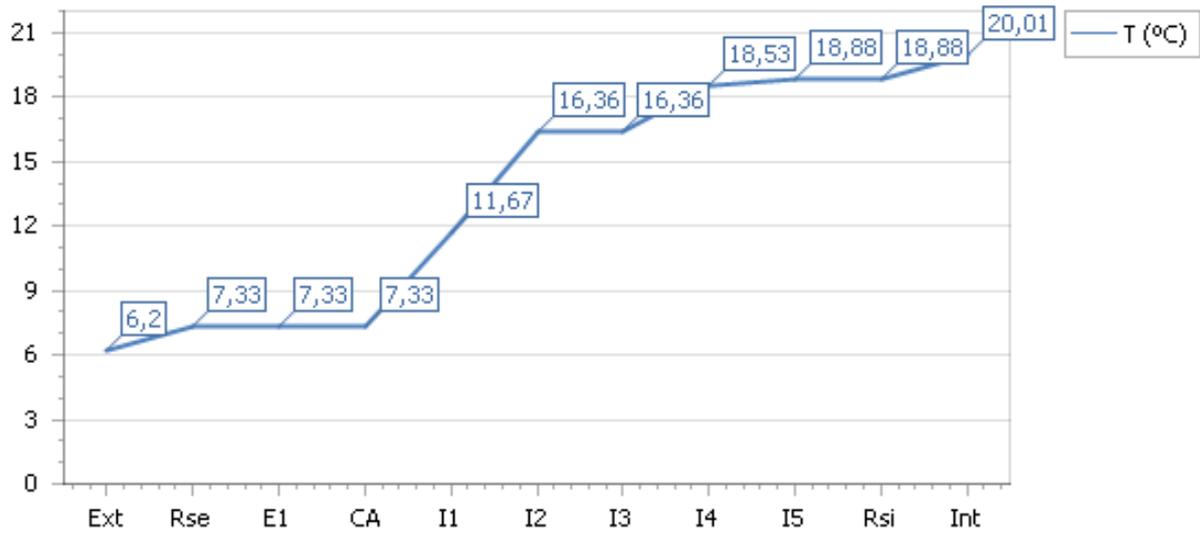
Disminuyendo el aislamiento que se encuentra más en el exterior de 0,05m a 0,02m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	20	20
CA	CAMARA DE AIRE (ventilada)	50	50
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	50	20
I2	MADERA/Paneles de madera sólida y chapada laminar (densidad <500 kg/m3)	8,1	8,1
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,2	0,2
I4	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	10	10
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m3)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	-	-
	TOTAL	238,3	138,3

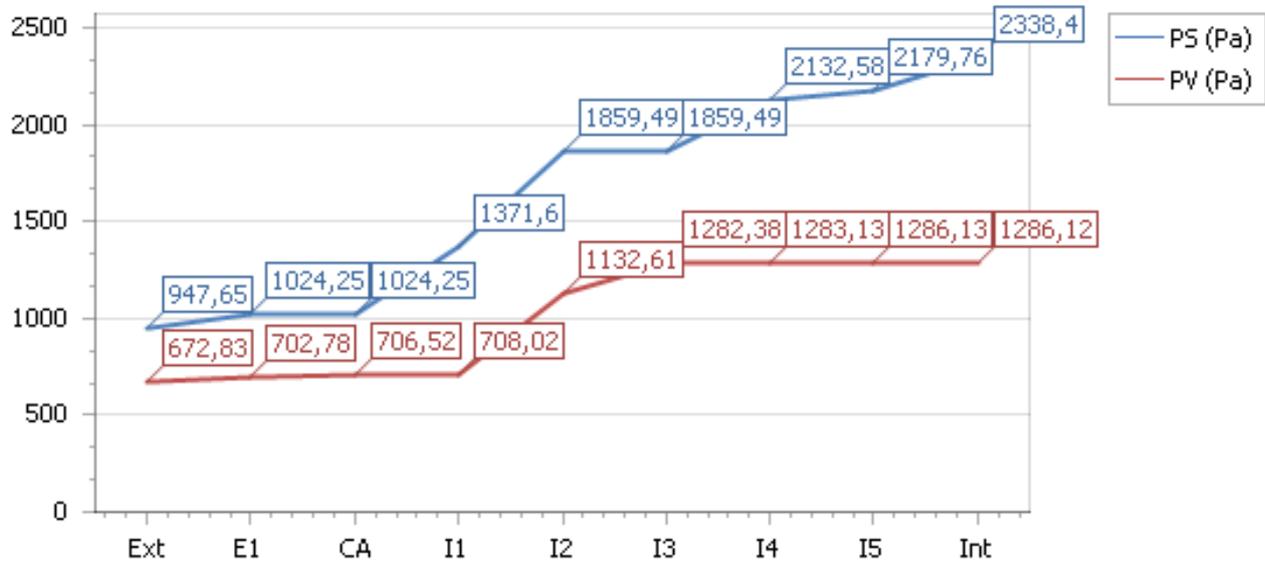
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,66	0,60
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	947,65	672,83
E1	1	1024,25	702,78
CA	1	1024,25	706,52
I1	1	1371,60	708,02
I2	1	1859,49	1132,61
I3	1	1859,49	1282,38
I4	1	2132,58	1283,13
I5	1	2179,76	1286,13
Int	1	2338,40	1286,12

Distribución de Temperaturas de Fachada 4 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada 4 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona E1 – León Altitud: 346m	$0,57 \frac{W}{m^2K}$

Disminuyendo el aislamiento que se encuentra más en el exterior de 0,05m a 0,03m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	20	20
CA	CAMARA DE AIRE (ventilada)	50	50
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	50	30
I2	MADERA/Paneles de madera sólida y chapada laminar (densidad <500 kg/m3)	8,1	8,1
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,2	0,2
I4	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	10	10
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m3)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m3)	-	-
	TOTAL	238,3	158,3

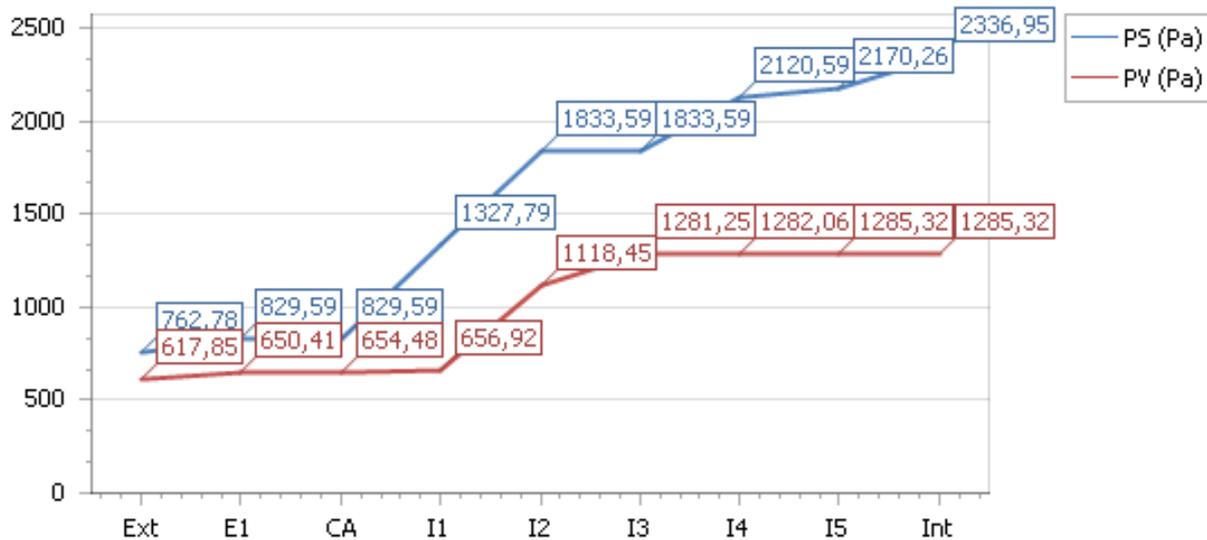
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,57	0,52
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	762,78	617,85
E1	1	829,59	650,41
CA	1	829,59	654,48
I1	1	1327,79	656,92
I2	1	1833,59	1118,45
I3	1	1833,59	1281,25
I4	1	2120,59	1282,06
I5	1	2170,26	1285,32
Int	1	2336,95	1285,32

Distribución de Temperaturas de Fachada 4 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada 4 en el mes (1).



11.5.3.5. Detalle 5

Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona A4 – Almería Altitud: 0m	$0,94 \frac{W}{m^2K}$

Disminuyendo el aislamiento de 0,14m a 0,01m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del

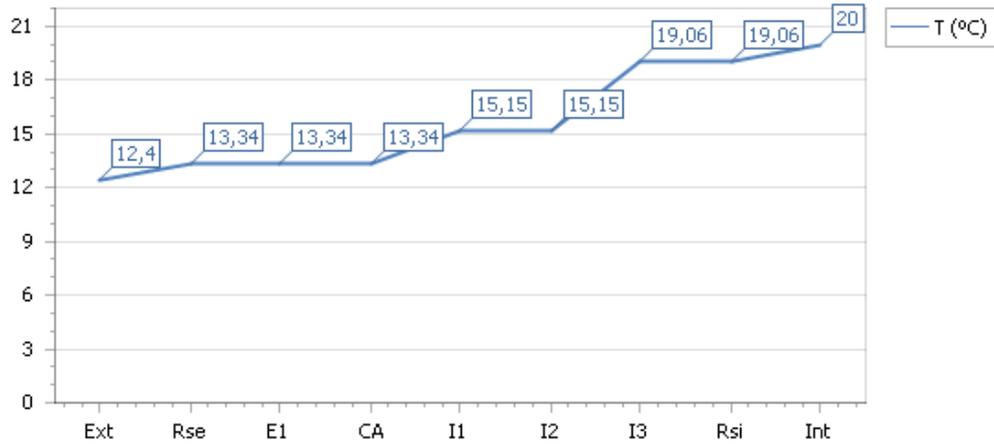
		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	30	30
CA	CAMARA DE AIRE (ventilada)	25	25
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	140	10
I2	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,2	0,2
I3	MADERA/Paneles de madera sólida y chapada laminar (densidad < 500 kg/m ³)	81	81
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	276,2	146,2

Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,94	0,89
--	------	------

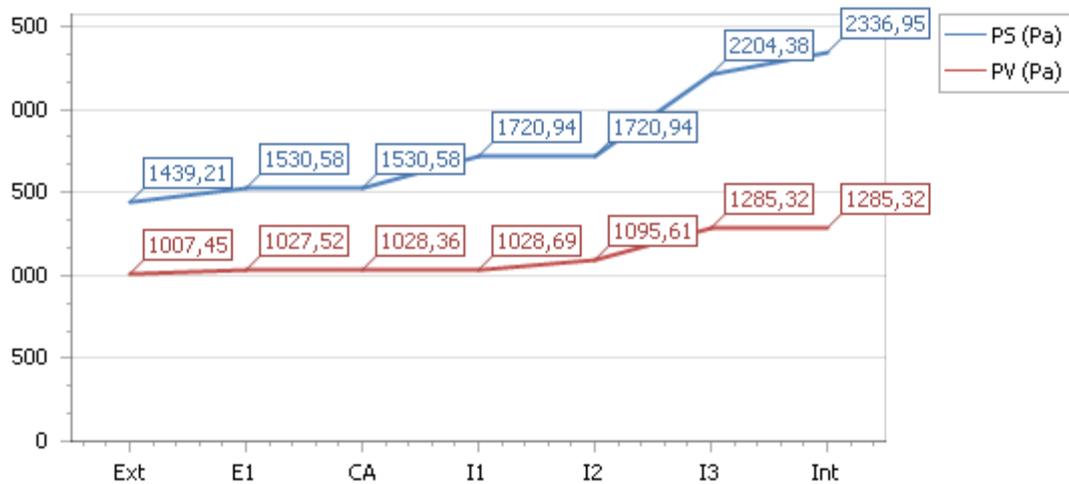
año. Por tanto se cumple la normativa.

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1439,21	1007,45
E1	1	1530,58	1027,52
CA	1	1530,58	1028,36
I1	1	1720,94	1028,69
I2	1	1720,94	1095,61
I3	1	2204,38	1285,32
Int	1	2336,95	1285,32

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona B4 – Sevilla Altitud: 9m	$0,82 \frac{W}{m^2K}$

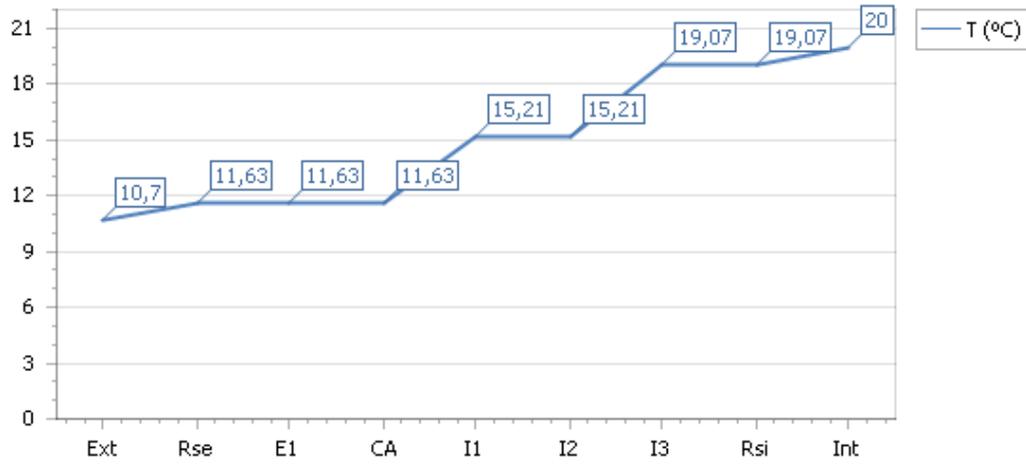
Disminuyendo el aislamiento de 0,14m a 0,02m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	30	30
CA	CAMARA DE AIRE (ventilada)	25	25
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	140	20
I2	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,2	0,2
I3	MADERA/Paneles de madera sólida y chapada laminar (densidad < 500 kg/m ³)	81	81
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	276,2	156,2

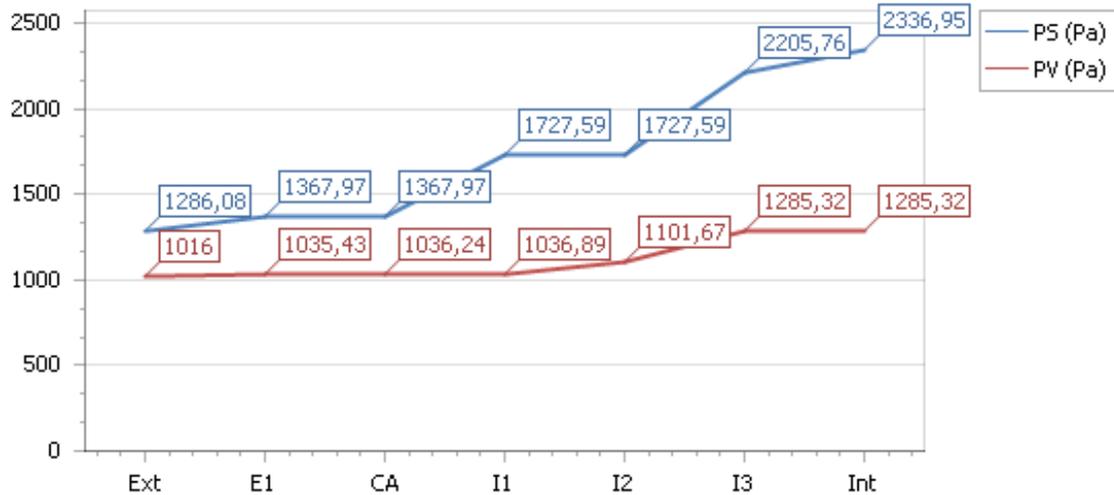
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,82	0,73
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1286,08	1016,00
E1	1	1367,97	1035,43
CA	1	1367,97	1036,24
I1	1	1727,59	1036,89
I2	1	1727,59	1101,67
I3	1	2205,76	1285,32
Int	1	2336,95	1285,32

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona C1 – Bilbao Altitud: 214m	$0,73 \frac{W}{m^2K}$

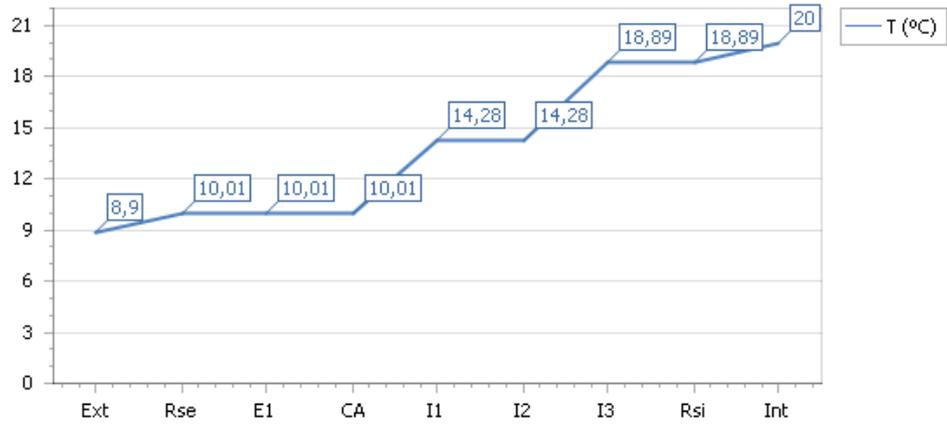
Disminuyendo el aislamiento de 0,14m a 0,02m se consigue la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Esesor (mm.)	Esesor (mm.)
E1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	30	30
CA	CAMARA DE AIRE (ventilada)	25	25
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	140	20
I2	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,2	0,2
I3	MADERA/Paneles de madera sólida y chapada laminar (densidad < 500 kg/m ³)	81	81
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	276,2	156,2

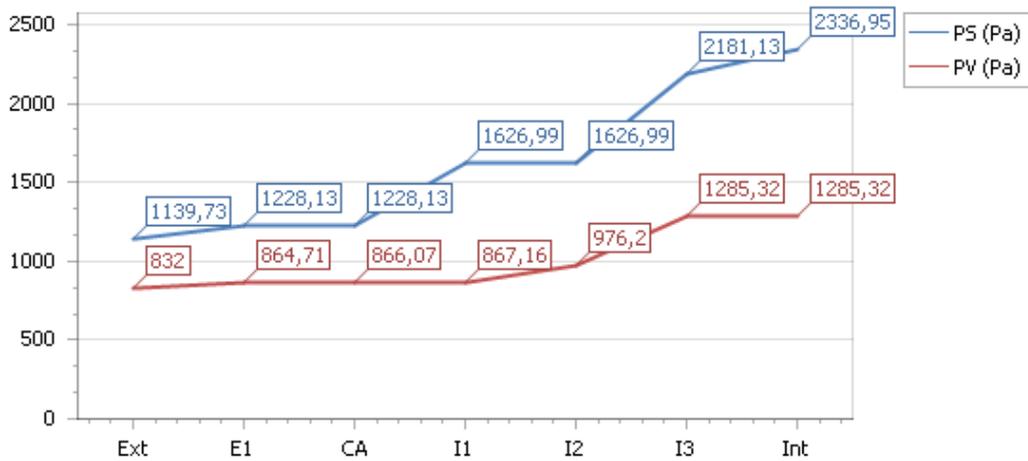
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,73	0,73
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1139,73	832,00
E1	1	1228,13	864,71
CA	1	1228,13	866,07
I1	1	1626,99	867,16
I2	1	1626,99	976,20
I3	1	2181,13	1285,32
Int	1	2336,95	1285,32

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona D3 – Madrid Altitud: 589m	$0,66 \frac{W}{m^2K}$

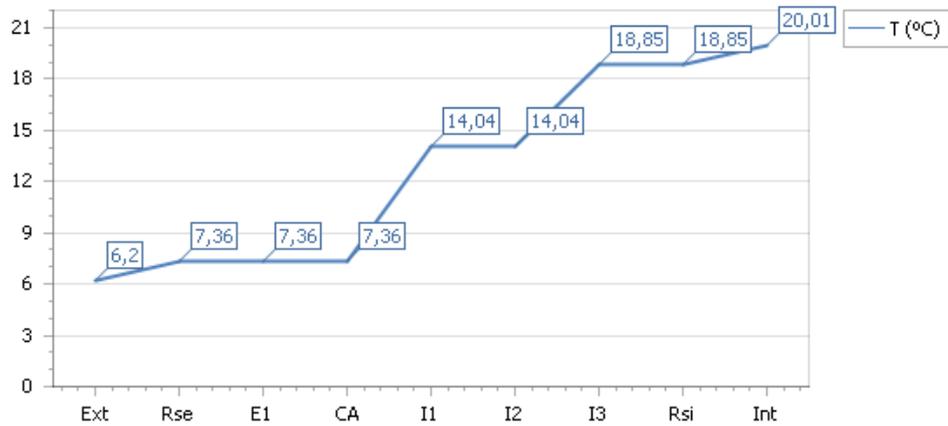
Disminuyendo el aislamiento de 0,14m a 0,03m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	30	30
CA	CAMARA DE AIRE (ventilada)	25	25
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	140	30
I2	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,2	0,2
I3	MADERA/Paneles de madera sólida y chapada laminar (densidad < 500 kg/m ³)	81	81
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	276,2	166,2

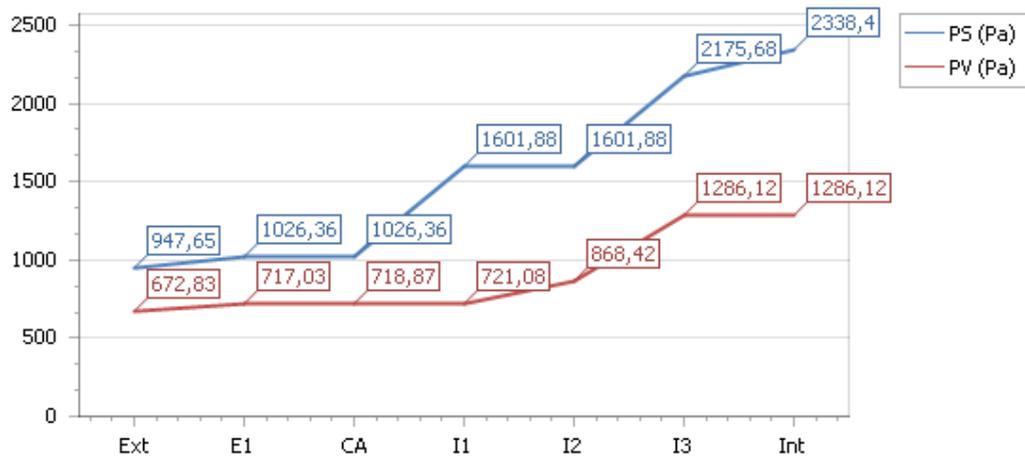
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,66	0,61
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	947,65	672,83
E1	1	1026,36	717,03
CA	1	1026,36	718,87
I1	1	1601,88	721,08
I2	1	1601,88	868,42
I3	1	2175,68	1286,12
Int	1	2338,40	1286,12

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona E1 – León Altitud: 346m	$0,57 \frac{W}{m^2K}$

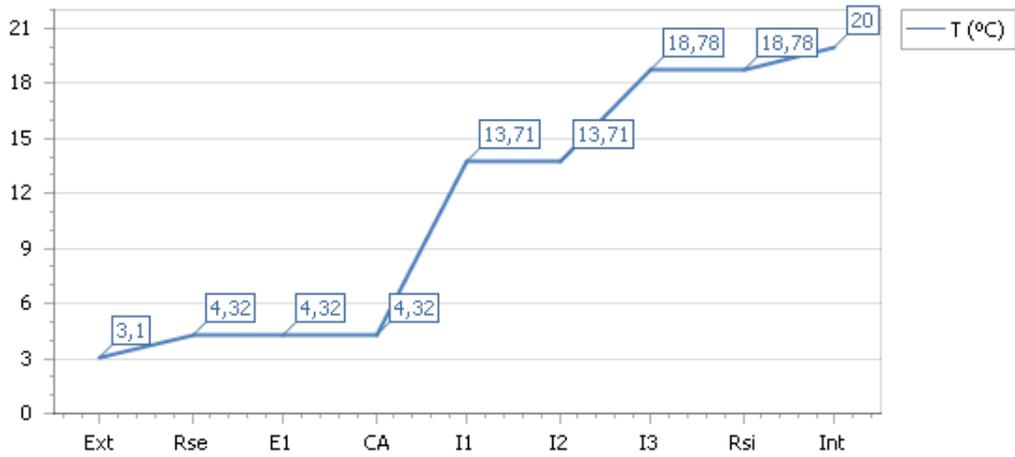
Disminuyendo el aislamiento de 0,14m a 0,04m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	30	30
CA	CAMARA DE AIRE (ventilada)	25	25
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	140	40
I2	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,2	0,2
I3	MADERA/Paneles de madera sólida y chapada laminar (densidad < 500 kg/m ³)	81	81
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	276,2	176,2

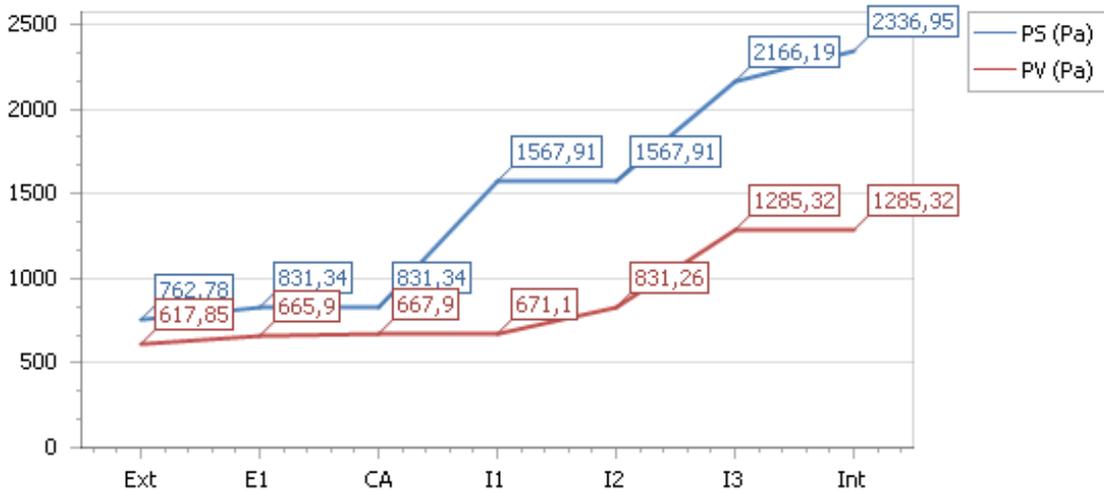
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,57	0,53
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	762,78	617,85
E1	1	831,34	665,90
CA	1	831,34	667,90
I1	1	1567,91	671,10
I2	1	1567,91	831,26
I3	1	2166,19	1285,32
Int	1	2336,95	1285,32

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



11.5.3.6. Detalle 6

Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona A4 – Almería Altitud: 0m	$0,94 \frac{W}{m^2K}$

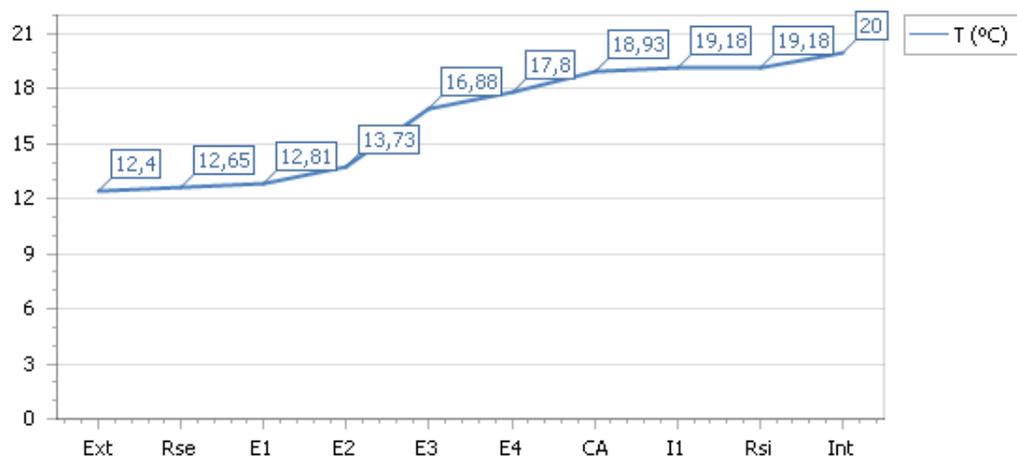
Disminuyendo el aislamiento de 0,05m a 0,02m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad 1250-1600 kg/m ³)	20	20
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
E3	ASLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	50	20
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
CA	CAMARA DE AIRE (ventilada)	50	50
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	168	138

Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,94	0,80
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1439,21	1007,45
E1	1	1478,45	1045,78
E2	1	1569,95	1155,01
E3	1	1921,97	1158,84
E4	1	2037,03	1268,07
CA	1	2186,58	1277,65
I1	1	2220,93	1285,32
Int	1	2336,95	1285,32

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona B4 – Sevilla Altitud: 9m	$0,82 \frac{W}{m^2K}$

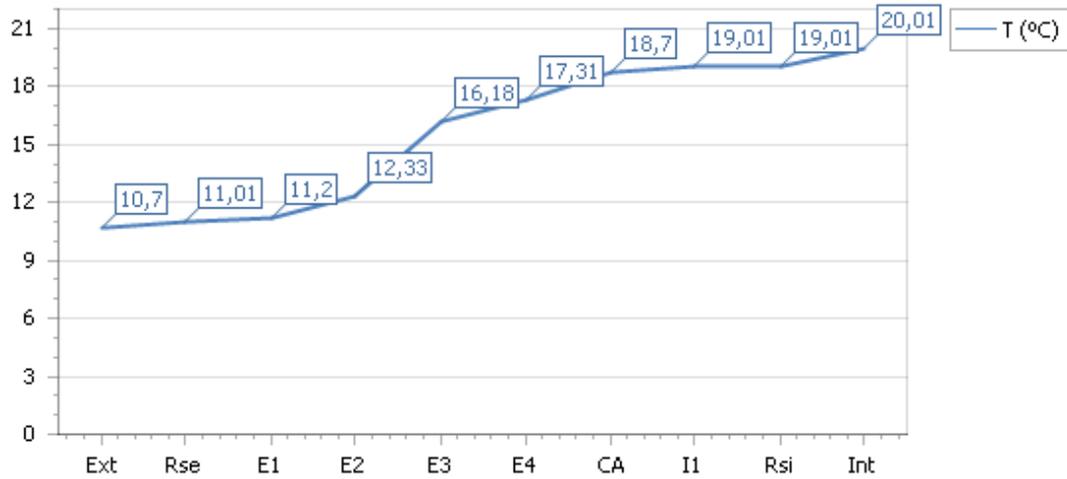
Disminuyendo el aislamiento de 0,05m a 0,02m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad 1250-1600 kg/m ³)	20	20
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	50	20
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
CA	CAMARA DE AIRE (ventilada)	50	50
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	168	138

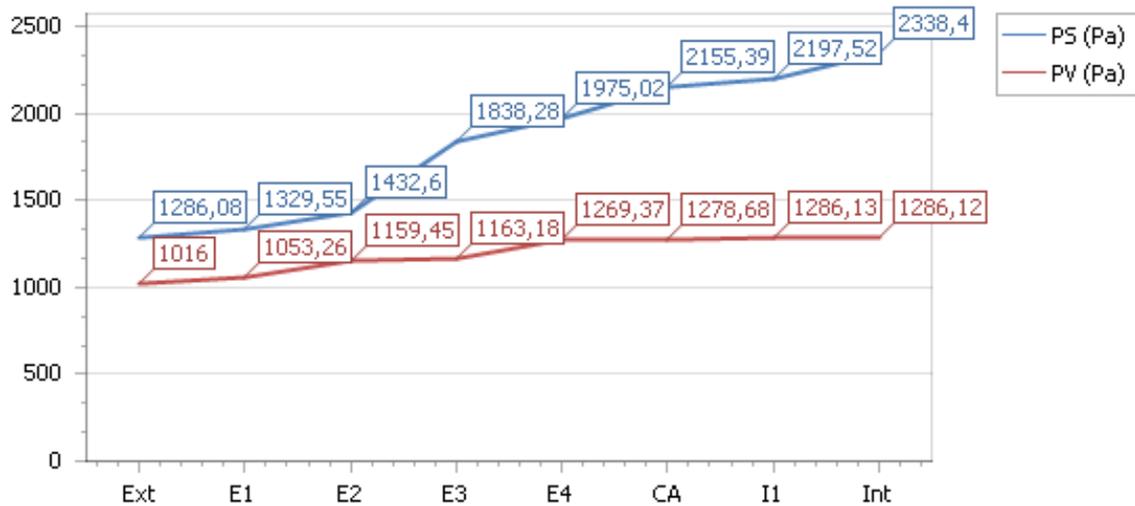
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,82	0,80
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1286,08	1016,00
E1	1	1329,55	1053,26
E2	1	1432,60	1159,45
E3	1	1838,28	1163,18
E4	1	1975,02	1269,37
CA	1	2155,39	1278,68
I1	1	2197,52	1286,13
Int	1	2338,40	1286,12

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona C1 – Bilbao Altitud: 214m	$0,73 \frac{W}{m^2K}$

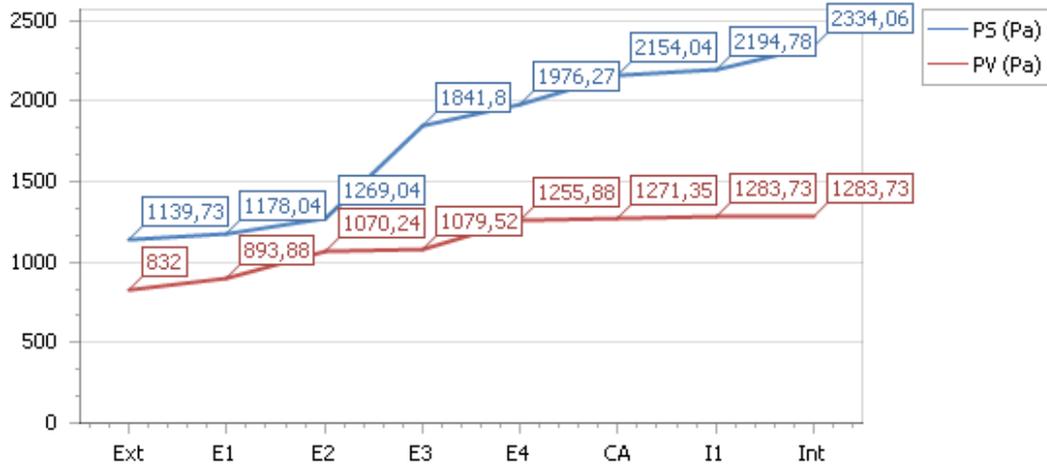
Disminuyendo el aislamiento de 0,05m a 0,03m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad 1250-1600 kg/m ³)	20	20
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	50	30
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
CA	CAMARA DE AIRE (ventilada)	50	50
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	168	148

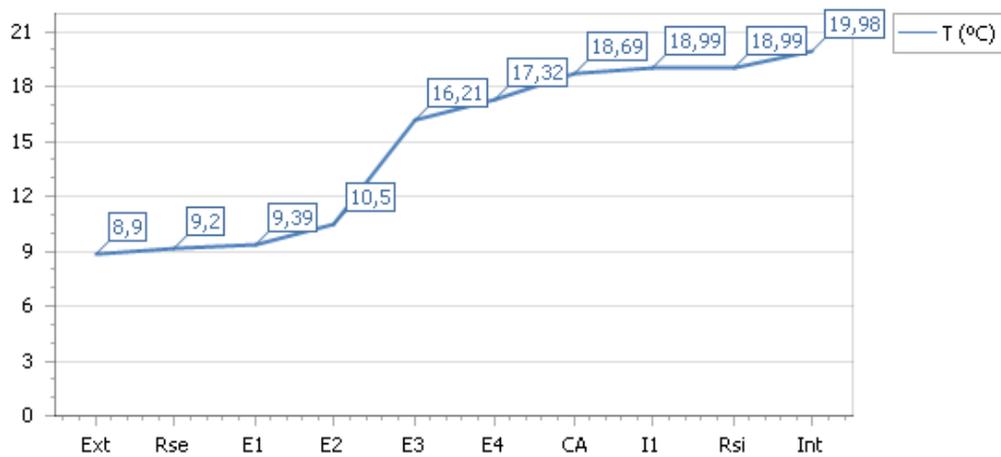
Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,73	0,67
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	1139,73	832,00
E1	1	1178,04	893,88
E2	1	1269,04	1070,24
E3	1	1841,80	1079,52
E4	1	1976,27	1255,88
CA	1	2154,04	1271,35
I1	1	2194,78	1283,73
Int	1	2334,06	1283,73

Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona D3 – Madrid Altitud: 589m	$0,66 \frac{W}{m^2K}$

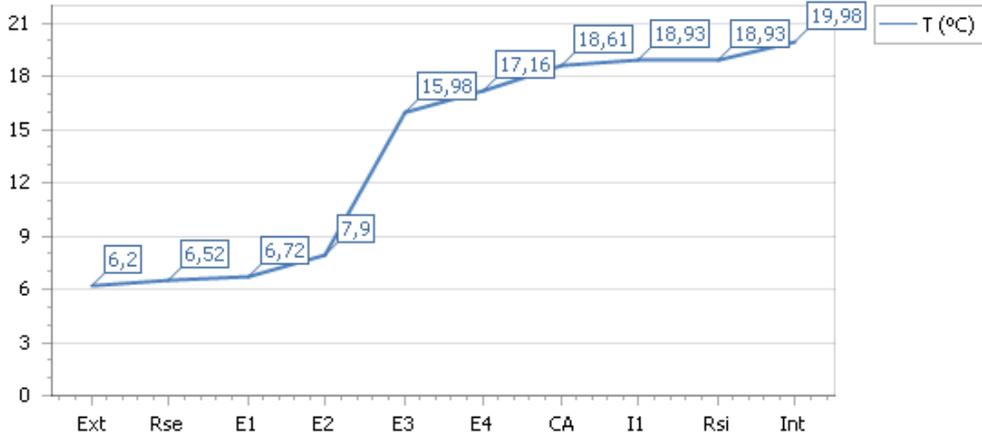
Disminuyendo el aislamiento de 0,05m a 0,04m se consigue la mayor transmitancia por debajo de la transmitancia límite, evitando la condensación en todos los meses del año. Por tanto se cumple la normativa.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad 1250-1600 kg/m ³)	20	20
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	50	40
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
CA	CAMARA DE AIRE (ventilada)	50	50
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	168	158

Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,66	0,57
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	947,65	672,83
E1	1	982,25	755,95
E2	1	1064,93	992,83
E3	1	1814,96	1009,45
E4	1	1956,37	1246,33
CA	1	2143,29	1267,11
I1	1	2186,58	1283,73
Int	1	2334,06	1283,73

Distribución de Temperaturas de Fachada1 en el mes (1).



Distribución de Presiones de Fachada1 en el mes (1).



Ubicación	Transmitancia Z.C. (CTE)
Zona E1 – León Altitud: 346m	$0,57 \frac{W}{m^2K}$

En este caso, es necesario aumentar el aislamiento de 0,05m hasta 2,03m para evitar las condensaciones, lo que es inviable. Por ello, se propone un diseño de fachada con un aislamiento de espesor 0,1m. El valor de la transmitancia cumple la normativa.

Para esa solución con esta tipología de fachadas se producen condensaciones por lo tanto no es una solución adecuada en esta zona climática. La solución pasaría probablemente por colocar alguna barrera de vapor que evite que se produzcan las condensaciones en esa solución constructiva.

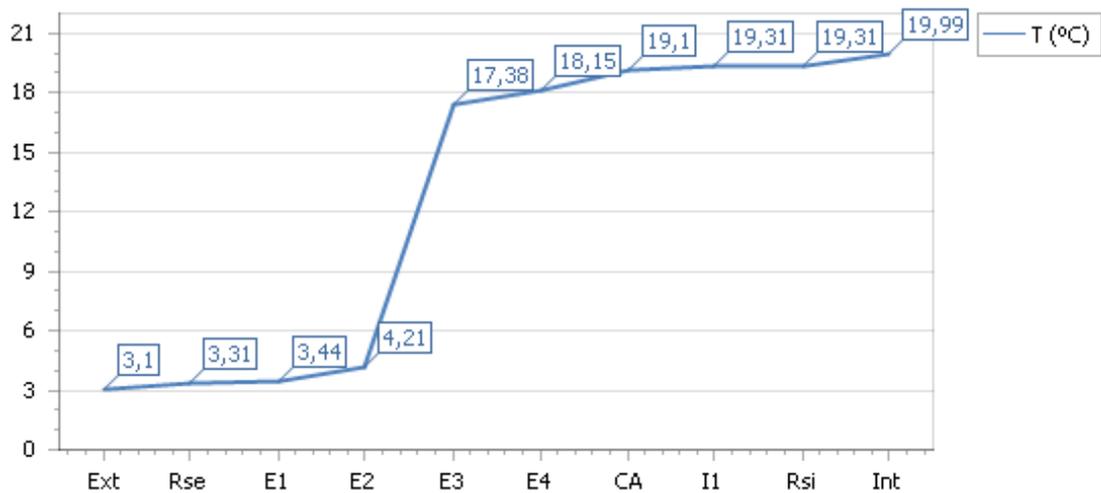
La aparición de condensaciones se muestra en la tabla y gráfica de distribución de presiones. Se puede observar como la presión de vapor supera a la presión de saturación.

		Solución inicial	Solución Propuesta
		Espesor (mm.)	Espesor (mm.)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad 1250-1600 kg/m ³)	20	20
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	50	100
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	19	19
CA	CAMARA DE AIRE (ventilada)	50	50
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	10	10
	Montantes MADERA/Conífera (densidad menor que 435 kg/m ³)	-	-
	TOTAL	168	2148

Transmitancia térmica U (W/m ² K)	0,57	0,31
--	------	------

Capa	Mes	PS	PV
Ext	1	762,78	617,85
E1	1	781,36	705,00
E2	1	824,94	953,37
E3	1	1983,78	996,94
E4	1	2082,36	1245,31
CA	1	2209,89	1267,10
I1	1	2238,98	1284,53
Int	1	2335,50	1284,53

Distribución de Temperaturas de Fachada 6 en el mes (1).



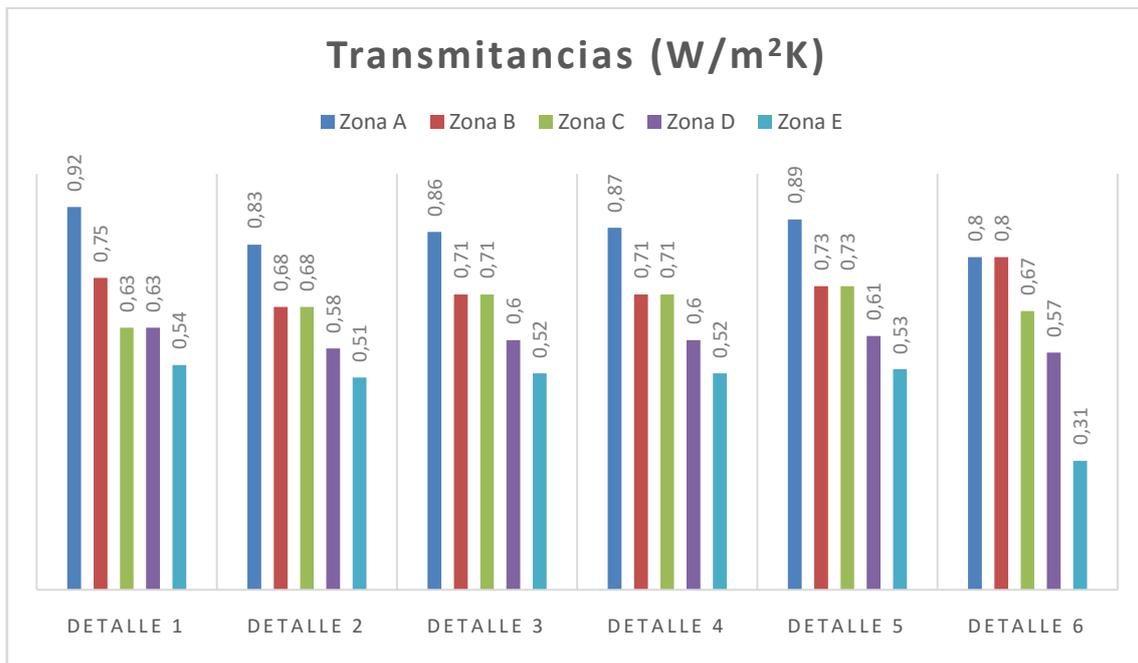
Distribución de Presiones de Fachada 6 en el mes (1).



11.5.4. Conclusiones

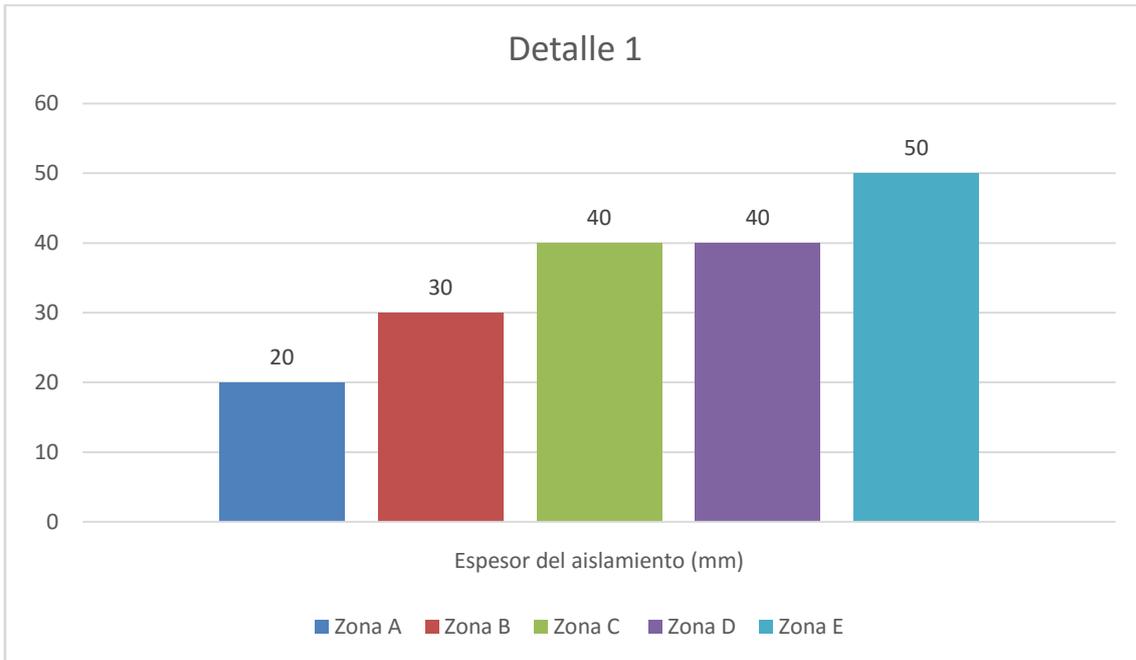
En las siguientes gráficas se muestran los valores en los que se tiene que encontrar el espesor del aislamiento para cumplir la normativa relativa a las transmitancias y para que no existan condensaciones.

Primero se muestran los valores de las transmitancias de las seis fachadas que se han obtenido tras reducir el espesor de los aislamientos. (W/m^2K)

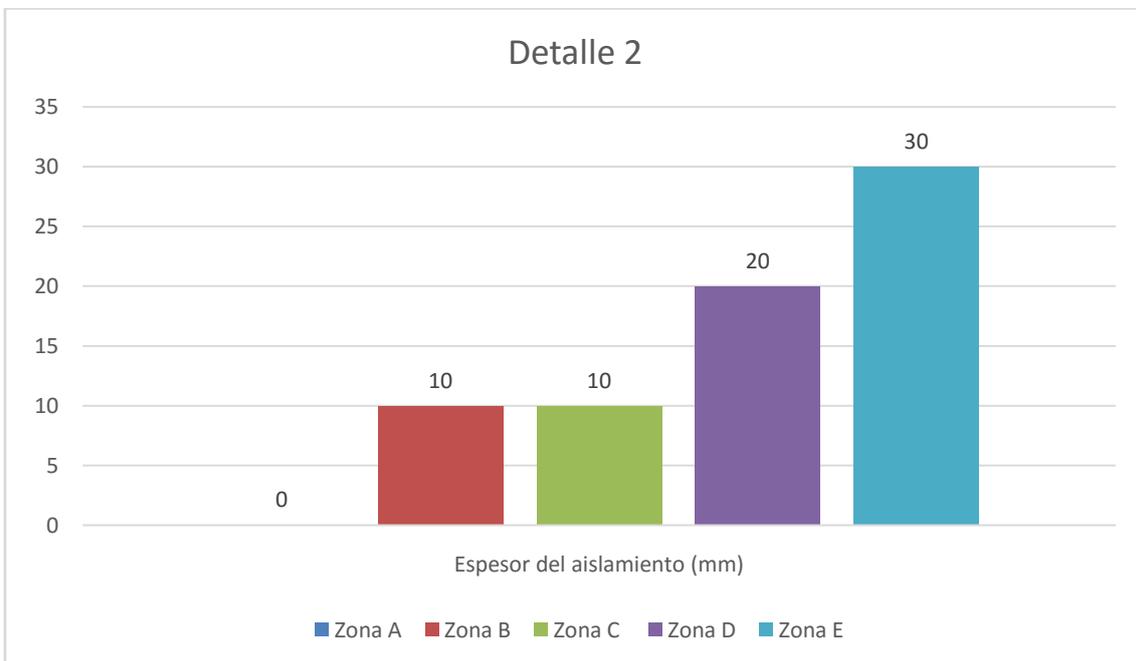


En todas las soluciones las transmitancias aumentan según se reduce el espesor de la capa de aislamiento, lográndose en algún caso conseguir el valor de la transmitancia límite.

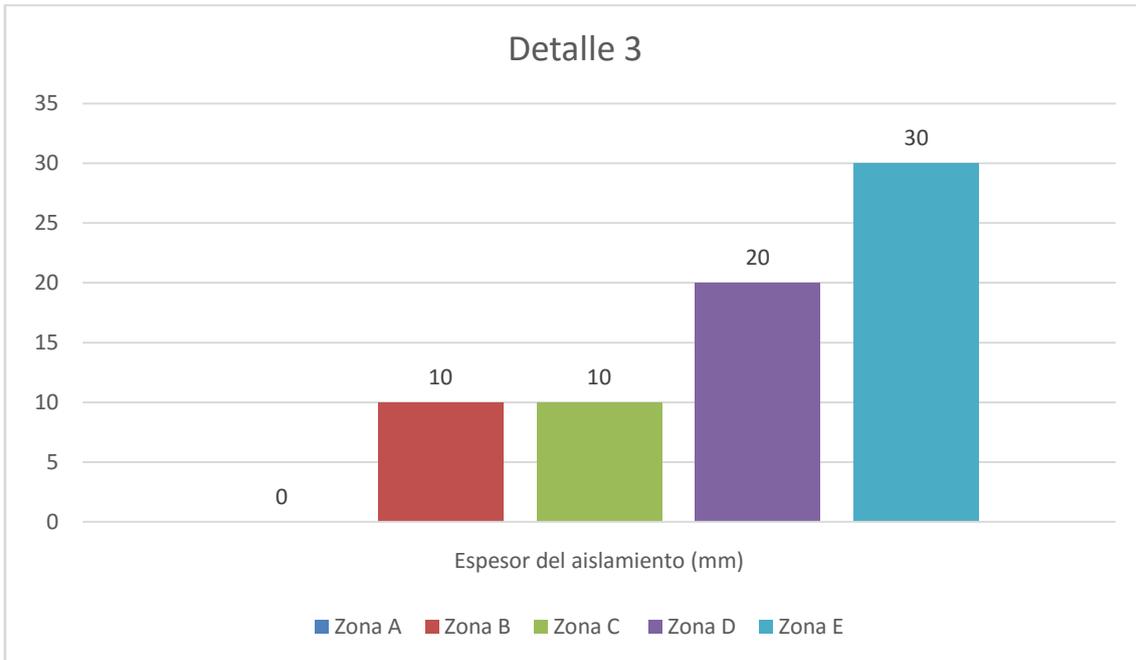
En algunas zonas el valor de la transmitancia es el mismo, esto se debe a que para cumplir la normativa necesitan el mismo espesor de aislamiento.



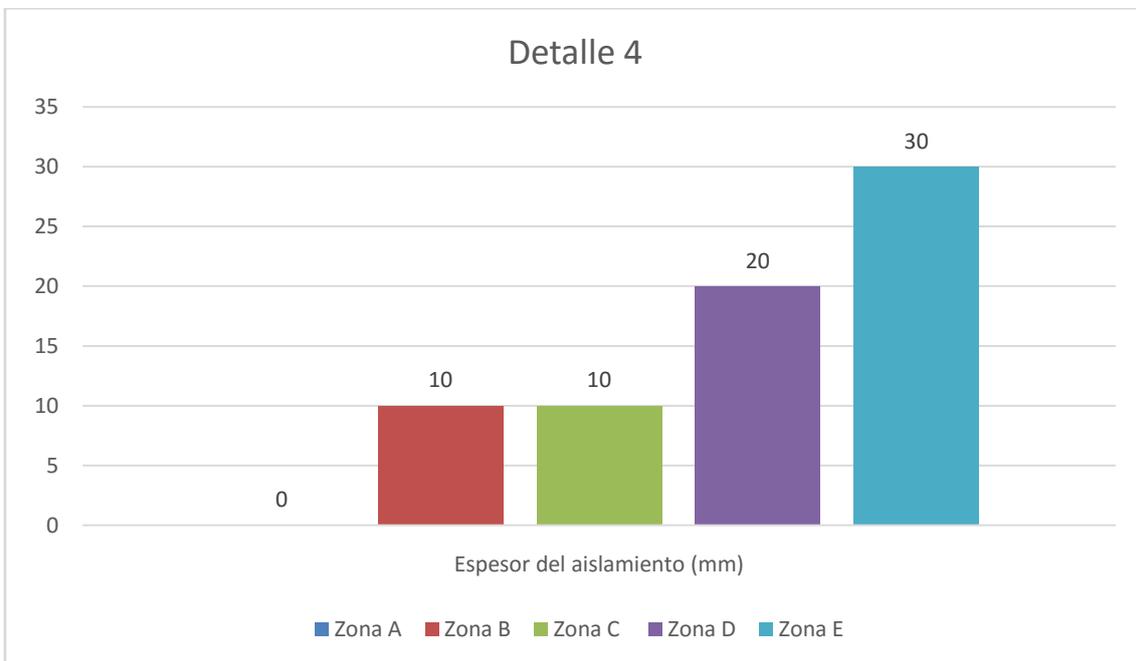
En el primer tipo de fachada el aislamiento va siendo mayor a medida que la transmitancia disminuye, ya que es lo que dicta el CTE para cada ubicación.



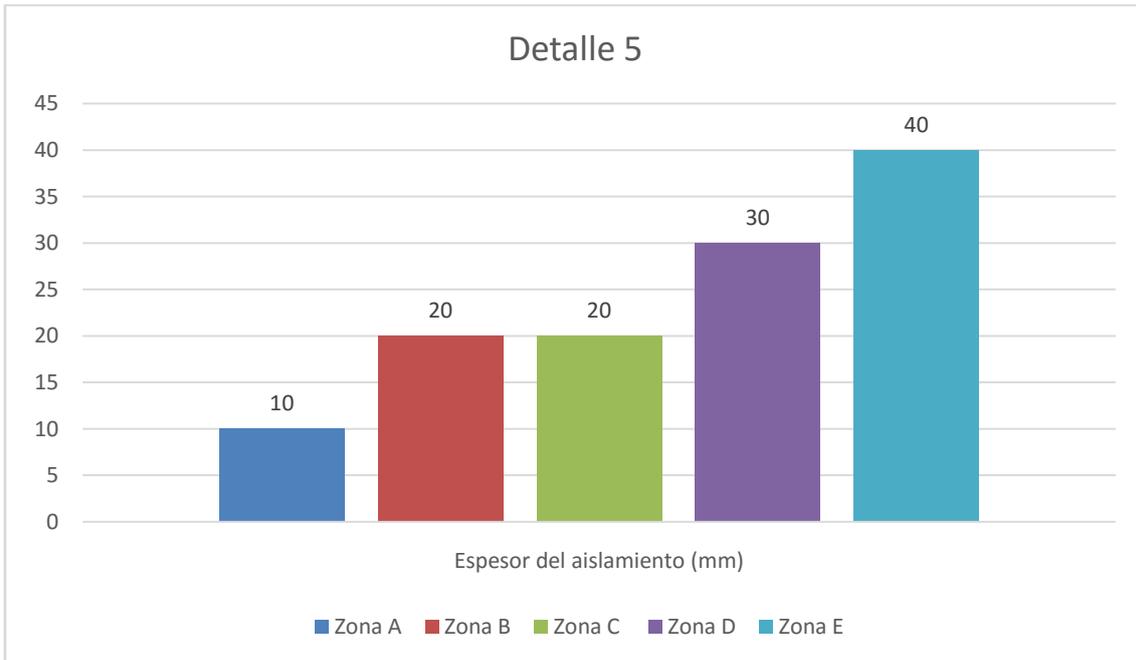
En este diseño de fachada es posible retirar el aislamiento en la zona A y que el valor de la transmitancia esté por debajo del valor límite indicado en la normativa. El aislamiento de las zonas B, C, D y E aumenta según las transmitancias permitidas disminuyen.



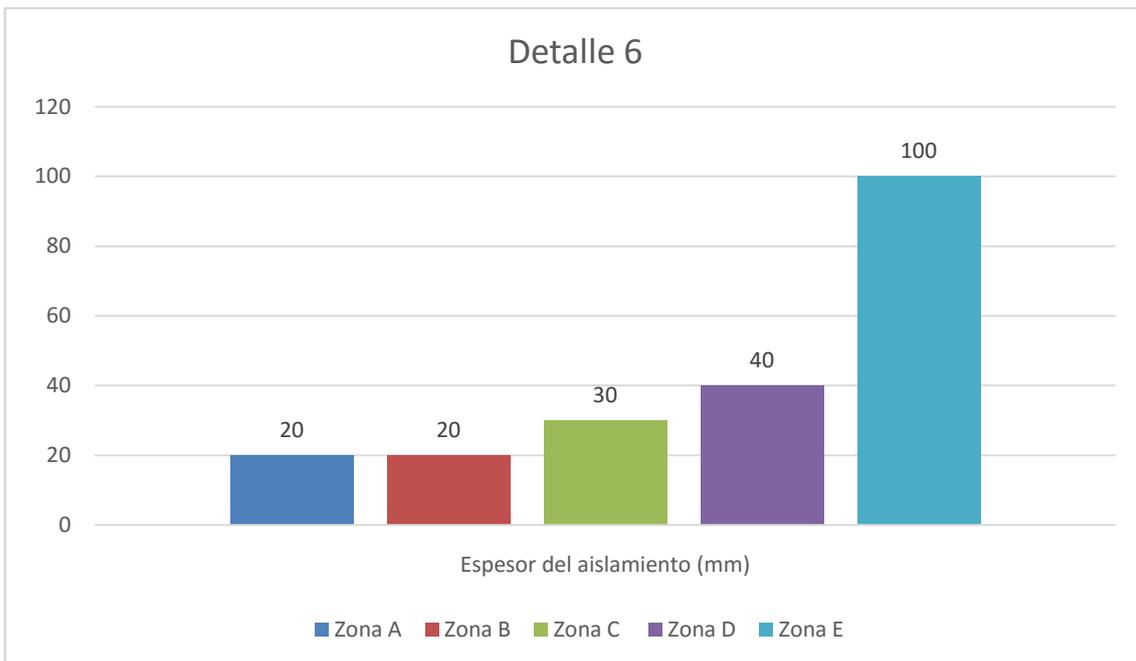
En la zona A, en nuestro estudio en Almería, se puede prescindir del aislamiento y cumplir la normativa. Sin embargo, será necesario para el resto de zonas, aumentando su espesor a medida que disminuye la transmitancia permitida.



Al igual que en los dos detalles anteriores, en las zonas A se cumple la normativa sin que sea necesario la colocación de una capa de aislamiento en el diseño de la fachada. Sin embargo, en el resto de zonas sí que es necesario.



En este diseño de fachada el espesor del aislamiento aumenta según disminuyen las transmitancias dictadas en el CTE.



En el detalle 6, en las zonas A, B, C y D, el aislamiento va siendo mayor a medida que la transmitancia disminuye, como dice la norma. Sin embargo, en la zona E se ha propuesto la colocación de un espesor de 100mm, ya que, aunque este grosor no evite las condensaciones, el valor que era necesario no era viable por sus dimensiones. Es por ello que, como se ha mencionado en el estudio térmico, será necesario la colocación de una barrera de vapor u otra solución constructiva similar para solucionar

este hecho.

11.6. Estudio acústico

En este estudio se ha trabajado con los resultados del estudio térmico de los detalles 1 y 3 de las fachadas explicados en los apartados 11.3.1 y 11.3.3. Se han tomado estas fachadas con los espesores de aislamiento obtenidos en el apartado anterior y se ha estudiado que estas soluciones cumplan la normativa vigente, para que así las fachadas propuestas en este proyecto presenten unas prestaciones acústicas idóneas.

Para la realización de este estudio se ha utilizado el software de cálculo acústico dBKAisla, explicado en el apartado 11.4.2.

11.6.1. Procedimiento

Con la herramienta informática ya mencionada, se ha procedido al estudio acústico de las fachadas multicapa, cuyas características son las siguientes:

Detalle 1					
Capa	Material	Densidad (Kg/m ³)	Módulo de Young E (N/m ²)	Amortiguación	Espesor (m)
E1	MADERA/Conífera	435	1,05X10 ¹⁰	0,02	0,03
CA	Cámara de aire	--	--	--	0,025
I1	MADERA/ Tablero de partículas con cemento	1200	4,1x10 ⁹	0,1	0,019
I2	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	115	--	--	(*)
I4	MADERA/Tablero de virutas orientadas (OSB)	650	4,1x10 ⁹	0,1	0,019
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL)	850	3,6 x10 ⁹	0,03	0,01

Tabla 25. Fachada Detalle 1

Se ha despreciado la capa interior I3 de barrera de vapor por considerarse despreciable en este estudio

Detalle 3					
Capa	Material	Densidad (Kg/m ³)	Módulo de Young E (N/m ²)	Amortiguación	Espesor (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos	1500	2,6 X10 ¹⁰	0,08	0,02
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB)	650	4,1x10 ⁹	0,1	0,019
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	115	--	--	(*)
E4	MADERA/Paneles de madera sólida y chapada laminar	500	2,05 x10 ¹⁰	0,04	0,081
CA	Cámara de aire	--	--	--	0,05
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL)	850	3,6 x10 ⁹	0,03	0,01

Tabla 26. Fachada Detalle 3

(*)El espesor del aislamiento varía según cada zona climática:

<i>Espesor aislamiento (m)</i>	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
Detalle 1	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05
Detalle 3	0	0,01	0,01	0,02	0,03

Tabla 27. Espesores aislamiento

11.6.2. Objetivos

11.6.2.1. Aislamiento acústico

El aislamiento acústico se define como la protección de un recinto contra la penetración de sonidos. Un buen aislamiento acústico pretende que la energía transmitida sea mínima. Esto implica un aumento de energía disipada y/o reflejada sin que tenga importancia el reparto entre ellas, ni la acústica del local emisor. Los materiales adecuados para el aislamiento acústico son aquellos que tienen la propiedad de reflejar o absorber una parte importante de la energía de la onda incidente. El aislamiento acústico a ruido aéreo está definido en el DB HR como la diferencia de niveles estandarizada ponderada A, DnT,A , que es un índice que evalúa el aislamiento a ruido aéreo entre recintos, el índice sin ponderar viene dado por la siguiente expresión:

$$DnT = D + 10 \log T T_0 = L_1 - L_2 + 10 \log T T_0 \text{ (dB)}$$

Siendo:

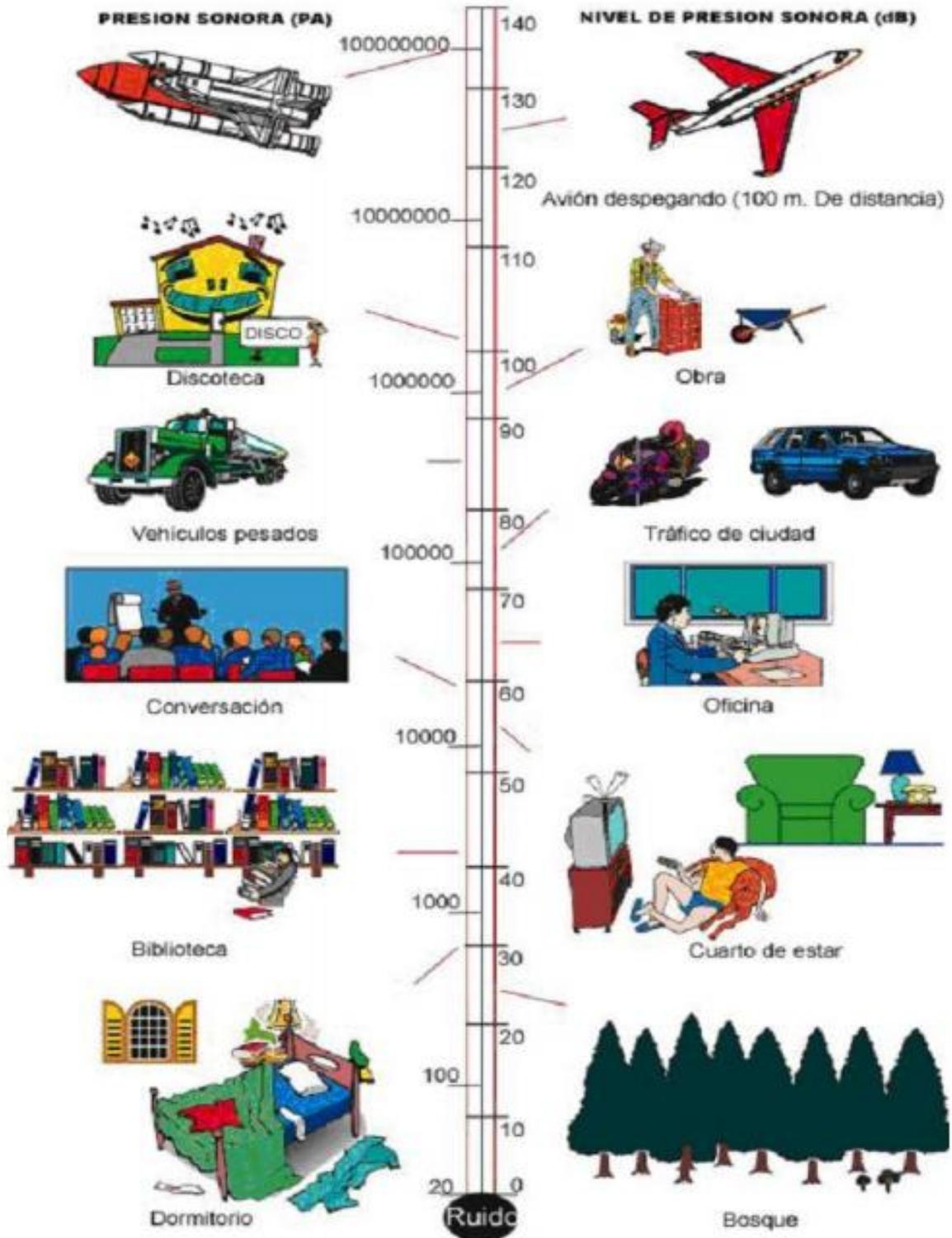
- D es la diferencia de niveles.
- L1 es el nivel de presión acústica medio en el recinto emisor.
- L2 es el nivel de presión acústica medio en el recinto receptor.
- T es el tiempo de reverberación.
- T₀ es el tiempo de reverberación de referencia, T₀=0,5 s.

Un ruido desde el punto de vista físico, es la sensación auditiva no deseada, correspondiente generalmente a una variación aleatoria de presión a lo largo del tiempo. Es un sonido complejo, y puede ser caracterizado por la frecuencia de los sonidos puros que le componen y por la amplitud de la presión acústica correspondiente a cada una de esas frecuencias. El ruido es un caso particular del sonido, se define como aquel sonido no deseado.

La siguiente tabla muestra la percepción humana a diferentes niveles de ruido:

Nivel de presión sonora (dB)	Efecto
10	Apenas audible
30	Muy silencioso
50	Silencioso
80	Molesto
90	Muy molesto (Daño auditivo en 8h)
110	Extremadamente fuerte
140	Dolorosamente fuerte
180	Pérdida auditiva irreversiblemente

Tabla 28. Nivel de presión sonora (dB) – Efectos



Tanto la Ley 37/2003 de Protección Contra la Contaminación Acústica como el Real Decreto 1316/1989, especifican que los niveles de ruido deberán medirse en dBA.

Ley de ponderación A

Una medida ponderada A representa cómo oír el oído humano una señal sin ponderar de niveles cercanos al umbral de audición. En general es el método más usado que ajusta las mediciones para que coincidan con el umbral de sensibilidad del oído humano, ya que la sensibilidad no es la misma para todas las frecuencias. La siguiente tabla muestra los valores que hay que añadir a una medida en dB para obtener el correspondiente valor en dBA.

F (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
Ley A	-19,1	-16,1	-13,4	-10,9	-8,6	-6,6	-4,8	-3,2	-1,0

F (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Ley A	-0,8	0	0,6	1,0	1,2	1,3	1,2	1,0	0,5

También existen ponderación en “B” y en “C”, la “B” es la menos utilizada, se usa para sonidos moderados, es similar a la curva A excepto en bajas frecuencias, mientras la ponderación C se planteó para la evaluación de ruidos de alto nivel, es similar a la B en agudos y apenas aporta atenuación de las frecuencias graves.

A continuación se pueden ver las curvas de ponderación que establece la corrección:

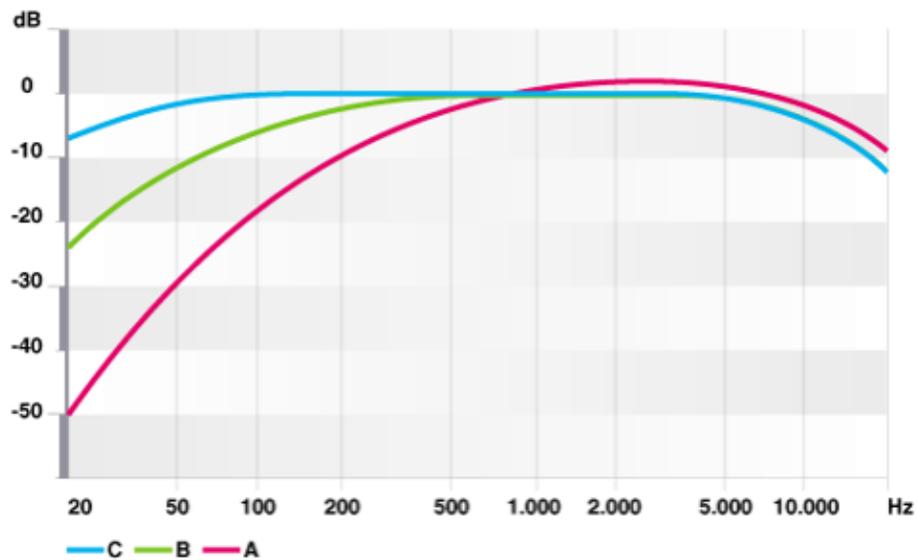


Ilustración 18. Curvas de ponderación

Curvas de ponderación

Por ejemplo si en una frecuencia de 100 Hz se miden 80 dB, al ponderarlo pasarán a ser 60,9 dBA, esto quiere decir que un nivel de presión sonora de 80 dB en una frecuencia de 100 Hz es oído por el sistema de audición como si realmente tuviese 60,6 dBA y no 80 dB.

La normativa específica que los niveles de ruido deberán medirse en dBA, por lo que el sonómetro se debe seleccionar esta ponderación y como resultado la medida vendrá expresada en dBA.

Para describir el efecto de la ponderación con la Ley A, se incluye a continuación una gráfica que permite comparar una medida realizada en dB y en dBA:

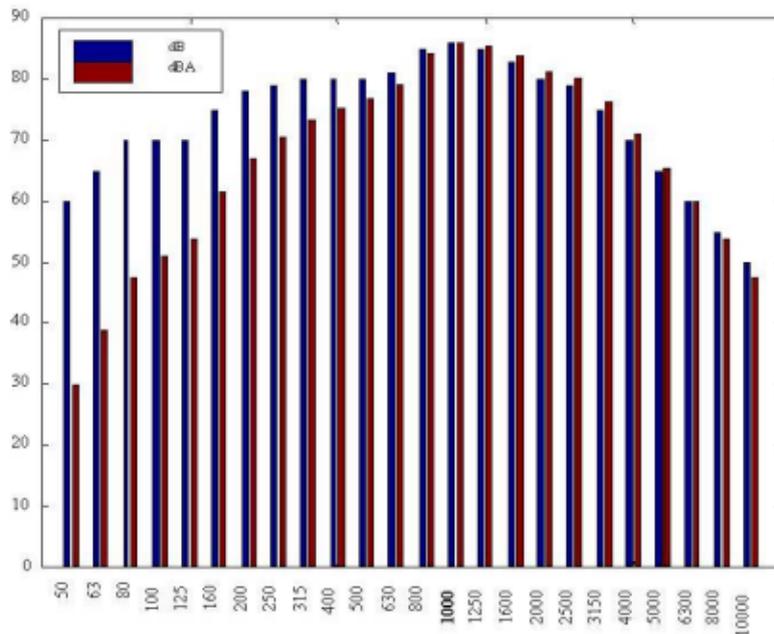


Ilustración 19. Gráfica comparativa entre niveles en dB y dBA

Se puede observar claramente que en bajas frecuencias los valores ponderados en A (rojos) son sensiblemente inferiores a los valores sin ponderar (azules).

11.6.2.2. Cumplimiento de la normativa vigente

La realización de este estudio acústico pretende probar que las soluciones de fachadas propuestas presentan unas prestaciones acústicas idóneas, cumpliendo además las normas que dicta el CTE, explicadas en el apartado 10.3.7 de este proyecto.

11.6.3. Resultados

Utilizando el software de cálculo acústico dBKAisla, los resultados obtenidos son:

11.6.3.1. Detalle 1

a. Zona A

Nombre	Machiembrado +0.025m. (Absorción 50%) +Tablero partículas (Sin Uniones 0) +0.02m. (LR 115Kg/m ³ panel rígido; Rs 50kPa*s/m ² 0.02m) +Tablero virutas+PYL (Perfilería Madera 0.6)
Tipo de Unión	Perfilería Madera
Área/Distancia Unión	0.6
f_c (Hz)	1868

f (Hz)	R (dB)
50	25
63	26
80	27
100	28
125	30
160	30
200	34
250	39
315	41
400	37
500	41
630	46
800	53
1000	57
1250	60
1600	74
2000	80
2500	80
3150	80
4000	80
5000	80

RA [dBA]	46
Rw [dB]	47
deltaR [dBA]	6

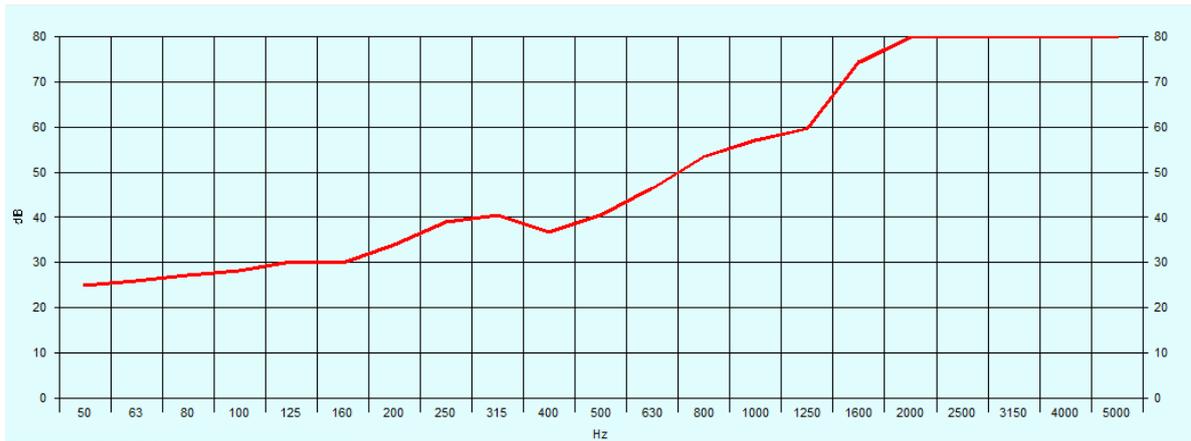


Ilustración 20. Detalle 1 – Zona A

b. Zona B

Nombre	Machiembrado +0.025m. (Absorción 50%) +Tablero partículas (Sin Uniones 0) +0.03m. (LR 115Kg/m ³ panel rígido; Rs 50kPa*s/m ² 0.03m) +Tablero virutas+PYL (Perfilería Madera 0.6)
Tipo de Unión	Perfilería Madera
Área/Distancia Unión	0.6
f_c (Hz)	1868

f (Hz)	R (dB)
50	25
63	26
80	27
100	28
125	29
160	31
200	34
250	39
315	41
400	37
500	41
630	47
800	53
1000	57
1250	60
1600	74
2000	80
2500	80
3150	80
4000	80
5000	80

RA [dBA]	47
Rw [dB]	47
deltaR [dBA]	6

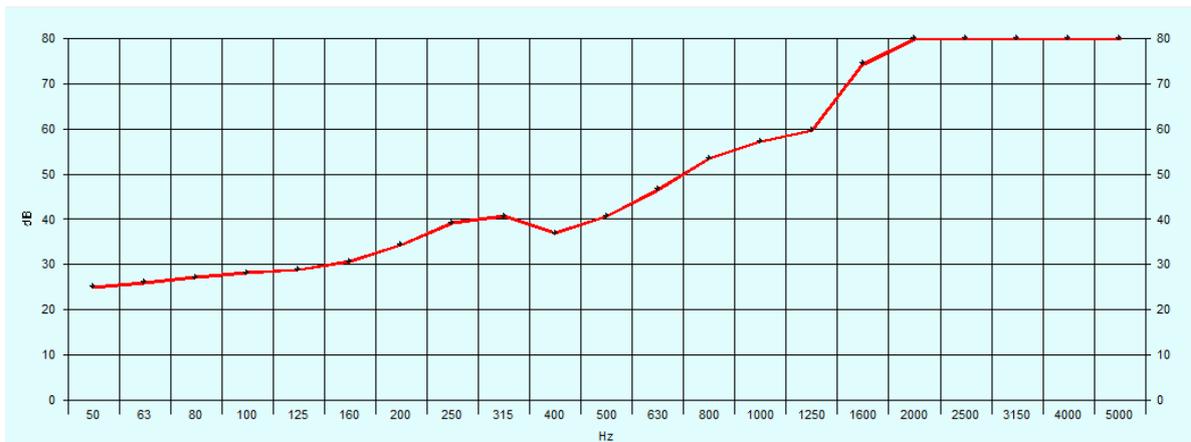


Ilustración 21. Detalle 1 – Zona B

c. Zonas C y D

Nombre	Machiembrado +0.025m. (Absorción 50%) +Tablero partículas (Sin Uniones 0) +0.04m. (LR 115Kg/m ³ panel rígido; Rs 50kPa*s/m ² 0.04m) +Tablero virutas+PYL (Perfilería Madera 0.6)
Tipo de Unión	Perfilería Madera
Área/Distancia Unión	0.6
f_c (Hz)	1868

f (Hz)	R (dB)
50	25
63	26
80	27
100	26
125	29
160	31
200	35
250	39
315	41
400	37
500	41
630	47
800	53
1000	57
1250	60
1600	74
2000	80
2500	80
3150	80
4000	80
5000	80

RA [dBA]	46
Rw [dB]	47
deltaR [dBA]	6

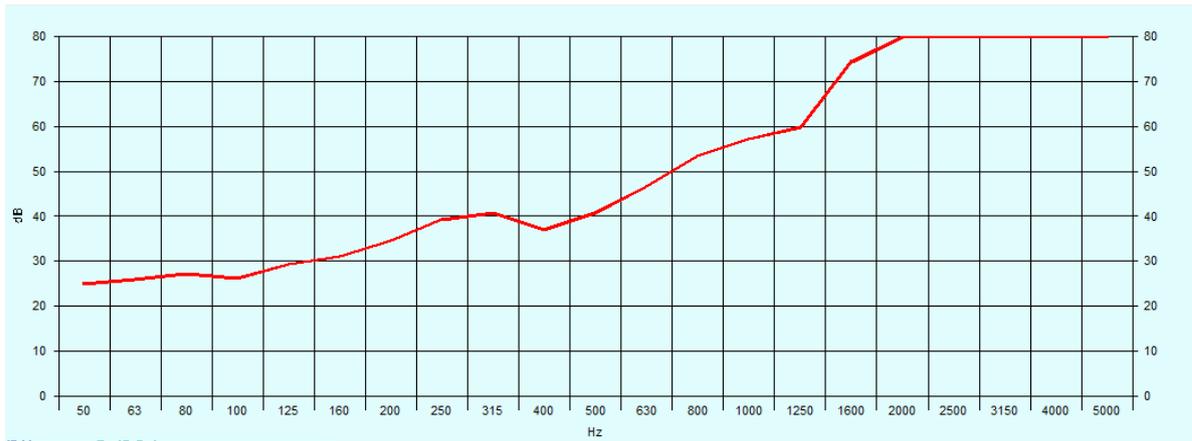


Ilustración 22. Detalle 1 – Zona C y D

d. Zona E

Nombre	Machiembrado +0.025m. (Absorción 50%) +Tablero partículas (Sin Uniones 0) +0.05m. (LR 115Kg/m ³ panel rígido; Rs 50kPa*s/m ² 0.05m) +Tablero virutas+PYL (Perfilería Madera 0.6)
Tipo de Unión	Perfilería Madera
Área/Distancia Unión	0.6
f_c (Hz)	1868

f (Hz)	R (dB)
50	25
63	26
80	25
100	27
125	30
160	31
200	35
250	39
315	41
400	37
500	41
630	47
800	54
1000	57
1250	60
1600	74
2000	80
2500	80
3150	80
4000	80
5000	80

RA [dBA]	47
Rw [dB]	47
deltaR [dBA]	5

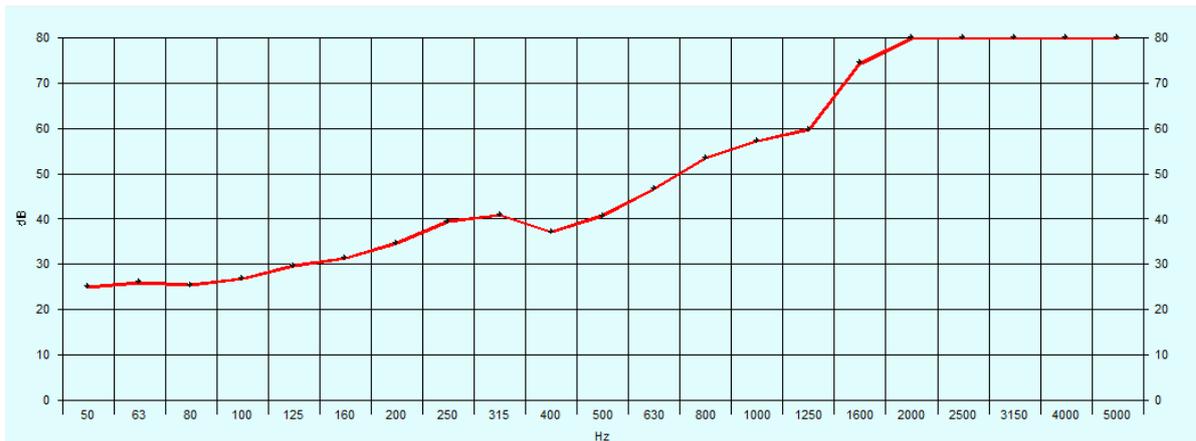


Ilustración 23. Detalle 1 – Zona E

11.6.3.2. Detalle 2

a. Zona A

Nombre	Mortero+Tablero virutas +0.00000001m. (Absorción 50%) +PINO 0.081m +0.05m. (Absorción 50%) +PYL(CARTON YESO) 0.01m (Sin Uniones 0) (Sin Uniones 0)
Tipo de Unión	Sin Uniones
Área/Distancia Unión	0
f_c (Hz)	3188

f (Hz)	R (dB)
50	27
63	27
80	28
100	27
125	27
160	28
200	33
250	37
315	43
400	49
500	55
630	61
800	67
1000	73
1250	76
1600	80
2000	80
2500	80
3150	80
4000	80
5000	80

RA [dBA]	47
Rw [dB]	49
deltaR [dBA]	5

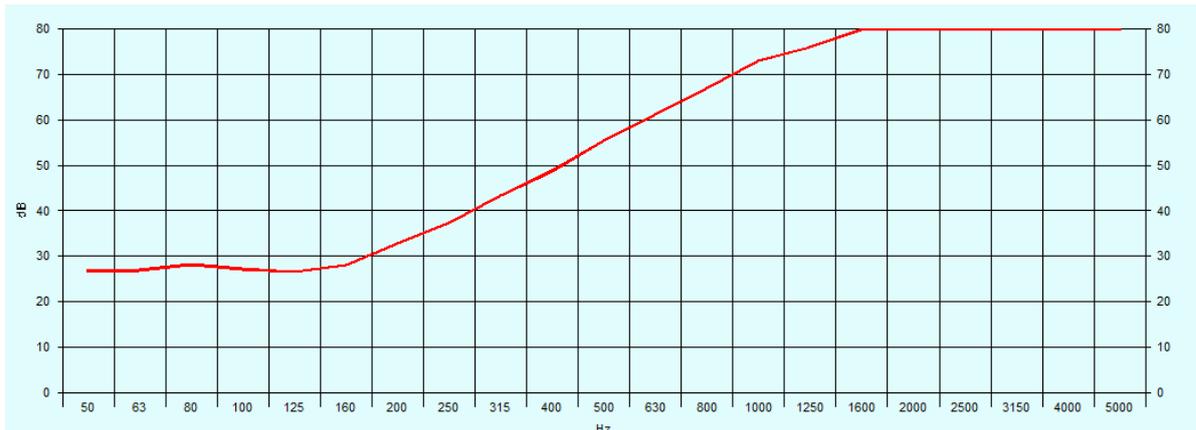


Ilustración 24. Detalle 2 – Zona A

b. Zonas B y C

Nombre	Mortero+Tablero virutas +0.01m. (LR 115Kg/m ³ panel rígido; Rs 50kPa*s/m ² 0.01m) +PINO 0.081m +0.05m. (Absorción 50%) +PYL(CARTON YESO) 0.01m (Sin Uniones 0) (Perfilería Madera 0.6)
Tipo de Unión	Perfilería Madera
Área/Distancia Unión	0.6
f_c (Hz)	3188

f (Hz)	R (dB)
50	27
63	27
80	28
100	27
125	27
160	28
200	33
250	39
315	50
400	56
500	63
630	69
800	75
1000	80
1250	80
1600	80
2000	80
2500	80
3150	80
4000	80
5000	80

RA [dBA]	48
Rw [dB]	50
deltaR [dBA]	5

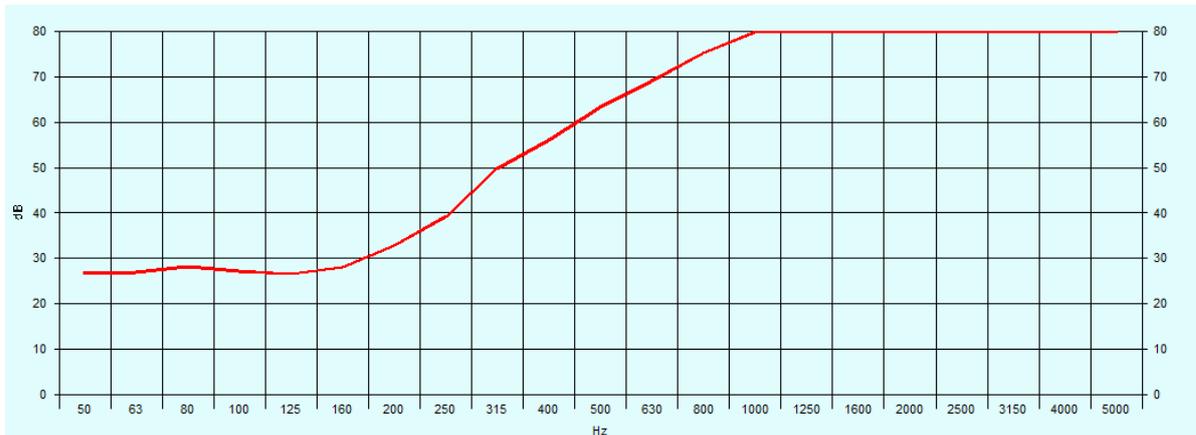


Ilustración 25. Detalle 2 – Zona B y C

c. Zona D

Nombre	Mortero+Tablero virutas +0.02m. (LR 115Kg/m ³ panel rígido; Rs 50kPa*s/m ² 0.02m) +PINO 0.081m +0.05m. (Absorción 50%) +PYL(CARTON YESO) 0.01m (Sin Uniones 0) (Perfilería Madera 0.6)
Tipo de Unión	Perfilería Madera
Área/Distancia Unión	0.6
f_c (Hz)	3188

f (Hz)	R (dB)
50	27
63	27
80	28
100	27
125	27
160	28
200	36
250	43
315	51
400	57
500	64
630	69
800	76
1000	80
1250	80
1600	80
2000	80
2500	80
3150	80
4000	80
5000	80

RA [dBA]	49
Rw [dB]	51
deltaR [dBA]	5

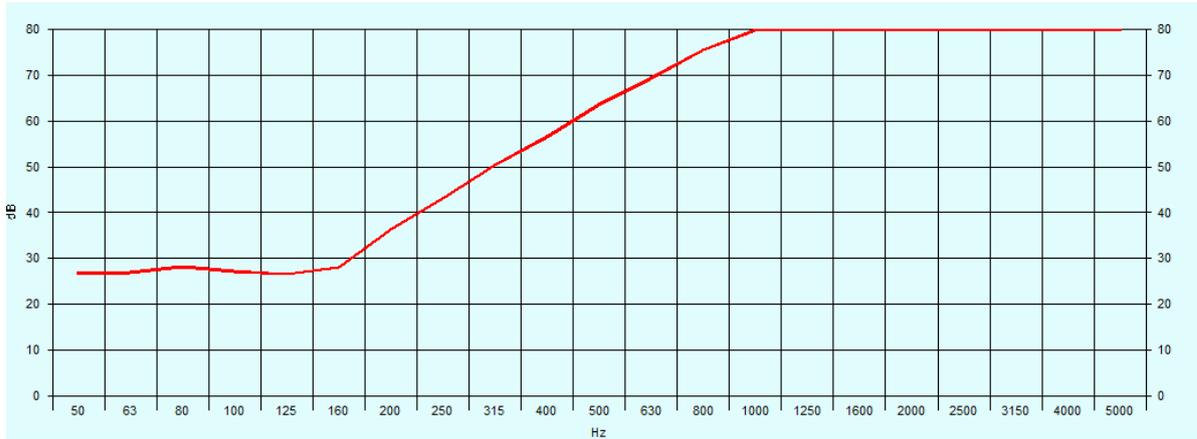


Ilustración 26. Detalle 2 – Zona D

d. Zona E

Nombre	Mortero+Tablero virutas +0.03m. (LR 115Kg/m ³ panel rígido; Rs 50kPa*s/m ² 0.03m) +PINO 0.081m +0.05m. (Absorción 50%) +PYL(CARTON YESO) 0.01m (Sin Uniones 0) (Perfilería Madera 0.6)
Tipo de Unión	Perfilería Madera
Área/Distancia Unión	0.6
f_c (Hz)	3188

f (Hz)	R (dB)
50	27
63	27
80	28
100	27
125	27
160	29
200	38
250	44
315	51
400	57
500	64
630	70
800	76
1000	80
1250	80
1600	80
2000	80
2500	80
3150	80
4000	80
5000	80

RA [dBA]	49
Rw [dB]	52
deltaR [dBA]	5

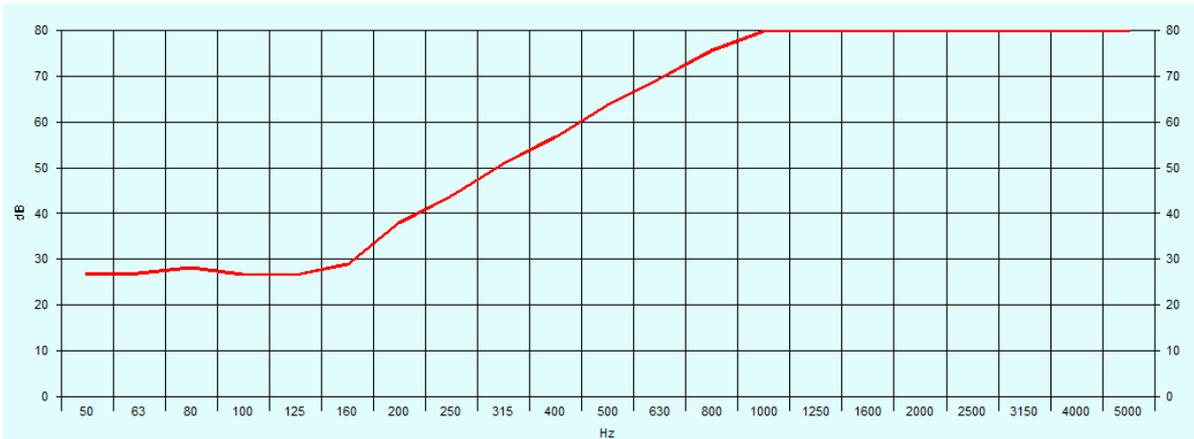


Ilustración 27. Detalle 2 – Zona E

11.6.4. Conclusiones

11.6.4.1. Detalle 1

En la siguiente gráfica se muestran los resultados de todas las zonas climáticas. Como se observa, las curvas de los cuatro casos son muy similares entre sí, apreciándose una pequeña diferencia entre los 60-250Hz.

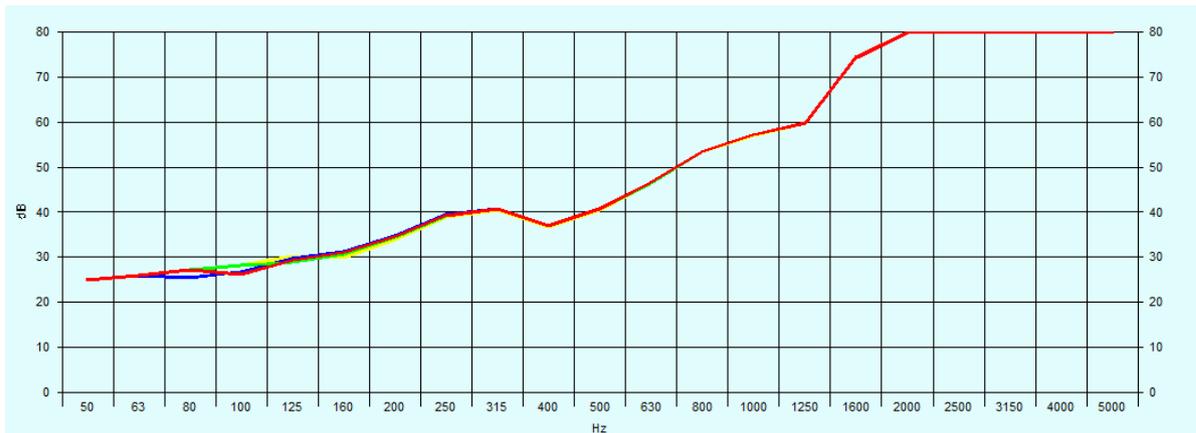
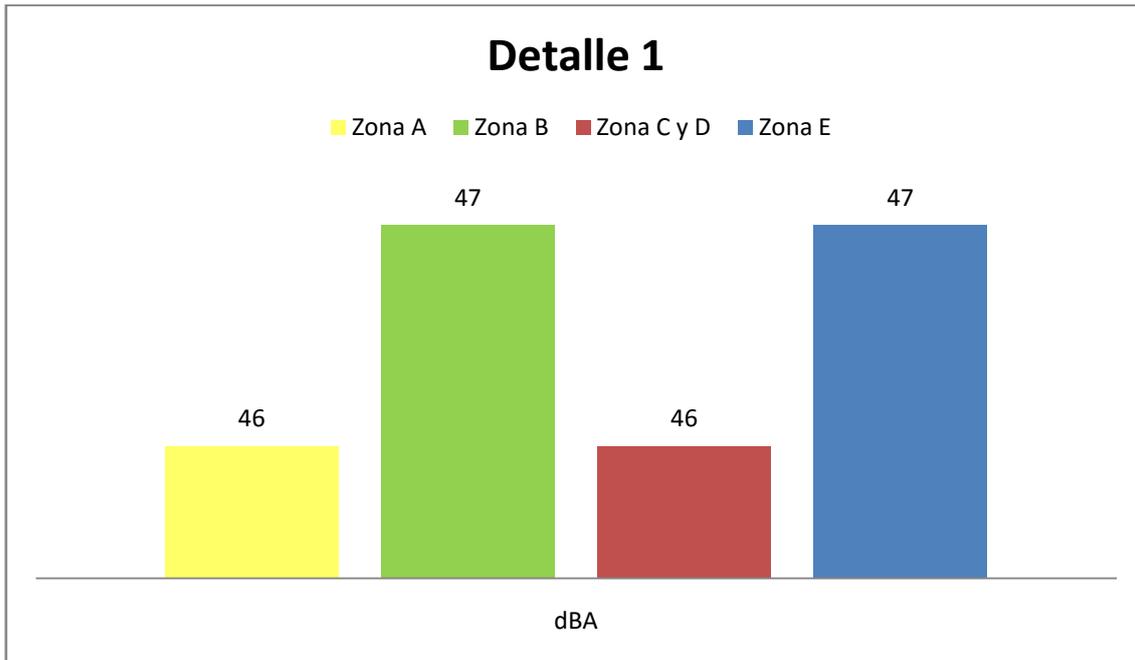


Ilustración 28. Detalle 1 – Zonas A, B, C y D y E



Los resultados obtenidos para los diferentes diseños de fachadas son similares, concluyendo que el espesor del aislamiento no afecta en gran medida al resultado. Hay que tener en cuenta al decir esto último, que la diferencia de espesores entre los distintos diseños es muy pequeña y por ello el resultado es coherente.

El resultado del estudio muestra los siguientes valores para cada tipología de fachada en dBAs:



En conclusión, la tipología de fachada propuesta es apta ya que cumple la normativa.

11.6.4.2. Detalle 2

En esta gráfica se muestran las curvas de los ensayos de las cinco zonas climáticas. Como se observa, hasta los 140Hz las curvas tienen la misma tendencia. A partir de ahí, se aprecia como la curva de la zona A (curva roja), presenta un valor más bajo que las otras curvas. Esto se debe a que en la zona A no hacía falta una capa de aislamiento para cumplir el valor de la transmitancia, así que éste se retiraba para aligerar la fachada.

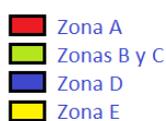
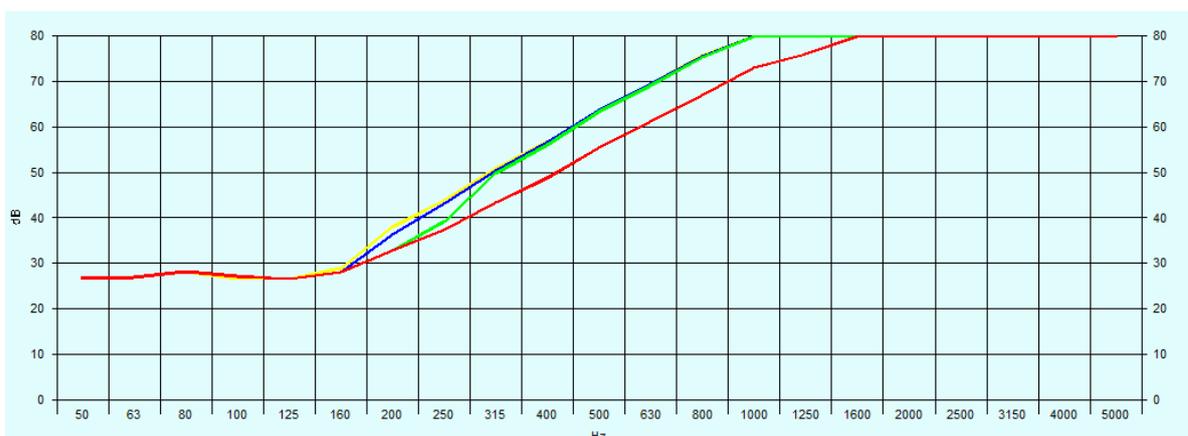
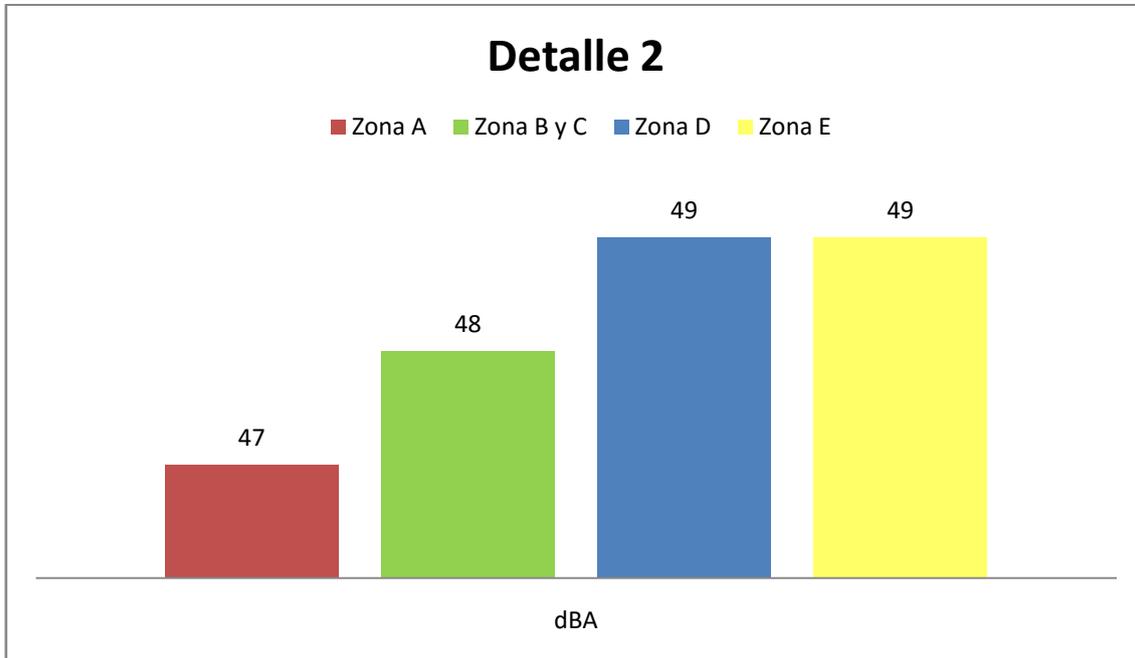


Ilustración 29. Detalle 2 – Zonas A, B y C, D y E

Los valores de aislamiento acústico obtenidos para cada zona climática en los ensayos son los siguientes:



Como se ha mencionado, la fachada propuesta para la zona climática A presenta un valor más bajo que en las otras zonas. Aun así, todos los diseños de fachada cumplen con la normativa que dicta el CTE por lo que son soluciones válidas.

Si se comparan los valores obtenidos de cada diseño de fachada, se observa que para todas las zonas climáticas el diseño 3 de fachada presenta mejores prestaciones acústicas.

11.7. Análisis económico

Se ha realizado un estudio económico del coste de las distintas fachadas en cada zona climática, comparando el precio de la fachada original con el de las fachadas propuestas tras modificar el espesor del aislamiento.

Este estudio solo hace referencia a la solución constructiva y no tiene en cuenta la vida útil de las fachadas. En este caso habría que analizar el consumo de un edificio tipo a los estudiados a lo largo del tiempo, y el que presentara el menor parámetro de U y menor salto térmico, sería la que presentase menos pérdidas.

A continuación se muestran las tablas comparativas del coste de los seis tipos de fachadas, indicando en cada zona el espesor de cada capa con el precio de cada una.

Detalle 1	Solución original		Soluciones propuestas									
	Espesor (mm)	Precio (€/m ²)	Zona A		Zona B		Zona C		Zona D		Zona E	
			Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)
E1	30	45,54	30	45,54	30	45,54	30	45,54	30	45,54	30	45,54
CA	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0
I1	19	19,4	19	19,4	19	19,4	19	19,4	19	19,4	19	19,4
I2	100	6,1	20	1,22	30	1,83	40	2,44	40	2,44	50	3,05
I3	0,2	3,3	0,2	3,3	0,2	3,3	0,2	3,3	0,2	3,3	0,2	3,3
I4	19	9	19	9	19	9	19	9	19	9	19	9
I5	10	5,58	10	5,58	10	5,58	10	5,58	10	5,58	10	5,58
Montante		4,9		4,9		4,9		4,9		4,9		4,9
TOTAL	203,2	93,82	123,2	88,94	133,2	89,55	143,2	90,16	143,2	90,16	153,2	90,77

Tabla 29. Comparativa económica de las fachadas del detalle 1

Detalle 2	Solución original		Soluciones propuestas									
	Espesor (mm)	Precio (€/m ²)	Zona A		Zona B		Zona C		Zona D		Zona E	
			Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)
E1	20	2,6	20	2,6	20	2,6	20	2,6	20	2,6	20	2,6
E2	20	3	20	3	20	3	20	3	20	3	20	3
E3	100	6,1	0	0	10	0,61	10	0,61	20	1,22	30	1,83
E4	19	9	19	9	19	9	19	9	19	9	19	9
CA	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0
I5	10	5,58	10	5,58	10	5,58	10	5,58	10	5,58	10	5,58
Montante		4,9		4,9		4,9		4,9		4,9		4,9
TOTAL	219	31,183	119	25,08	129	25,69	129	25,69	139	26,3	149	26,91

Tabla 30. Comparativa económica de las fachadas del detalle 2

Detalle 3	Solución original		Soluciones propuestas									
	Espesor (mm)	Precio (€/m ²)	Zona A		Zona B		Zona C		Zona D		Zona E	
			Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)
E1	20	2,6	20	2,6	20	2,6	20	2,6	20	2,6	20	2,6
E2	19	9	19	9	19	9	19	9	19	9	19	9
E3	50	4,3	0	0	10	0,86	10	0,86	20	1,72	30	2,58
E4	8,1	22,2	8,1	22,2	8,1	22,2	8,1	22,2	8,1	22,2	8,1	22,2
CA	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0
I5	10	5,58	10	5,58	10	5,58	10	5,58	10	5,58	10	5,58
Montante		4,9		4,9		4,9		4,9		4,9		4,9
TOTAL	157,1	48,58	107,1	44,28	117,1	45,14	117,1	45,14	127,1	46	137,1	46,86

Tabla 31. Comparativa económica de las fachadas del detalle 3

Detalle 4	Solución original		Soluciones propuestas									
	Espesor (mm)	Precio (€/m ²)	Zona A		Zona B		Zona C		Zona D		Zona E	
			Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)
E1	20	30,36	20	30,36	20	30,36	20	30,36	20	30,36	20	30,36
CA	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0
I1	50	3,05	0	0	10	0,61	10	0,61	20	1,22	30	1,83
I2	8,1	22,2	8,1	22,2	8,1	22,2	8,1	22,2	8,1	22,2	8,1	22,2
I3	0,2	3,3	0,2	3,3	0,2	3,3	0,2	3,3	0,2	3,3	0,2	3,3
I4	10	0,86	10	0,86	10	0,86	10	0,86	10	0,86	10	0,86
I5	10	5,58	10	5,58	10	5,58	10	5,58	10	5,58	10	5,58
Montante		4,9		4,9		4,9		4,9		4,9		4,9
TOTAL	148,3	70,25	98,3	67,2	108,3	67,81	108,3	67,81	118,3	68,42	128,3	69,03

Tabla 32. Comparativa económica de las fachadas del detalle 4

Detalle 5	Solución original		Soluciones propuestas									
	Espesor (mm)	Precio (€/m ²)	Zona A		Zona B		Zona C		Zona D		Zona E	
			Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)
E1	30	45,54	30	45,54	30	45,54	30	45,54	30	45,54	30	45,54
CA	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0
I1	140	10,08	10	0,72	20	1,44	20	1,44	30	2,16	40	2,88
I2	0,2	3,3	0,2	3,3	0,2	3,3	0,2	3,3	0,2	3,3	0,2	3,3
I3	81	22,2	81	22,2	81	22,2	81	22,2	81	22,2	81	22,2
Mo		4,9		4,9		4,9		4,9		4,9		4,9
TOTAL	276,2	86,02	146,2	76,66	156,2	77,38	156,2	77,38	166,2	78,1	176,2	78,82

Tabla 33. Comparativa económica de las fachadas del detalle 5

Detalle 6	Solución original		Soluciones propuestas									
	Espesor (mm)	Precio (€/m ²)	Zona A		Zona B		Zona C		Zona D		Zona E	
			Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)	Esp.(mm)	Pr.(€/m ²)
E1	20	2,6	20	2,6	20	2,6	20	2,6	20	2,6	20	2,6
E2	19	9	19	9	19	9	19	9	19	9	19	9
E3	50	6,1	20	2,44	20	2,44	30	3,66	40	4,88	100	12,2
E4	19	9	19	9	19	9	19	9	19	9	19	9
CA	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0	50	0
I1	10	5,58	10	5,58	10	5,58	10	5,58	10	5,58	10	5,58
Montante		4,9		4,9		4,9		4,9		4,9		4,9
TOTAL	168	37,18	138	33,52	138	33,52	148	34,74	158	35,96	218	43,28

Tabla 34. Comparativa económica de las fachadas del detalle 6

Como conclusión de las tablas mostradas en esta comparativa económica, se puede extraer que el coste de todas las propuestas válidas es menor que el de sus diseños originales. Esto es razonable ya que se ha reducido el espesor del aislamiento, y en algunos casos retirado, abaratando por tanto las soluciones que aquí se proponen.

El diseño propuesto más económico es el del detalle 2, a pesar de ser una de las fachadas de mayor espesor. Este diseño de fachada junto con la del detalle 5 son las que más ahorro han supuesto al reducir la capa de aislamiento frente a la original. Por el lado contrario, la fachada más costosa es la del detalle 1.

También, se observa que siempre será más barato la colocación de una fachada en las ciudades de la zona climática A, y más caro en las ciudades de la zona E, donde el aislamiento necesario siempre es de mayor espesor.

Analizando el coste de las fachadas teniendo en cuenta todas sus capas, se observa que la fachada más cara es la del detalle 1 ya que, junto con la del detalle 4, es la que más capas presenta. Esta primera fachada es más cara que la cuarta debido al espesor de la capa exterior. Ambas soluciones presentan una única capa exterior de madera conífera, pero la del detalle 1 es de un espesor de 30mm y la del 4 de 20mm. El diseño del detalle 5 también presenta una capa exterior de 30mm de madera conífera, pero su coste es menor al presentar una capa interior menos. En resumen, las fachadas con varias capas interiores y una exterior son las de mayor coste.

Las fachadas de menor coste son las que presentan cuatro capas exterior y una única interior, siendo la más barata la diseñada en el detalle 2.

Comparando el coste de las dos fachadas analizadas en el estudio acústico, la solución constructiva del diseño 3 supone la mitad de precio que la del diseño 1. Además de presentar mejores prestaciones acústicas su coste es la mitad que la otra

solución estudiada.

12. CONCLUSIONES

En el presente proyecto se ha trabajado con fachadas multicapa con elementos de madera para así estudiar sus propiedades como aislante térmico y acústico en la combinación con diversos materiales, ayudando a un mejor uso respondiendo a la vez a las diversas necesidades.

Tras el análisis del comportamiento térmico-acústico de las fachadas estudiadas con ayuda de las herramientas informáticas y la comparativa económica de los resultados obtenidos para cada tipología de fachada analizada, se concluye que:

Detalle 1

- ✓ Se ha conseguido el mínimo espesor de aislamiento en todas las zonas climáticas para aligerar la fachada lo máximo posible cumpliendo la normativa que dicta el documento básico DB-HE del CTE.
- ✓ No hay condensaciones en el interior.
- ✓ Cumple la normativa que dicta el documento básico DB-HR del CTE.
- ✓ Al reducir el espesor de la fachada se ha conseguido un ahorro económico del diseño. Sin embargo, la solución constructiva de este diseño de fachada es el más costoso de los estudiados en este proyecto.

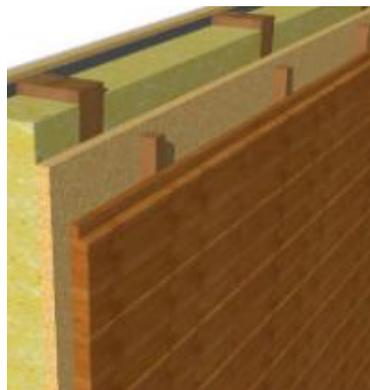


Ilustración 30. Detalle 1

Detalle 2

- ✓ Se ha conseguido el mínimo espesor de aislamiento en todas las zonas climáticas para aligerar la fachada lo máximo posible cumpliendo la normativa que dicta el documento básico DB-HE del CTE. En la zona climática A se ha demostrado que se logran las prestaciones térmicas eliminando la capa de asilamiento.
- ✓ No hay condensaciones en el interior.
- ✓ Ahorro económico del diseño, este diseño de fachada es el de menor coste de los seis estudiados.

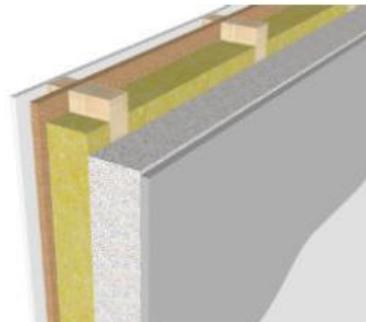


Ilustración 31. Detalle 2

Detalle 3

- ✓ Se ha conseguido el mínimo espesor de aislamiento en todas las zonas climáticas para aligerar la fachada lo máximo posible cumpliendo la normativa que dicta el documento básico DB-HE del CTE. En la zona climática A se ha demostrado que se logran las prestaciones térmicas eliminando la capa de asilamiento.
- ✓ No hay condensaciones en el interior.
- ✓ Cumple la normativa que dicta el documento básico DB-HR del CTE. De los dos diseños estudiados, éste presenta mejor comportamiento acústico.
- ✓ Ahorro económico del diseño al reducir el espesor de aislamiento.

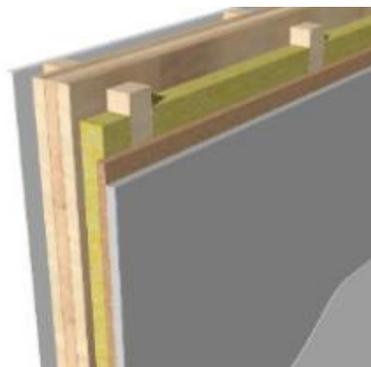


Ilustración 32. Detalle 3

Detalle 4

- ✓ Se ha conseguido el mínimo espesor de aislamiento en todas las zonas climáticas para aligerar la fachada lo máximo posible cumpliendo la normativa que dicta el documento básico DB-HE del CTE. En la zona climática A se ha demostrado que se logran las prestaciones térmicas eliminando la capa de aislamiento.
- ✓ No hay condensaciones en el interior.
- ✓ Ahorro económico del diseño al reducir el espesor de aislamiento.

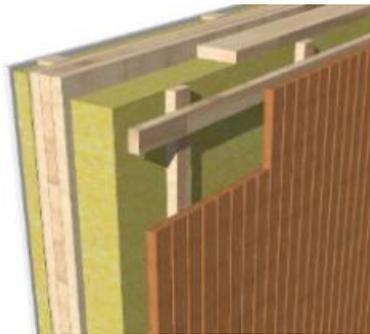


Ilustración 33. Detalle 4

Detalle 5

- ✓ Se ha conseguido el mínimo espesor de aislamiento en todas las zonas climáticas para aligerar la fachada lo máximo posible cumpliendo la normativa que dicta el documento básico DB-HE del CTE.
- ✓ No hay presencia de condensaciones.
- ✓ Ahorro económico del diseño al reducir el espesor de aislamiento.

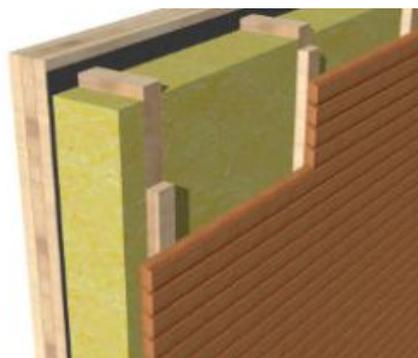


Ilustración 34. Detalle 5

Detalle 6

- Zonas climáticas A, B, C y D
 - ✓ Se ha conseguido el mínimo espesor de aislamiento para aligerar la fachada lo máximo posible cumpliendo la normativa que dicta el documento básico DB-HE del CTE.
 - ✓ No hay condensaciones en el interior.
 - ✓ Ahorro económico del diseño al reducir el espesor de aislamiento.

- Zona climática E
 - ✗ A pesar de que el valor de la transmitancia cumple la normativa, se necesitaría una capa de aislamiento de 2,03m para evitar las condensaciones. Esto es inviable por lo que esta tipología de fachada no es válida para ubicaciones de la zona E.

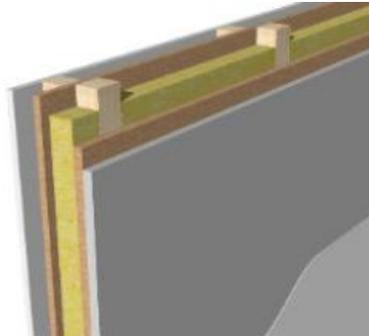


Ilustración 35. Detalle 6

Por ello, se han obtenido 29 propuestas de diseños de fachadas que cumplen la normativa referente al comportamiento térmico, y de las que 10 también cumplen las normas de aislamiento acústico. A partir de ahí, según la ubicación en la que se quiera implantar, el presupuesto del que se disponga y las diversas necesidades que se tengan, se tomará la decisión de que diseño escoger.

Otro factor al que se ha dado importancia en el desarrollo del proyecto que pretende animar a la elección de esta tipología de fachada es la utilización de materiales sostenibles en la construcción. A partir del 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos deberán tener un consumo de energía casi nulo, por lo que es necesario una mejora de la sostenibilidad de las prácticas de edificación. La madera, como recurso natural renovable, ofrece grandes ventajas ambientales favoreciendo los procesos de soporte al ecosistema y brindando enormes garantías como materia prima de alto potencial mecánico y estético para la construcción.

13. PRESUPUESTO

A continuación se muestra el descargo de gastos necesario para la elaboración de este trabajo:

Horas internas

Trabajador	Coste horario (€)	Horas	Coste (€)
Ingeniero junior	30	600	18000
Ingeniero senior	50	60	3000
		Subtotal	21000

Tabla 35. Horas internas

Amortizaciones

Inversión	Coste de adquisición (€)	Vida útil	Uso	Amortización (€)
Equipo PC con licencia Office	1200	1000	500	600

Tabla 36. Amortizaciones

Gastos

Concepto	Coste (€)
Material oficina	50
Material ofimático	50
Programa dbkAisla	350
Fotocopias y encuadernaciones	200
Subtotal	650

Tabla 37. Gastos

Resumen presupuesto

Concepto	Coste (€)
Horas internas	21000
Amortizaciones	600
Gastos	650
Subtotal	22250
Costes indirectos (5%)	1112,5
TOTAL	23362,5

Tabla 38. Resumen presupuesto

BIBLIOGRAFÍA

Adjemian, A. (2011). *Evolución de las fachadas ventiladas, nuevos materiales y sistemas constructivos*.

Bennassar, B. (2004). *La Europa del Renacimiento*.

Burgos, C. (2009). *Tipologías de fachadas en madera*.

Código Técnico de la Edificación. (s.f.). Recuperado el Marzo de 2016, de www.cogidotecnico.org

Construmatica. (s.f.). Recuperado el 11 de Abril de 2016, de http://www.construmatica.com/construpedia/Clases_de_Higrometr%C3%ADa

dBKAaisla. (s.f.). Recuperado el 17 de Abril de 2016, de <http://www.dbkaisla.com/>

DX_PIME. (s.f.). Recuperado el 9 de Abril de 2016, de <http://prontuariodelamadera.wix.com/inicio#!cv/c18h9>

El estudio EIPRO- IHOBÉ. (s.f.). Recuperado el 27 de Abril de 2016, de <http://www.ihobe.eus/Paginas/Ficha.aspx?IdMenu=3d0673f0-5f25-42f4-8fcf-5c1c3e6b7978&Idioma=es-ES>

Establecimiento de las bases para una construcción sostenible - Comisión europea. (s.f.). Obtenido de http://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/good-practices/eu/498_es

Finley, M. (1975). *Los griegos de la antigüedad*.

Lawson, R. (2008). *Industrialization in Constructing-Housing and Residential buildings*.

Magro Moro, J. V., & Marín Sánchez, R. (1999). *La construcción en la baja edad media*. Servicio de publicaciones de la UPV.

Marín Sánchez, R. (2000). *La construcción griega y romana*. Servicio de publicaciones de la UPV.

Pardal, C., & Paricio, I. (2006). *Evolución de la fachada ventilada y propuesta de futuro*. Barcelona: Bisagra.

Rolando, A. (2015). *Cerramientos ligeros y pesados en los edificios*. Bellisco.

Zambelli, V. e. (1998). *Costruzione stratificata a secco. Tecnologie edilizie innovative e metodi per la gestione del progetto*. Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli.

ANEXO



DX_PIME FACHADAS

PROYECTO: Fachada 1
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Transmitancia Térmica (U): 0,92 W/(m²K)

Tipo: SOLO MADERA
Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

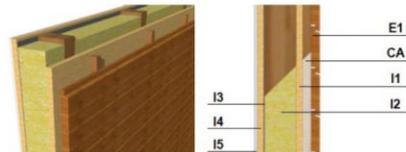
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,10 m

Intereje (c): 0,6 m



Ubicación

Capital: Almería

Altitud Capital: 0 m

Altitud Obra: 0 m

Zona Climática: A4

Transmitancia Z. C.: 0,94 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3 **Temperatura Interior:** 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)	0,13	20	0,03
CA	De 25 mm			Ventilada
I1	MADERA/ Tablero de particulas con cemento (densidad menor de 1200 kg/m³)	0,23	30	0,019
I2	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,02
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m³)	0,13	30	0,019
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m³)	0,25	4	0,01



DX_PIME

FACHADAS

PROYECTO: Fachada 1

DESCRIPCION:

PROYECTISTA:

FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,75 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

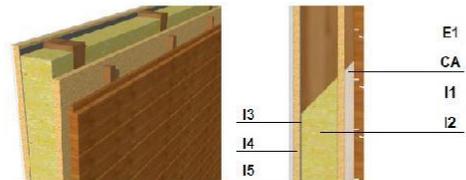
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,10 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Sevilla

Altitud Capital: 9 m

Altitud Obra: 9 m

Zona Climática: B4

Transmitancia Z. C.: 0,82 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)	0,13	20	0,03
CA	De 25 mm			Ventilada
I1	MADERA/ Tablero de partículas con cemento (densidad menor de 1200 kg/m³)	0,23	30	0,019
I2	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,03
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m³)	0,13	30	0,019
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m³)	0,25	4	0,01



DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada 1
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,63 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

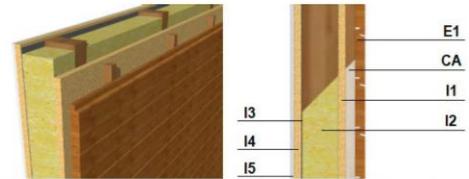
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,10 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Bilbao

Altitud Capital: 214 m

Altitud Obra: 214 m

Zona Climática: C1

Transmitancia Z. C.: 0,73 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m ³)	0,13	20	0,03
CA	De 25 mm			Ventilada
I1	MADERA/ Tablero de partículas con cemento (densidad menor de 1200 kg/m ³)	0,23	30	0,019
I2	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,04
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01



DX_PIME

FACHADAS

PROYECTO: Fachada 1

DESCRIPCION:

PROYECTISTA:

FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,63 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

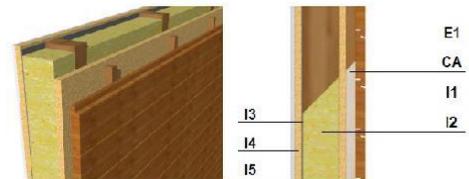
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m3)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,10 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Madrid

Altitud Capital: 589 m

Altitud Obra: 589 m

Zona Climática: D3

Transmitancia Z. C.: 0,66 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m3)	0,13	20	0,03
CA	De 25 mm			Ventilada
I1	MADERA/ Tablero de partículas con cemento (densidad menor de 1200 kg/m3)	0,23	30	0,019
I2	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,04
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m3)	0,13	30	0,019
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m3)	0,25	4	0,01



DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada 1
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,54 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

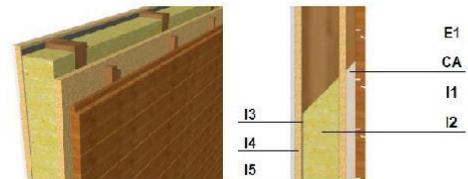
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,10 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: León

Altitud Capital: 346 m

Altitud Obra: 346 m

Zona Climática: E1

Transmitancia Z. C.: 0,57 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m ³)	0,13	20	0,03
CA	De 25 mm			Ventilada
I1	MADERA/ Tablero de partículas con cemento (densidad menor de 1200 kg/m ³)	0,23	30	0,019
I2	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,05
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01



DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada 2
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 27/04/2016

Nombre: Fachada2

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,83 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

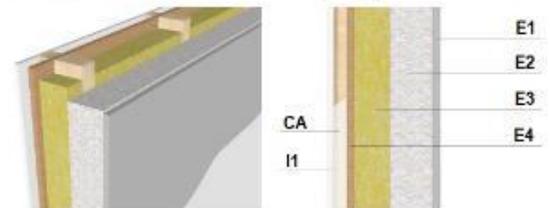
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,05 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,10 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Almería

Altitud Capital: 0 m

Altitud Obra: 0 m

Zona Climática: A4

Transmitancia Z. C.: 0,94 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m ³)	0,8	10	0,02
E2	AISLAMIENTO/POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) (densidad entre 20 a 30 kg/m ³)	0,034	20	0,02
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
CA	De 50 mm			No Ventilada
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01

1/1





DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada 2
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 27/04/2016

Nombre: Fachada2

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,68 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

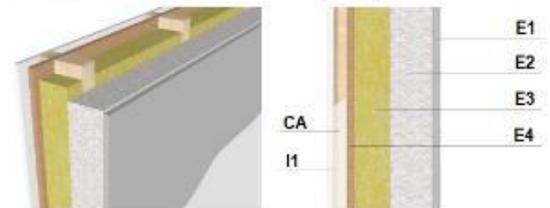
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,05 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,10 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Sevilla

Altitud Capital: 9 m

Altitud Obra: 9 m

Zona Climática: B4

Transmitancia Z. C.: 0,82 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Temperatura Interior: 20 °C

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m ³)	0,8	10	0,02
E2	AISLAMIENTO/POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) (densidad entre 20 a 30 kg/m ³)	0,034	20	0,02
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,01
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
CA	De 50 mm			No Ventilada
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01

1/1





DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada 2
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 27/04/2016

Nombre: Fachada 2

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,68 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

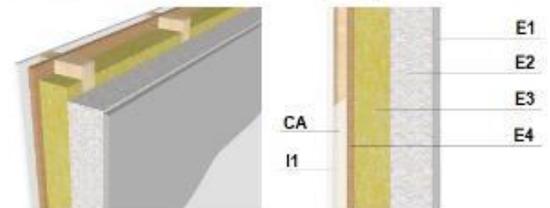
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,05 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,10 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Bilbao

Altitud Capital: 214 m

Altitud Obra: 214 m

Zona Climática: C1

Transmitancia Z. C.: 0,73 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m ³)	0,8	10	0,02
E2	AISLAMIENTO/POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) (densidad entre 20 a 30 kg/m ³)	0,034	20	0,02
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,01
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
CA	De 50 mm			No Ventilada
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01

1/1





DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada 2
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 27/04/2016

Nombre: Fachada 2

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,58 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

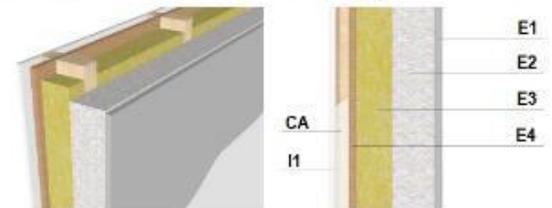
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,05 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,10 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Madrid

Altitud Capital: 589 m

Altitud Obra: 589 m

Zona Climática: D3

Transmitancia Z. C.: 0,66 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Temperatura Interior: 20 °C

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m ³)	0,8	10	0,02
E2	AISLAMIENTO/POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) (densidad entre 20 a 30 kg/m ³)	0,034	20	0,02
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,02
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
CA	De 50 mm			No Ventilada
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01

1/1





DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada 2
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 27/04/2016

Nombre: Fachada 2

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,51 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

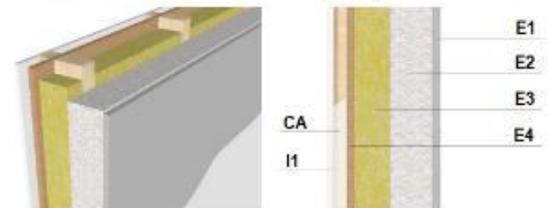
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,05 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,10 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: León

Altitud Capital: 346 m

Altitud Obra: 346 m

Zona Climática: E1

Transmitancia Z. C.: 0,57 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Temperatura Interior: 20 °C

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m ³)	0,8	10	0,02
E2	AISLAMIENTO/POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) (densidad entre 20 a 30 kg/m ³)	0,034	20	0,02
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,03
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
CA	De 50 mm			No Ventilada
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01

1/1





DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada3
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,86 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

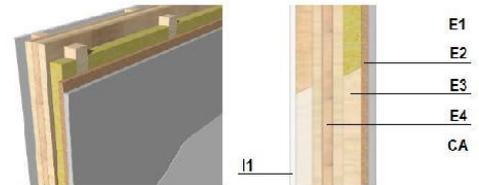
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,05 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Almería

Altitud Capital: 0 m

Altitud Obra: 0 m

Zona Climática: A4

Transmitancia Z. C.: 0,94 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m³)	0,8	10	0,02
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m³)	0,13	30	0,019
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0
E4	MADERA/Paneles de madera solida y chapada laminar (densidad menor de 500 kg/m³)	0,15	70	0,081
CA	De 50 mm			No Ventilada
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m³)	0,25	4	0,01



DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada3
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,71 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

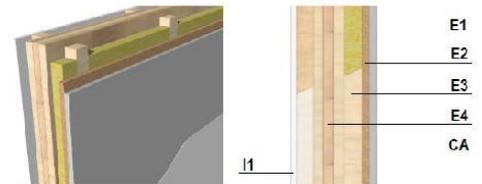
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,05 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Sevilla

Altitud Capital: 9 m

Altitud Obra: 9 m

Zona Climática: B4

Transmitancia Z. C.: 0,82 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3 **Temperatura Interior:** 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m³)	0,8	10	0,02
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m³)	0,13	30	0,019
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,01
E4	MADERA/Paneles de madera solida y chapada laminar (densidad menor de 500 kg/m³)	0,15	70	0,081
CA	De 50 mm			No Ventilada
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m³)	0,25	4	0,01



DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada3
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,71 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

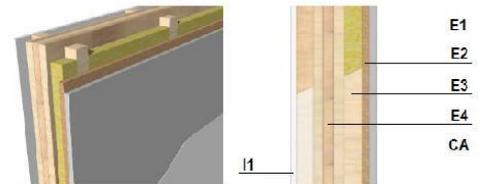
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,05 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Bilbao

Altitud Capital: 214 m

Altitud Obra: 214 m

Zona Climática: C1

Transmitancia Z. C.: 0,73 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m³)	0,8	10	0,02
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m³)	0,13	30	0,019
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,01
E4	MADERA/Paneles de madera solida y chapada laminar (densidad menor de 500 kg/m³)	0,15	70	0,081
CA	De 50 mm			No Ventilada
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m³)	0,25	4	0,01



DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada3
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,60 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

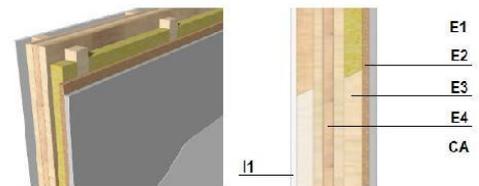
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,05 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Madrid

Altitud Capital: 589 m

Altitud Obra: 589 m

Zona Climática: D3

Transmitancia Z. C.: 0,66 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m³)	0,8	10	0,02
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m³)	0,13	30	0,019
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,02
E4	MADERA/Paneles de madera solida y chapada laminar (densidad menor de 500 kg/m³)	0,15	70	0,081
CA	De 50 mm			No Ventilada
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m³)	0,25	4	0,01



DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada3
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,52 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

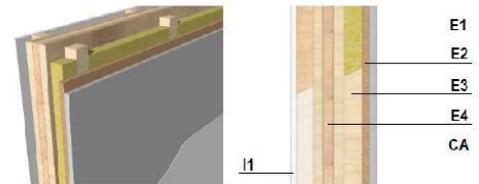
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,05 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: León

Altitud Capital: 346 m

Altitud Obra: 346 m

Zona Climática: E1

Transmitancia Z. C.: 0,57 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3 **Temperatura Interior:** 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m³)	0,8	10	0,02
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m³)	0,13	30	0,019
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,03
E4	MADERA/Paneles de madera solida y chapada laminar (densidad menor de 500 kg/m³)	0,15	70	0,081
CA	De 50 mm			No Ventilada
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m³)	0,25	4	0,01



DX_PIME

FACHADAS

PROYECTO: Fachada 4

DESCRIPCION:

PROYECTISTA:

FECHA: 27/04/2016

Nombre: Fachada 4

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,87 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

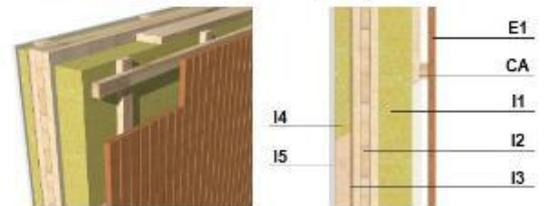
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,05 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Almería

Altitud Capital: 0 m

Altitud Obra: 0 m

Zona Climática: A4

Transmitancia Z. C.: 0,94 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m ³)	0,13	20	0,02
CA	De 50 mm			Ventilada
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0
I2	MADERA/Paneles de madera solida y chapa da laminar (densidad menor de 500 kg/m ³)	0,15	70	0,081
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I4	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,01
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01



DX_PIME

FACHADAS

PROYECTO: Fachada 4
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 27/04/2016

Nombre: Fachada 4

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,71 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

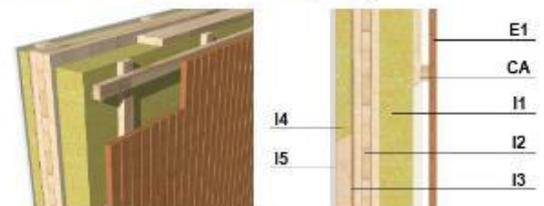
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,05 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Sevilla

Altitud Capital: 9 m

Altitud Obra: 9 m

Zona Climática: B4

Transmitancia Z. C.: 0,82 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m ³)	0,13	20	0,02
CA	De 50 mm			Ventilada
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,01
I2	MADERA/Paneles de madera solida y chapa da laminar (densidad menor de 500 kg/m ³)	0,15	70	0,081
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I4	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,01
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01

1/1





DX_PIME

FACHADAS

PROYECTO: Fachada 4

DESCRIPCION:

PROYECTISTA:

FECHA: 27/04/2016

Nombre: Fachada 4

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,71 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

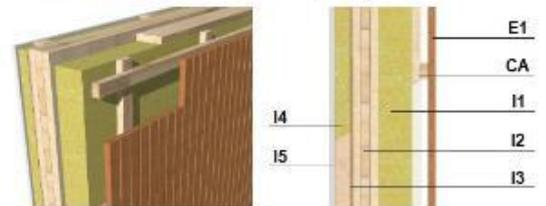
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,05 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Bilbao

Altitud Capital: 214 m

Altitud Obra: 214 m

Zona Climática: C1

Transmitancia Z. C.: 0,73 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m ³)	0,13	20	0,02
CA	De 50 mm			Ventilada
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,01
I2	MADERA/Paneles de madera solida y chapa da laminar (densidad menor de 500 kg/m ³)	0,15	70	0,081
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I4	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,01
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01



DX_PIME

FACHADAS

PROYECTO: Fachada 4

DESCRIPCION:

PROYECTISTA:

FECHA: 27/04/2016

Nombre: Fachada 4

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,60 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

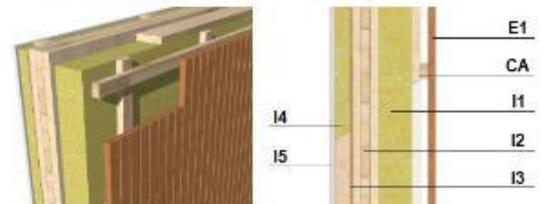
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,05 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Madrid

Altitud Capital: 589 m

Altitud Obra: 589 m

Zona Climática: D3

Transmitancia Z. C.: 0,66 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m ³)	0,13	20	0,02
CA	De 50 mm			Ventilada
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,02
I2	MADERA/Paneles de madera solida y chapa da laminar (densidad menor de 500 kg/m ³)	0,15	70	0,081
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I4	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,01
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01

1/1





DX_PIME

FACHADAS

PROYECTO: Fachada 4

DESCRIPCION:

PROYECTISTA:

FECHA: 27/04/2016

Nombre: Fachada 4

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,52 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

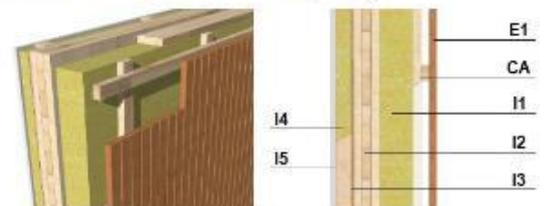
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,05 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: León

Altitud Capital: 346 m

Altitud Obra: 346 m

Zona Climática: E1

Transmitancia Z. C.: 0,57 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m ³)	0,13	20	0,02
CA	De 50 mm			Ventilada
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,03
I2	MADERA/Paneles de madera solida y chapa da laminar (densidad menor de 500 kg/m ³)	0,15	70	0,081
I3	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I4	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,01
I5	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01

1/1





DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada 5
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,89 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

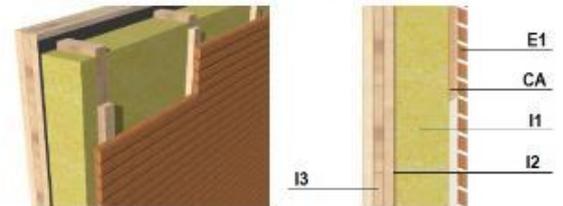
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,14 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Almería

Altitud Capital: 0 m

Altitud Obra: 0 m

Zona Climática: A4

Transmitancia Z. C.: 0,94 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m ³)	0,13	20	0,03
CA	De 25 mm			Ventilada
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,01
I2	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I3	MADERA/Paneles de madera solida y chapa da laminar (densidad menor de 500 kg/m ³)	0,15	70	0,081

1/1





DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada 5
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,73 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

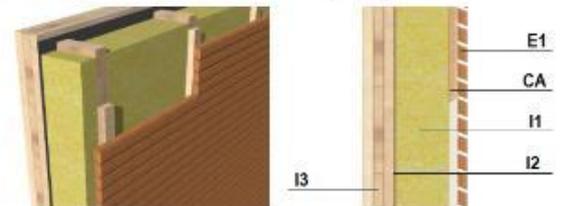
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,14 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Sevilla

Altitud Capital: 9 m

Altitud Obra: 9 m

Zona Climática: B4

Transmitancia Z. C.: 0,82 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m ³)	0,13	20	0,03
CA	De 25 mm			Ventilada
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,02
I2	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I3	MADERA/Paneles de madera solida y chapa da laminar (densidad menor de 500 kg/m ³)	0,15	70	0,081

1/1





DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada 5
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,73 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

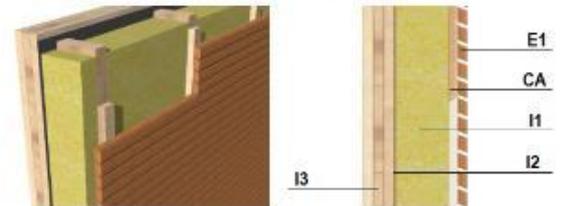
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,14 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Bilbao

Altitud Capital: 214 m

Altitud Obra: 214 m

Zona Climática: C1

Transmitancia Z. C.: 0,73 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m ³)	0,13	20	0,03
CA	De 25 mm			Ventilada
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,02
I2	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I3	MADERA/Paneles de madera solida y chapa da laminar (densidad menor de 500 kg/m ³)	0,15	70	0,081

1/1





DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada 5
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,61 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

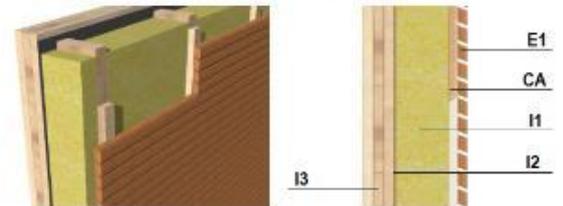
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,14 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Madrid

Altitud Capital: 589 m

Altitud Obra: 589 m

Zona Climática: D3

Transmitancia Z. C.: 0,66 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m ³)	0,13	20	0,03
CA	De 25 mm			Ventilada
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,03
I2	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I3	MADERA/Paneles de madera solida y chapa da laminar (densidad menor de 500 kg/m ³)	0,15	70	0,081

1/1





DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada 5
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,53 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

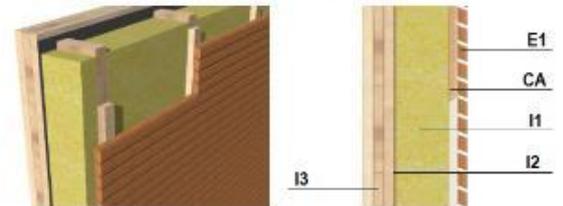
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,06 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,14 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: León

Altitud Capital: 346 m

Altitud Obra: 346 m

Zona Climática: E1

Transmitancia Z. C.: 0,57 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m ³)	0,13	20	0,03
CA	De 25 mm			Ventilada
I1	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,04
I2	BARRERA VAPOR/Lamina de Polietileno 0,2 mm	0,5	10000	0,0002
I3	MADERA/Paneles de madera solida y chapa da laminar (densidad menor de 500 kg/m ³)	0,15	70	0,081

1/1





DX_PIME

FACHADAS

PROYECTO: Fachada 6

DESCRIPCION:

PROYECTISTA:

FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,80 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

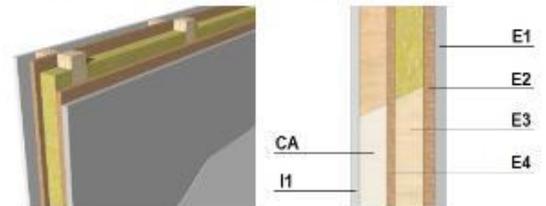
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,05 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,05 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Almería

Altitud Capital: 0 m

Altitud Obra: 0 m

Zona Climática: A4

Transmitancia Z. C.: 0,94 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m ³)	0,8	10	0,02
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,02
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
CA	De 50 mm			No Ventilada
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01

1/1





DX_PIME

FACHADAS

PROYECTO: Fachada 6

DESCRIPCION:

PROYECTISTA:

FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,80 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

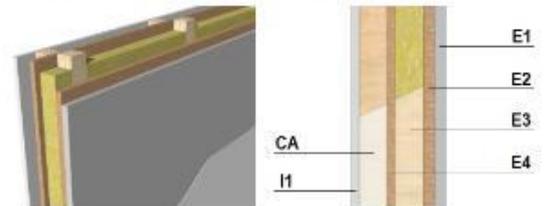
Lambda: 0,13 W/(mK)

Ancho (a): 0,05 m

μ: 20

Canto (b): 0,05 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Sevilla

Altitud Capital: 9 m

Altitud Obra: 9 m

Zona Climática: B4

Transmitancia Z. C.: 0,82 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Temperatura Interior: 20 °C

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m ³)	0,8	10	0,02
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,02
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
CA	De 50 mm			No Ventilada
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01

1/1





DX_PIME

FACHADAS

PROYECTO: Fachada 6

DESCRIPCION:

PROYECTISTA:

FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,67 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

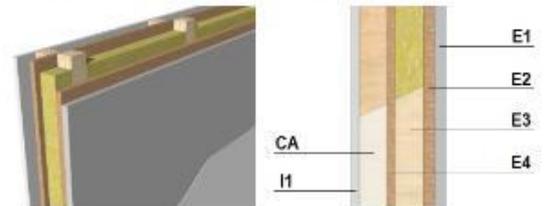
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,05 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,05 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Bilbao

Altitud Capital: 214 m

Altitud Obra: 214 m

Zona Climática: C1

Transmitancia Z. C.: 0,73 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Temperatura Interior: 20 °C

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m ³)	0,8	10	0,02
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,03
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
CA	De 50 mm			No Ventilada
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01

1/1





DX_PIME

FACHADAS

PROYECTO: Fachada 6

DESCRIPCION:

PROYECTISTA:

FECHA: 25/04/2016

Nombre: Fachada1

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,57 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

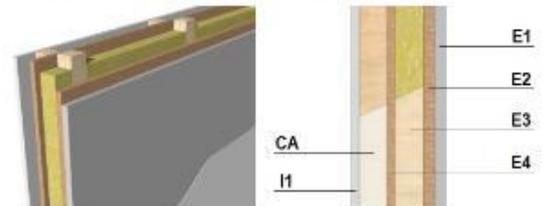
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,05 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,05 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: Madrid

Altitud Capital: 589 m

Altitud Obra: 589 m

Zona Climática: D3

Transmitancia Z. C.: 0,66 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Temperatura Interior: 20 °C

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m ³)	0,8	10	0,02
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,04
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
CA	De 50 mm			No Ventilada
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01

1/1





DX_PIME
FACHADAS

PROYECTO: Fachada 6
DESCRIPCION:
PROYECTISTA:
FECHA: 27/04/2016

Nombre: Fachada 6

Tipo: SOLO MADERA

Transmitancia Térmica (U): 0,31 W/(m²K)

Transmitancia Sin rehabilitación: W/(m²K)

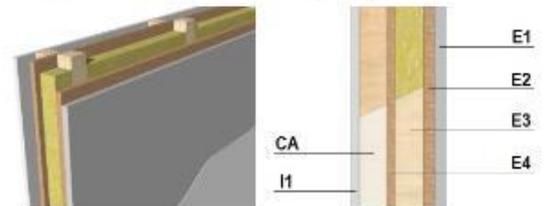
Montante

Material: MADERA/Conifera (densidad menor que 435 kg/m³)

Lambda: 0,13 W/(mK) **Ancho (a):** 0,05 m

μ: 20 **Canto (b):** 0,05 m

Intereje (e): 0,6 m



Ubicación

Capital: León

Altitud Capital: 346 m

Altitud Obra: 346 m

Zona Climática: E1

Transmitancia Z. C.: 0,57 W/(m²K)

Según el CTE.

Estudio Higrométrico

Clase Higrométrica: 3

Temperatura Interior: 20 °C

Humedad: 0,55

Descripción:

Espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Se produce condensación en las capas exteriores. Debe modificar la solución.

Capa	Material	Lambda	μ	Espesor (m)
E1	MORTERO/De cemento o cal para revoco o enlucidos (densidad entre 1250 y 1600 kg/m ³)	0,8	10	0,02
E2	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
E3	AISLAMIENTO/LANA DE VIDRIO	0,04	1	0,1
E4	MADERA/Tablero de virutas orientas (OSB) (densidad menor que 650 kg/m ³)	0,13	30	0,019
CA	De 50 mm			No Ventilada
I1	YESO/Placa de yeso laminado (PYL) (densidad entre 750 y 900 kg/m ³)	0,25	4	0,01

1/1

