



Universidade Federal  
do Rio de Janeiro  

---

Escola Politécnica

## SUELO FLOTANTE

### SOSTENIBILIDAD Y AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA CONSTRUCCIÓN

CRISTIAN BERNAD RODRIGUEZ

Proyecto de graduación presentado para la carrera de Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica, *Universidade Federal de Rio de Janeiro*, como parte de los requisitos necesarios para la obtención del título de Ingeniería Civil.

Orientadora: Elaine Garrido Vazquez

RIO DE JANEIRO

JULIO DE 2013

## SUELO FLOTANTE

SOSTENIBILIDAD Y AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA CONSTRUCCIÓN

Cristian Bernad Rodriguez

PROYECTO DE GRADUACIÓN SOMETIDO AL CUERPO DOCENTE DE INGENIERÍA  
CIVIL DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE LA UNIVERSIDAD FEDERAL DE RIO  
DE JANEIRO COMO PARTE DE LOS REQUISITOS NECESÁRIOS PARA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERIA CIVIL

Examinado por:

---

Elaine Garrido Vazquez  
Directora Adjunta de Ensino e Cultura (orientadora)

---

Julio Cesar Boscher Torres  
Chefe do Depto. Expressão Gráfica (Invitado)

---

Fernando Augusto de Noronha Castro Pinto  
Prof. adjunto Depto. Engenharia Mecânica (Invitado)

RIO DE JANEIRO

JULIO DE 2013



*El arquitecto del futuro se basará en la imitación de la naturaleza, porque es la forma más racional, duradera y económica de todos los métodos.*

**Antoni Gaudí i Cornet**

(Arquitecto español, máximo representante del modernismo catalán)

## AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi gratitud en primer lugar, y en la mayor manera de lo posible, a mis padres Jordi Bernad Montserrat y Loli Rodríguez Alfaro, familiares, amigos y compañeros por todo el apoyo y la confianza depositada en mí a lo largo de toda la carrera, y en especial en estos seis últimos meses.

Agradecer también, a todas las personas que han hecho posible que esta gran experiencia en este país haya sido posible, así como a la *Universitat Politècnica de Catalunya* y a la *Universidade Federal do Rio de Janeiro* por dar la oportunidad a estudiantes como yo de poder formarnos y enriquecer nuestra cultura en países diferentes al nuestro.

Hacer una mención especial a AMSA Arquitectura, y en concreto a Patricia Rodríguez Luque, por ayudarme en la medida de lo posible con el estudio de caso de la monografía.

Y por último, que no menos importante, a mi tutora Elaine Garrido Vazquez por la amabilidad con la que me atendió el primer día, la facilidad con la que aceptó llevar mi proyecto y toda la ayuda y orientación que me ha ofrecido con éste desde el primer día y a lo largo del intercambio.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheira Civil.

## **PISO FLUTUANTE**

### SUSTENTABILIDADE E ISOLAMENTO ACÚSTICO NA CONSTRUÇÃO

CRISTIAN BERNAD RODRIGUEZ

JULHO 2013

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Elaine Garrido Vázquez.

A presente monografia tem como objetivo principal analisar de maneira detalhada o funcionamento do piso flutuante como isolante acústico, já que este tipo de solo ainda não tem lugar na arquitetura brasileira.

Para isso, se falará em construção sustentável, analisando diferentes e boas maneiras de construção. Posteriormente, será introduzido o mundo da acústica na arquitetura, tendo em conta tanto o regulamento brasileiro como o regulamento espanhol, para chegar assim ao capítulo de isolamento acústico onde se centrará o tema no piso flutuante.

Finalmente, com o objetivo de poder chegar a entender melhor este tipo de piso, se analisará detalhadamente um edifício espanhol em construção onde se colocará este piso.

Palavras-chave: sustentabilidade, isolamento acústico, piso flutuante.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

## **FLOATING FLOOR**

### SUSTAINABILITY AND ACOUSTIC ISOLATION IN CONSTRUCTION

CRISTIAN BERNAD RODRIGUEZ

JULY 2013

Advisor: Prof. Elaine Garrido Vázquez.

The main objective of this project is to deeply analyse the construction of the floating floor as an acoustic insulator in Brazil, since this type of floor is not present in its current architecture.

Along this project, it will be introduced the world of sustainable architecture as well as the analysis of different and good ways of constructions. Also, a consideration to acoustics applied to architecture will be part of this project, taking into account both Brazilian and Spanish regulations. However, the main point of this project will be dealing with floating floor and its application as an acoustic insulator.

Finally, in order to provide a better understanding of this type of floor, an existing Spanish building with floating floor will be analysed in detail.

Keywords: sustainability, acoustic isolation, floating floor.

# ÍNDICE

<b>1. Introducción .....</b>	<b>11</b>
1.1 Presentación .....	11
1.2 Objetivos.....	12
1.3 Justificación .....	13
1.4 Metodología.....	13
1.5 Estructura del trabajo.....	14
<b>2. Buenas maneras de construcción .....</b>	<b>16</b>
2.1 La sostenibilidad en la construcción .....	16
2.2 Análisis del Ciclo de Vida Útil (ACV) .....	25
2.3 Las cuatro “erres”: reducir, reutilizar, reciclar y rehabilitar .....	30
2.3.1. Reducir.....	30
2.3.2. Reutilizar .....	31
2.3.3. Reciclar.....	32
2.3.4. Rehabilitar.....	33
2.4 La elección del buen material y productos.....	34
<b>3. La acústica en la construcción.....</b>	<b>39</b>
3.1 Introducción a la acústica en la construcción.....	39
3.2 Resumen de las normativas acústicas en España.....	41
3.3 Normativa vigente en España: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de protección frente al ruido (CTE DB HR).....	47
3.4 Normativa vigente en Brasil.....	64
3.5 Comparación de ambas normativas.....	69
3.6 El suelo flotante.....	70
<b>4. Análisis de un edificio plurifamiliar .....</b>	<b>96</b>
<b>5. Conclusiones .....</b>	<b>132</b>
<b>6. Bibliografía .....</b>	<b>139</b>
<b>7. Anejos.....</b>	<b>142</b>
7.1. Resumen cronológico de la historia de la evolución de la sostenibilidad en el ámbito de la arquitectura y el diseño .....	142
7.2. Tabla 3.3 del CTE DB HR.....	146

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Evolución de la población urbana en el mundo</i> .....	18
<i>Figura 2: Relación entre los diferentes capitales</i> .....	23
<i>Figura 3: Etapas de un edificio en el ACV</i> .....	26
<i>Figura 4: De la LOE al CTE</i> .....	46
<i>Figura 5: Elementos que componen dos recintos y que influyen en la transmisión de ruido entre ambos</i> ...	54
<i>Figura 6: Esquema de vías de trasmisión acústica a ruido aéreo entre dos recintos</i> .....	55
<i>Figura 7: Transmisión de ruido de impacto entre dos recintos superpuestos</i> .....	56
<i>Figura 8: Transmisión de ruido de impacto entre recintos colindantes y con una arista horizontal en común</i> .....	56
<i>Figura 9: Tipo de tabiquería según CTE</i> .....	58
<i>Figura 10: Composición de los elementos de separación entre recintos según CTE</i> .....	59
<i>Figura 11: Esquema en sección de recintos colindantes a los que se aplican las exigencias de aislamiento acústico a ruido de impactos</i> .....	72
<i>Figura 12: Esquema en sección vertical. Disposición de suelos flotantes</i> .....	74
<i>Figura 13: Ejemplo de procedimiento de uso de la tabla 3.3 del DB HR</i> .....	77
<i>Figura 14: Tipos de suelo flotante</i> .....	80
<i>Figura 15: Necesidad de interrumpir el suelo flotante entre unidades de uso diferentes</i> .....	81
<i>Figura 16: Necesidad de interrumpir el suelo entre unidades de uso diferente (conjunto)</i> .....	82
<i>Figura 17: Tipos de arranque de los tabiques interiores con banda elástica</i> .....	83
<i>Figura 18: Tipos de arranque de los tabiques interiores sin banda elástica</i> .....	83
<i>Figura 19: Tipos de arranque de las hojas interiores de fachada con banda elástica</i> .....	84
<i>Figura 20: Tipos de arranque de las hojas interiores de fachada sin banda elástica</i> .....	84
<i>Figura 21: Deterioro de la capa anti-impacto debido a restos de obra en la superficie del forjado</i> .....	85
<i>Figura 22: Ejecución correcta/incorrecta de la colocación de la capa anti-impacto</i> .....	86
<i>Figura 23: Colocación de una lámina de PE</i> .....	86
<i>Figura 24: Ejecución correcta/incorrecta de la colocación de las planchas de EEPS</i> .....	87
<i>Figura 25: Detalle correcto de la colocación de varias capas de paneles semirrígidos de material anti-impacto</i> .....	87
<i>Figura 26: Lámina de PE en la que se ha colocado un parche</i> .....	88
<i>Figura 27: Interrupción de la capa anti-impacto en el encuentro con los elementos verticales</i> .....	88
<i>Figura 28: Ejecución correcta/incorrecta del encuentro de una capa anti-impacto flexible con una pared separadora</i> .....	89
<i>Figura 29: Ejecución correcta/incorrecta del encuentro de una capa anti-impacto de paneles semirrígidos con una separadora</i> .....	89
<i>Figura 30: Forrado de las instalaciones</i> .....	90
<i>Figura 31: Encuentro de un suelo flotante flexible con un conducto de instalaciones</i> .....	90
<i>Figura 32: Encuentro de un suelo flotante de paneles semirrígidos con un conducto de instalaciones</i> .....	91
<i>Figura 33: Colocación de la barrera impermeable sobre la capa anti-impacto</i> .....	91
<i>Figura 34: Colocación del mallazo en un suelo con capa anti-impacto de EEPS</i> .....	92
<i>Figura 35: Vertido y nivelación de la capa niveladora en el suelo con capa anti-impacto de polietileno reticulado</i> .....	92
<i>Figura 36: Vertidos y nivelación de la capa niveladora en el suelo con capa anti-impacto de EEPS</i> .....	93
<i>Figura 37: Retirada del material sobrante perimetral del suelo con capa anti-impacto de PE</i> .....	93



<i>Figura 38: Colocación de las placas de yeso laminado en el suelo con capa anti-impacto de EEPS</i> .....	94
<i>Figura 39: Colocación del pavimento y rodapié en el suelo con capa anti-impacto de polietileno reticulado</i> .....	95
<i>Figura 40: Solar y alrededores antes de empezar la construcción</i> .....	97
<i>Figura 41: Solar antes de empezar la construcción</i> .....	97
<i>Figura 42: Emplazamiento del edificio</i> .....	98
<i>Figura 43: Solar visto desde calle Fredercia Montseny – calle Clementina Arderiu</i> .....	98
<i>Figura 44: Solar visto desde calle Joan Olvié – calle Frederica Montseny</i> .....	99
<i>Figura 45: Representación en 3D del edificio</i> .....	99
<i>Figura 46: Proyección acotada del edificio en la parcela</i> .....	100
<i>Figura 47: Fachada Calle Frederica Monyseny</i> .....	101
<i>Figura 48: Fachada a la plaza interior</i> .....	101
<i>Figura 49: Fachada Calle Clementina Arderiu</i> .....	102
<i>Figura 50: Sección fachada por la rampa de acceso al parking</i> .....	102
<i>Figura 51: Plano de recintos de planta parking -2</i> .....	106
<i>Figura 52: Plano de recintos de planta parking -1</i> .....	107
<i>Figura 53: Plano de recintos de planta baja</i> .....	108
<i>Figura 54: Plano de recintos de planta tipo</i> .....	109
<i>Figura 55: Plano de recintos de planta cubierta</i> .....	110
<i>Figura 56: Sección vertical A</i> .....	112
<i>Figura 57: Sección vertical B</i> .....	113
<i>Figura 58: Detalle 1. Encuentro de una divisoria entre unidades de uso con un forjado tipo</i> .....	116
<i>Figura 59: Detalle 2. Encuentro de una divisoria entre unidades de uso con forjado planta baja</i> .....	117
<i>Figura 60: Detalle 3. Encuentro de una divisoria entre unidades de uso con un forjado tipo</i> .....	118
<i>Figura 61: Forjado de hormigón</i> .....	119
<i>Figura 62: Forjado de hormigón</i> .....	120
<i>Figura 63: Lámina anti-impacto de polietileno no reticulado</i> .....	121
<i>Figura 64: Colocación de la lámina anti-impacto</i> .....	121
<i>Figura 65: Colocación de la lámina anti-impacto</i> .....	122
<i>Figura 66: Vertido de la capa de mortero de cemento</i> .....	123
<i>Figura 67: Vertido de la capa de mortero de cemento</i> .....	123
<i>Figura 68: Vertido de la capa de mortero de cemento</i> .....	124
<i>Figura 69: Vertido de la capa de mortero de cemento</i> .....	124
<i>Figura 70: Alisado y nivelado de la capa de mortero de cemento</i> .....	125
<i>Figura 71: Alisado y nivelado de la capa de mortero de cemento</i> .....	125
<i>Figura 72: Fraguado de la capa de mortero de cemento</i> .....	126
<i>Figura 73: Fraguado de la capa de mortero de cemento</i> .....	127
<i>Figura 74: Fraguado de la capa de mortero de cemento</i> .....	127
<i>Figura 75: Fraguado de la capa de mortero de cemento</i> .....	128
<i>Figura 76: Fraguado de la capa de mortero de cemento</i> .....	128
<i>Figura 77: Solución de doblado ante elementos verticales ya construidos</i> .....	129
<i>Figura 78: Solución de recubrimiento de conductos de instalaciones en el forjado</i> .....	130

## LISTA DE CUADROS

<i>Cuadro 1: Objetivos de una arquitectura sostenible</i> .....	16
<i>Cuadro 2: Definiciones clave de “desarrollo sostenible”</i> .....	19
<i>Cuadro 3: Acuerdos internacionales sobre el desarrollo sostenible</i> .....	20
<i>Cuadro 4: Posibles consecuencias de la Cumbre Mundial de Johannesburgo de 2002</i> .....	20
<i>Cuadro 5: Valores aproximados de consumo en la construcción de edificios</i> .....	22
<i>Cuadro 6: Ventajas del ACV</i> .....	27
<i>Cuadro 7: Opciones al final de la vida útil de un edificio</i> .....	27
<i>Cuadro 8: Otras herramientas de gestión medioambiental</i> .....	28
<i>Cuadro 9: Cualidades positivas para la posible reutilización de un edificio</i> .....	31
<i>Cuadro 10: Factores a tener en cuenta en la elección del buen material</i> .....	35
<i>Cuadro 11: Materiales saludables</i> .....	37
<i>Cuadro 12: Resumen cronológico legislativo de acústica española</i> .....	41
<i>Cuadro 13: Principales objetivos del DB HR</i> .....	48
<i>Cuadro 14: Objetivos de actuación del aislamiento acústico</i> .....	49
<i>Cuadro 15: Excepciones en la aplicación del DB HR</i> .....	49
<i>Cuadro 16: Partes del DB HR</i> .....	51
<i>Cuadro 17: Valores límite a tener en cuenta en la aplicación del DB HR</i> .....	52
<i>Cuadro 18: Resumen de los índices de aislamiento utilizados en el DB HR</i> .....	53
<i>Cuadro 19: Elementos y orden de aplicación del DB HR</i> .....	57
<i>Cuadro 20: Tipologías separaciones verticales</i> .....	58
<i>Cuadro 21: Tipos de fachada y medianería según el DB HR</i> .....	59
<i>Cuadro 22: Parámetros acústicos de los elementos constructivos</i> .....	60
<i>Cuadro 23: Partes de la normativa brasileña de construcción de viviendas residenciales</i> .....	65
<i>Cuadro 24: Parámetros para determinar el aislamiento acústico del suelo</i> .....	66
<i>Cuadro 25: Elementos de un suelo flotante</i> .....	78
<i>Cuadro 26: Posibles materiales para la capa elástica o anti-impacto</i> .....	78
<i>Cuadro 27: Casos en los que necesitamos barrera impermeable en un suelo flotante</i> .....	79
<i>Cuadro 28: Casos de interrupción del suelo flotante entre estancias</i> .....	81
<i>Cuadro 29: Zonificación del edificio para aislamiento acústico</i> .....	105
<i>Cuadro 30: Tipologías de forjado empleadas en la construcción del edificio</i> .....	114
<i>Cuadro 31: Historia de la evolución de la sostenibilidad en el ámbito de la arquitectura y el diseño</i> .....	142

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1: Vida útil de los elementos de la arquitectura</i> .....	22
<i>Tabla 2: Relación entre los costes de un edificio durante un período de 50 años</i> .....	23
<i>Tabla 3: Comparación de exigencias acústicas entre NBE CA 88, DB HR y la UE</i> .....	60
<i>Tabla 4: Comparativa con Europa del ruido aéreo</i> .....	61
<i>Tabla 5: Comparativa con Europa del ruido de impacto</i> .....	61
<i>Tabla 6: Criterio y nivel de presión sonora de impacto normalizado ponderado <math>L'_{nT,w}</math></i> .....	67
<i>Tabla 7: Criterios de diferencia normalizada de nivel ponderado, <math>D_{nT,w}</math></i> .....	67
<i>Tabla 8: Exigencias de aislamiento acústico a ruido de impacto entre recintos</i> .....	71
<i>Tabla 9: Superficies construidas totales del edificio por plantas</i> .....	103
<i>Tabla 10: Superficies útiles y construidas por zonas</i> .....	103

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Presentación

Es inevitable ver la conexión directa que existe entre la arquitectura y la sociedad. El ser humano ha buscado siempre refugio de forma instintiva y lo ha conseguido gracias a la construcción de una vivienda.

Se podría decir que la construcción es una rama de la arquitectura que a día de hoy se sigue manteniendo dinámica. Y así lo ha hecho a lo largo de todos estos siglos, evolucionando de una manera increíble hasta llegar a la actualidad. Y es que la sociedad pasa hoy en día el 80% de sus vidas en el interior de edificios. (Estudio sobre Calidad del aire interior en edificios de uso público del ayuntamiento de Madrid).

Debido a este último dato, todos los cambios que han sufrido los edificios a lo largo del tiempo, y en particular las viviendas, han tenido un objetivo común: el confort.

No es necesario decir que la sociedad es muy consciente de los cambios que hay que realizar para contribuir a la mejora del medio ambiente. Para ello, se han tenido en cuenta muchos factores como el uso de materiales ecológicos, el uso de energías renovables, técnicas para el bajo consumo energético, etc. Pero este no es el único factor que afecta directamente a la sociedad. Uno de los factores que afecta de manera directa sobre el usuario es el confort interior del edificio. Y cuando se habla de confort interior, los dos términos que aparecen en primer lugar son “térmico” y “acústico”.

En España, cuando se habla del proyecto constructivo de un edificio, no sale a debate el tema de aislamiento térmico ya que está totalmente integrado en nuestra sociedad actual. Es diferente el caso del aislamiento acústico. Hasta hace un tiempo e incluso a día de hoy, éste no estaba dentro de las prioridades a la hora de proyectar un edificio. Ha sido gracias a las normativas vigentes que se ha empezado a tener consciencia sobre el tema.

Actualmente se puede decir que, gracias a estas normativas y en concreto al Código Técnico de la Edificación, se tratan por igual ambos aislamientos. Aunque el acústico sigue estando a la sombra del térmico.

Por este motivo, hay que hacer especial énfasis en la concienciación sobre la importancia del aislamiento acústico, con especial foco en aquellos agentes de la sociedad que se dedican, directa o indirectamente a la construcción como son arquitectos, arquitectos técnicos, promotores, constructoras, fabricantes, etc.

En el caso de la construcción en Brasil, el conocimiento sobre estos dos temas va un paso más atrasado. La consciencia que se tiene sobre estos, a pesar de las normativas, es prácticamente nula. En el caso del aislamiento térmico, solo se utiliza en casos muy determinados y el único elemento que se utiliza es la ventana con doble cristal. En el caso del acústico, solo se emplea la solución de suelo flotante y paredes en determinados edificios llamados *clubs* que poseen de una sala de cine. Se puede decir a su favor, que las normativas, en concreto la de aislamiento acústico, deberían recibir modificaciones ya que sus valores no ayudan en la ejecución de dicho aislamiento.

Es interesante el caso de Brasil ya que es una ciudad emergente actualmente, la cual recibe millones de visitantes al año, es la sede de cuatro eventos a nivel mundial en los próximos dos años y está a punto de sufrir un crecimiento enorme en lo que a construcción se refiere.

Es por eso que es importante invertir el tiempo en dar a conocer sistemas que ayuden a este confort y que cumplan normativas, como es el objetivo de esta monografía.

## 1.2 Objetivos

Esta monografía tiene como objetivo principal profundizar en el tema del aislamiento acústico con el fin de dar a conocer y concienciar sobre la importancia de este tema en la vida cotidiana de cualquier individuo. Factor que se tiene muy abandonado a diferencia, por ejemplo, del aislamiento térmico que ya forma parte de cualquier construcción arquitectónica actual.

Tratando el tema del aislamiento acústico, surge el objetivo de dar a conocer de una manera profunda el sistema de suelo flotante con todos sus detalles como solución constructiva para el aislamiento acústico en un edificio.

### 1.3 Justificación

La construcción sostenible se puede decir que es un hecho alrededor del mundo hoy en día. Pero, cuando se habla de sostenibilidad, pocas son las veces donde se tiene en cuenta el factor del aislamiento acústico, siendo, a pesar de ello, un factor crítico y la principal fuente de problemas de los usuarios de una vivienda según estadísticas y estudios de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Este es el principal motivo de la realización de esta monografía.

Además, el sistema empleado para el aislamiento acústico entre separaciones horizontales es el suelo flotante. Y el hecho de que en el mundo constructivo de Brasil no se utilice ha tenido mucho peso a la hora de la elección del tema, ya que como se ha dicho anteriormente es interesante profundizar en un tema que puede ser de gran ayuda y conocimiento para el futuro de sus construcciones.

### 1.4 Metodología

Para poder llevar a cabo ésta monografía se realizará un trabajo de documentación tanto en libros, revistas, artículos como en internet. Una vez leída toda la información, se analizará, se cogerá aquella información relacionada únicamente con la temática de la monografía para sintetizar y explicar de manera más entendedora para todos los públicos qué es y para qué se utiliza el aislamiento acústico.

Para el apartado teórico, se utilizarán documentos y libros relacionados con la arquitectura sostenible, las buenas maneras de construcción y la acústica en la arquitectura, para posteriormente contrastarlas con las normativas de la construcción brasileña y española, y más concretamente con el apartado de aislamiento acústico.

Y para la parte práctica, se ha escogido un edificio de España dotado de suelo flotante, objetivo principal de nuestro estudio, para analizar su cumplimiento de la normativa, su viabilidad, aislamiento acústico, etc. teniendo en cuenta las necesidades de dicho edificio.

Una vez leída, seleccionada y sintetizada la información, ésta será supervisada por Elaine Garrido Vazquez, orientadora de la monografía y profesora del departamento de Construcción Civil de la *Universidade Federal do Rio de Janeiro*.

Toda la documentación utilizada será citada a lo largo de la monografía y en forma de glosario al final de ésta, en el apartado de Bibliografía.

## 1.5 Estructura del trabajo

Como se puede observar en la página 5, antes de empezar la monografía, se dispone un breve resumen informativo de menos de una página en el que se habla sobre el tema que será tratado más adelante para que futuros lectores del proyecto puedan ver a simple vista si este les va a ser de utilidad sin tener que recurrir a la lectura de su interior ni a su bibliografía.

Una vez pasado este resumen y como se refleja en el índice, en primer lugar se sitúa la introducción. En ella se muestran los parámetros básicos que ayudarán a entender, de una manera un poco más extensa que el primer resumen, todo lo desarrollado en la monografía. Para ello, se ha realizado una breve presentación al tema sin entrar en detalles de teoría ni avanzar resultados ni conclusiones, se han marcado unos objetivos, se ha justificado la elección del tema, se ha explicado la metodología que se ha seguido para poder realizarlo y por último, se ha marcado la estructura del trabajo para que ésta quede bien definida, que es el capítulo donde el lector se encuentra actualmente.

Acabada la introducción, empieza la monografía propiamente dicha que se divide principalmente en dos partes, una teórica y una práctica.

La parte teórica se divide en dos capítulos. En el primero, se ofrecerá una introducción con toda la información posible de manera sintetizada sobre la arquitectura sostenible. Para ello, se hablará de las buenas maneras de construcción, el ciclo de vida de un edificio, materiales ecológicos, etc. Y en el segundo, el tema se centrará en la acústica de un edificio para posteriormente poder interpretar la normativa brasileña, la normativa española de aislamiento acústico y una breve comparación entre las dos. Finalizando este segundo capítulo con un amplio análisis y explicación del suelo flotante, tales como funcionamiento, sistema constructivo, materiales, etc.

En la parte práctica, se llevará a cabo, como se ha citado anteriormente en la metodología, un análisis exhaustivo de un edificio español dotado de suelo flotante en su construcción. En este apartado, se comentarán los motivos de la elección de este tipo de pavimento, viabilidad y cumplimiento de la normativa, sistema constructivo, tipo de

materiales empleados en dicho edificio, entre otros, como se verá más adelante. Todo ello acompañado de fotografías y detalles constructivos realizados con AutoCAD para facilitar su comprensión.

## 2. BUENAS MANERAS DE CONSTRUCCIÓN

### 2.1 La sostenibilidad en la construcción

Es enorme el cambio que ha sufrido el planeta en lo que a medioambiente se refiere durante el último siglo. Antiguamente, la falta de recursos para construir y mantener los edificios hacía que se recurrieran a materiales producidos localmente y por tanto hubiera un bajo consumo energético. Pero el surgimiento de ciudades, los movimientos de población especialmente en la revolución industrial en la que el mundo rural se mudó a la ciudad en busca de trabajo, la necesidad de infraestructuras, la crisis con el petróleo y la consecuente subida de precios, etc. han hecho que la sociedad se empiece a plantear un estilo de vida más saludable.

La industria de la construcción consume el 50% de los recursos mundiales convirtiéndola en una de las actividades menos sostenibles del planeta. No obstante, es un factor inevitable, si se tiene en cuenta que nuestra vida gira alrededor de gran variedad de construcciones: nuestra vida la hacemos en las casas, nos transportamos por carreteras, trabajamos en oficinas, nos relacionamos en cafeterías, etc. Pero sí que es cierto, que el planeta no puede soportar el grado de consumo de los recursos actuales y por lo tanto el cambio se convierte en una necesidad. Y es en este momento donde entra en acción el factor de la arquitectura y con ella, la sostenibilidad. Aunque la sostenibilidad no debe centrarse solamente en la construcción. (Fuente: ICARO Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia. *Hacia una arquitectura sostenible, En busca de un sentido común*. España, 2005.)

Para poder hablar de una construcción o arquitectura sostenibles, el principal objetivo es reducir el calentamiento global y para ello se deben tener en cuenta muchos factores, pero se puede decir que, como se observa en el *cuadro 1*, estos son los tres principales pasos a seguir:

*Cuadro 1: Objetivos de una arquitectura sostenible*

Conseguir el ahorro energético
Alargar el Ciclo de Vida Útil
Buena elección del material

Fuente: ICARO Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia. *Hacia una arquitectura sostenible, En busca de un sentido común*. España, 2005.



Se puede hablar de encontrar espacios saludables, tener un ahorro económico con una buena organización, etc. pero el factor del que más se habla y el que más se tiene en cuenta últimamente, y que influye directamente en los otros factores, es el ahorro energético. Son muchas las soluciones que se proponen para poder llevar a cabo un edificio con ahorro energético. Entre ellas se encuentran el uso de las tecnologías ecológicas e inteligentes, las cuales sean capaces de aportarnos beneficios en el futuro (como alargar la vida útil de la construcción, uno de los factores más importantes en la sostenibilidad y que desarrollaremos en el siguiente apartado); la utilización de recursos naturales y energías renovables, etc. ya que es bien cierto que el uso de combustibles fósiles que se utilizan para la calefacción, la iluminación y la ventilación de los edificios provocan en Europa el 50% del calentamiento global. (Fuente: ICARO Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia. *Hacia una arquitectura sostenible, En busca de un sentido común*. España, 2005.)

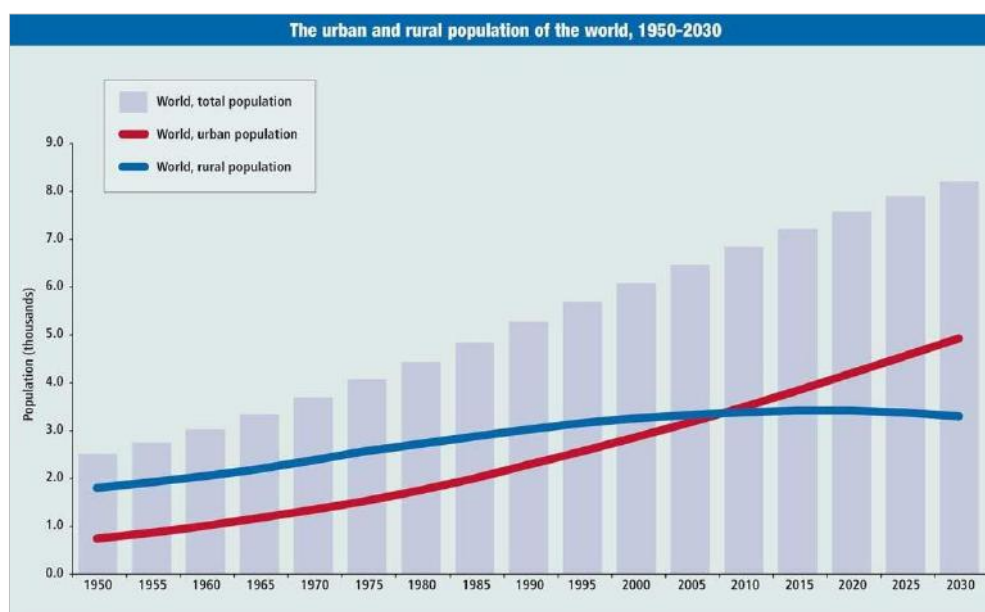
Para construir un edificio con ahorro energético, entran en juego otros muchos factores (algunos de los cuales se hablará más adelante): se deberían construir edificios que fueran capaces de generar energía, captar y reciclar su propia agua; edificios con materiales reciclados y reciclables; reutilizar residuos; tener un equilibrio controlado del CO<sub>2</sub> producido durante la construcción y el producido a lo largo de su vida útil, etc. Este último se puede controlar mediante buenos aislamientos, captación solar o con la simple creación de sombras entre los propios edificios para no utilizar el aire acondicionado.

Según la Agencia Internacional de Energía (AIE) se prevé que en los próximos 25 años, la demanda energética mundial crezca en un 25%, y la gran parte de esta sea por energías convencionales.

El principal problema que provoca que la construcción sea la responsable del 50% del calentamiento global es el hecho de que se vea el edificio como individual y no se tenga visión de éste como un conjunto: edificio, territorio y naturaleza. Mediante la arquitectura por sí sola no se podrán resolver los problemas medioambientales pero sí que se podrá ayudar a la creación de una vida más sostenible. Sin embargo, muchas son las personas que asocian sostenible en la construcción a un edificio con poca comodidad y baja calidad, una construcción sin belleza y poco sofisticada. (Fuente: CTAU, 2007).

Y es que otro de los problemas que influye también directamente en la construcción sostenible es el modo de vida que lleva nuestra sociedad. Se prevé que en el 2050 la población en el planeta crezca de 6.000 millones de habitantes a 10.000 millones de

habitantes, como se observa en la *figura 1*, lo que significaría aumentar ocho veces el impacto ambiental. El hecho de que en esta sociedad haya movimientos constantes por parte de la población de un país a otro, en especial en estos últimos años de crisis económicas en diferentes países, y dado el aumento de concentración de población en las zonas no rurales, existe una disminución del espacio disponible en muchas zonas y, como consecuencia, los estándares de la vida suben. Un nivel de vida más alto implica un mayor consumo (el uso de más aparatos como el aire acondicionado según en qué países, el uso de aparatos electrónicos en general, etc.) y, éste a su vez significa una mayor generación de residuos y contaminación. (Fuente: UN Population Division, 2011.)



*Figura 1: Evolución de la población urbana en el mundo*

Fuente: UN Population Division, 2011

Cuando se habla de sostenibilidad, se procura que lo que impere sea la calidad de servicio que se pueda ofrecer frente al coste y el tiempo, aunque esto no se tiene muy en cuenta actualmente. Estos movimientos masivos de población hacen que los arquitectos se preocupen más por la construcción rápida que por la construcción meditada con visión de futuro. Este puede ser el caso de Rio de Janeiro, que en Junio de 2013 se somete a recibir la Copa Confederaciones de Futbol, las Jornadas Mundiales de la Juventud en Julio de 2013, la Copa Mundial de Futbol en el verano de 2014 y los Juegos Olímpicos en el verano de 2016, y por tanto recibirá una gran cantidad de visitantes, lo que obliga a la ciudad a crecer en lo que a construcción se refiere. Como ejemplo, se prevé que hasta el 2016, solo en la zona de Copacabana, se construyan alrededor de 12 hoteles. Actualmente, el modo de

construcción utilizado en Brasil es el responsable del 40% del consumo de recursos naturales del país, el 34% del uso del agua y del 55% del uso de la madera. (Fuente: ATTMANN, 2010 / <http://oglobo.globo.com/>)

Es entonces, una vez analizados todos estos aspectos, donde aparece el concepto de desarrollo sostenible.

La definición de desarrollo sostenible, elaborada por la Comisión para el Medio Ambiente de la ONU bajo la dirección de Gro Harlem Brundtland en 1987, se considera un concepto válido pero impreciso ya que está abierta a diferentes interpretaciones, a menudo contradictorias, aunque continúa siendo la principal referencia del ámbito internacional abordando las necesidades de recursos medioambientales de las generaciones tanto presentes como futuras. A continuación, en el *cuadro 2* se muestran la definición de desarrollo sostenible por la Comisión Brundtland y las subdefiniciones que a partir de esta se han creado respondiendo a las necesidades de cada sector:

*Cuadro 2: Definiciones clave de “desarrollo sostenible”*

Desarrollo sostenible es “aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas propias” (Informe Brundtland, 1987).

Proyecto sostenible es “la creación de edificios que sean eficientes en cuanto al consumo de energía, saludables, cómodos, flexibles en el uso y pensados para tener una larga vida útil” (Foster + Partners, 1999).

Construcción sostenible es “la creación y gestión de edificios saludables basados en principios ecológicos y en el uso eficiente de los recursos” (Building Services Research and Information Association, 1996).

Materiales sostenibles son “materiales y productos de construcción saludables, duraderos, eficientes en cuanto al consumo de recursos y fabricados minimizando el impacto ambiental y maximizando el reciclaje” (Brian Edwards, 2004).

Fuente: Edwards, Brian. *Guía básica de la sostenibilidad, segunda edición revisada y ampliada*. Editorial Gustavo Gili, SL. España, 2009.

Fue en la Cumbre Mundial de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en 2002, donde se introdujo el concepto de “consumo y producción sostenibles” que dio

lugar a varios acuerdos internacionales. El principio clave era establecer una relación entre la productividad, el consumo de recursos y los grados de contaminación. En concreto, los acuerdos fueron los que se muestran en el *cuadro 3*.

*Cuadro 3: Acuerdos internacionales sobre el desarrollo sostenible*

Garantizar que el crecimiento económico no cause contaminación ambiental en el ámbito regional y global.
Aumentar la eficiencia en el consumo de los recursos.
Analizar el ciclo de vida completo de un producto.
Proporcionar a los consumidores más información sobre productos y servicios.
Utilizar los impuestos y la normativa para fomentar la innovación en el campo de las tecnologías limpias.

Fuente: Edwards, Brian. *Guía básica de la sostenibilidad, segunda edición revisada y ampliada*. Editorial Gustavo Gili, SL. España, 2009.

Y estos acuerdos, como se puede ver en el *cuadro 4*, llevaron a posibles consecuencias:

*Cuadro 4: Posibles consecuencias de la Cumbre Mundial de Johannesburgo de 2002*

Desarrollo de programas de gestión medioambiental por parte de los profesionales de la arquitectura.
Difusión de códigos de buenas prácticas (con la ayuda de subvenciones).
Innovación en el proyecto ecológico.
Desarrollo de tecnologías arquitectónicas más limpias y eficientes.
Más información sobre el impacto ambiental de los productos.
Más información sobre el rendimiento energético de los edificios y los servicios de arquitectura.

Fuente: Edwards, Brian. *Guía básica de la sostenibilidad, segunda edición revisada y ampliada*. Editorial Gustavo Gili, SL. España, 2009.

Y, habiendo hecho anteriormente hincapié en el caso de Río de Janeiro, cabe hacer mención también al “Programa 21”. Este es el resultado que salió de la Conferencia Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible organizada por Naciones Unidas en Río de Janeiro (Brasil) el año 1992, también conocida como Cumbre de la Tierra, para referirse al Plan de Acción que los estados deberían llevar a cabo para transformar el modelo de desarrollo actual, basado en una explotación de los recursos naturales como si fuesen ilimitados y en un acceso desigual a sus beneficios, en un nuevo modelo de desarrollo que satisfaga las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras. Es lo que se ha denominado desarrollo sostenible, es decir, duradero en el tiempo, eficiente y racional en el uso de los recursos y equitativo en los beneficios.

(Fuente: Agenda 21: [http://www.bcn.cat/agenda21/A21\\_AGENDA\\_CAST.htm](http://www.bcn.cat/agenda21/A21_AGENDA_CAST.htm)).

El Programa 21 fue suscrito por 172 países miembro de Naciones Unidas. Estos países se comprometieron a aplicar políticas ambientales, económicas y sociales en el ámbito local encaminadas a lograr un desarrollo sostenible. Cada región o cada localidad, por su parte, desarrolló su propio Programa Local 21, en el que deberían participar tanto ciudadanos, como empresas y organizaciones sociales, con el objetivo de generar y consensuar un programa de políticas sostenibles.

Se podría definir como una estrategia global que se lleva a la práctica de manera local y que implica a todos los sectores de una comunidad: sociales, culturales, económicos y ambientales. Es, en definitiva, un compromiso hacia la mejora del medio ambiente y, por ende, de la calidad de vida de los habitantes de una comunidad, municipio o región. (Fuente: <http://www.ecologiaverde.com/que-es-la-agenda-21/>).

Se puede decir entonces que el papel que desempeñan los edificios, y en consecuencia las ciudades, es fundamental para la consecución del desarrollo sostenible. La vida útil de los edificios es larga y la de las ciudades lo es aún más. Es por eso que la vida útil de los edificios es uno de los aspectos más importantes relacionados directamente con la sostenibilidad. En la *tabla 1* se puede observar la vida útil media de los diferentes elementos de la arquitectura:

*Tabla 1: Vida útil de los elementos de la arquitectura*

Acabados	10 años
Instalaciones	20 años
Edificios	Más de 50 años

Fuente: Edwards, Brian. *Guía básica de la sostenibilidad, segunda edición revisada y ampliada*. Editorial Gustavo Gili, SL. España, 2009.

Y como se ha dicho anteriormente y se muestra en el *cuadro 5*, los edificios también son grandes consumidores de materias primas, con lo cual el capital medioambiental invertido en ellos es enorme, al igual que su impacto en términos de residuos:

*Cuadro 5: Valores aproximados de consumo en la construcción de edificios en Europa*

Materiales	El 60% de todos los recursos mundiales se destinan a la construcción (carreteras, edificios, etc.).
Energía	Aproximadamente el 50% de la energía generada se utiliza para calentar, iluminar y ventilar edificios, y un 3% adicional para construirlos.
Agua	El 50% del agua utilizada en el mundo se destina a abastecer las instalaciones sanitarias y otros usos en los edificios.
Tierra	El 80% de la mejor tierra cultivable que deja de utilizarse para la agricultura se utiliza para la construcción.
Madera	El 60% de los productos madereros mundiales se dedican a la construcción de edificios, y casi el 90% de las maderas duras.

Fuente: Edwards, Brian. *Guía básica de la sostenibilidad, segunda edición revisada y ampliada*. Editorial Gustavo Gili, SL. España, 2009.

A pesar de los residuos y contaminación medioambiental que producen los edificios, estos, a su vez, se deben considerar los edificios como fuente de riqueza. Es por eso que estos aspectos medioambientales hay que tenerlos en cuenta desde el principio. De lo contrario, se estará restando valor al capital creado a largo plazo, que depende de la capacidad de satisfacer las necesidades de los usuarios.

Tabla 2: Relación entre los costes de un edificio durante un período de 50 años

Costes de diseño y construcción	1
Costes de funcionamiento	5
Costes de personal	150

Fuente: Edwards, Brian. *Guía básica de la sostenibilidad, segunda edición revisada y ampliada*. Editorial Gustavo Gili, SL. España, 2009.

Por todo esto, surge el “capital”. Fue en el Informe Brundtland donde se propuso el concepto de capital, concepto del cual se está tomando conciencia en el siglo XXI. Existen tres tipos de capital, bajo cada uno de los cuales subyace una triple base: la sostenibilidad social, económica y medioambiental. Estos capitales quedan reflejados en la *figura 2*.

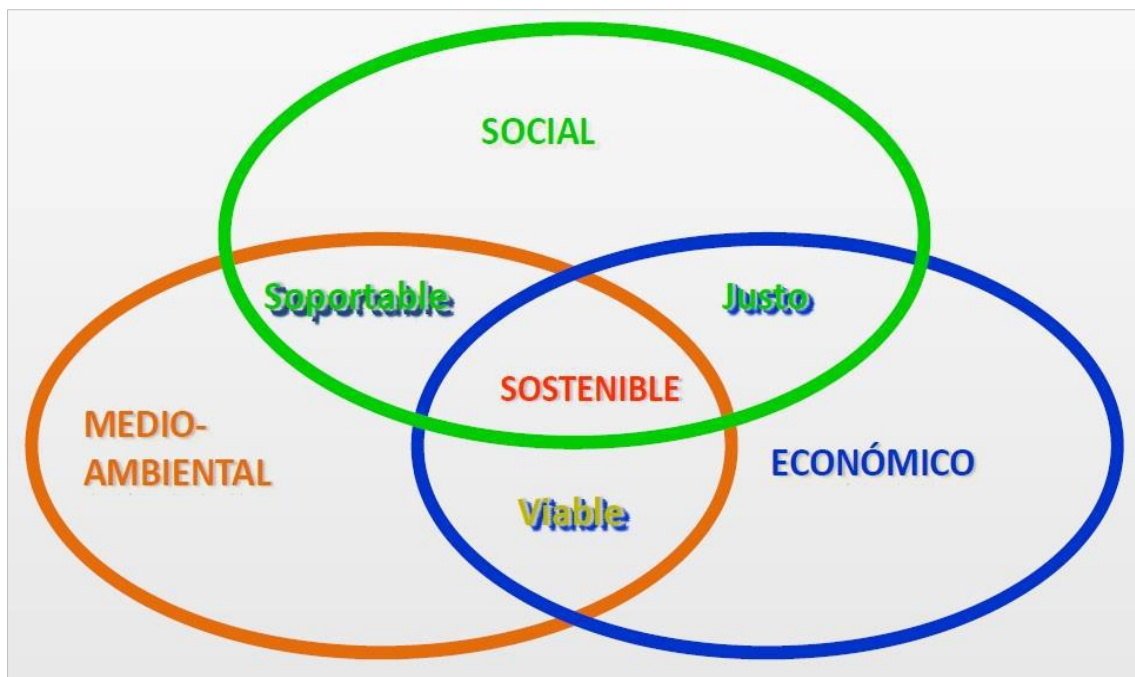


Figura 2: Relación entre los diferentes capitales

Fuente: Hugo da Costa Rodriguez Filho. *III Foro de Institutos, Soluciones concretas para ciudades sostenibles*.

El capital social, como su propio nombre indica, hace referencia a la sociedad. Se necesita una sociedad preparada y equipada para comprender este nuevo programa de actuación. De la misma manera que se necesitan arquitectos, ingenieros y constructores capaces de crear productos sociales útiles (edificios) utilizando un mínimo de recursos. Para

conseguir esto, es necesario un nuevo enfoque educativo en el mundo de la construcción, y que la sociedad adopte nuevos valores. Es en este momento, donde hay que hacer hincapié en el capital tecnológico. Éste es la base de conocimientos y capacidades de proyecto que permite transformar materias primas y otros recursos en productos útiles para los seres humanos, como por ejemplo los edificios. La tecnología nunca permanece estática, sobretudo en un momento de presión sobre el medioambiente. El desarrollo sostenible exige nuevos conocimientos y nuevas tecnologías. Y esas tecnologías no sólo deben ser eficientes e inteligentes, sino que deben ser benévolas con el medioambiente. El reto al que se enfrentan los arquitectos es cómo utilizar la tecnología y cómo ayudar a la industria de la construcción a desarrollar nuevas técnicas sostenibles.

Por otro lado, el capital económico es el concepto mejor acreditado en el ámbito de los recursos financieros. Las empresas utilizan el valor de sus acciones (indicador de su capital económico) para medir su éxito, y los gobiernos regulan el funcionamiento de la economía mediante el control de los tipos de interés. La cantidad de capital económico depende de la explotación de recursos (suelo, personas, etc.) y, por tanto el concepto de desarrollo sostenible ataca sus cimientos. Por tanto, es necesario que este se combine con los otros capitales para encontrar un equilibrio.

Y, finalmente, el capital medioambiental. Éste es el término que se utiliza para cuantificar todos los recursos del planeta, e incluye combustibles fósiles, agua, suelo y minerales, así como una serie de potenciales o capacidades, entre ellos la agricultura, la pesca, la explotación forestal y la energía renovable. La Comisión Brundtland consiguió que el mundo de la política prestase atención al capital medioambiental, no solo en el contexto de las necesidades actuales, sino también de las futuras. Dentro de este capital, también aparece el capital ecológico, rama del medioambiental, que incluye los hábitats, especies y ecosistemas, es decir es el sistema de vida básico del que depende la especie humana. La Cumbre de la Tierra de la ONU, celebrada en Rio de Janeiro en 1992, situó el concepto de capital ecológico en el centro del debate político aunque hoy en día este tipo de capital sigue siendo frágil, malentendido y olvidado por parte de gobierno, empresas e individuos. (Fuente: Edwards, Brian. *Guía básica de la sostenibilidad, segunda edición revisada y ampliada*. Editorial Gustavo Gili, SL. España, 2009.).

Como se ha podido ver en la *figura 2*, la combinación de los capitales por parejas podría ser suficiente pero para conseguir un desarrollo sostenible, es necesaria la combinación de los tres capitales.



Una vez acabada la introducción a la sostenibilidad en la construcción, a continuación, en el siguiente apartado se tratarán con más extensión dos de los temas más importantes a tener en cuenta para poder cumplir el objetivo de realizar una construcción sostenible. Estos son: el ciclo de vida de un edificio y la elección de sus materiales.

En el *Anejo 7.1* se facilita un resumen cronológico de la historia de la evolución de la sostenibilidad en el ámbito de la arquitectura y el diseño.

## **2.2 Análisis del Ciclo de Vida Útil (ACV)**

Como se ha comentado al principio del capítulo, casi el 80% de nuestra vida se desarrolla en el interior de edificios. Debido al aumento de población en el planeta y a la generalización de la vida urbana esta se ha desvinculado por completo de la naturaleza y el paisaje. Y, de la misma manera, la arquitectura se ha desprendido de sus antiguos vínculos con los materiales locales, las tradiciones populares y su unión con el entorno. (Fuente: ICARO Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia. *Hacia una arquitectura sostenible, En busca de un sentido común*. España, 2005.)

Uno de los principales factores a tener en cuenta para llegar a una construcción sostenible es el Análisis del Ciclo de Vida útil (ACV), cuyo objetivo es incorporar los principios ecológicos al desarrollo del proyecto, analizando y evaluando el impacto medioambiental de un producto (en el caso de la arquitectura, un edificio) durante todas las etapas de su existencia: proyecto (elección materiales, diseño, etc.), construcción, uso y eliminación, como se observa en la *figura 3*.



*Figura 3: Etapas de un edificio en el ACV*

Fuente: Impactos ambientales en el sector de la construcción – Construpedia, enciclopedia construcción.

Este método tiene dos grandes ventajas: sirve de guía para arquitectos y gestores de instalaciones durante la vida útil del edificio y puede comportar un ahorro considerable al adelantarse a futuras leyes medioambientales restrictivas y facilitar el mantenimiento.

A partir del ACV, se ha desarrollado el Coste del Ciclo de Vida (CCV) que considera el coste de un edificio durante toda su vida útil (30-50 años). En realidad, éste representa el valor neto de los costes del proyecto, construcción, funcionamiento y mantenimiento del edificio calculados durante su vida útil. En lugar de centrarse en el coste inicial, el CCV incluye en la ecuación los costes de funcionamiento (calefacción, iluminación ventilación, etc.) y de mantenimiento del edificio (revisiones del sistema de aire acondicionado, etc.).

Los arquitectos, al igual que muchos otros profesionales del sector de la construcción, están sometidos a una cierta presión por parte de los clientes y de otros sectores del proceso productivo para reducir el impacto ambiental negativo de sus edificios. Esto es debido a la conciencia que la sociedad tiene sobre el medioambiente, factor que ha provocado que esta sea más exigente y reclame mayores prestaciones sin costes adicionales.

En el siguiente *cuadro 6* se observan las ciertas ventajas que aparecen al centrarse el ACV en el coste total y no solo en el inicial.

*Cuadro 6: Ventajas del ACV*

Introduce la duración de vida del material en la ecuación, teniendo en cuenta los diferentes impactos y ciclos de reciclaje según un enfoque global.
Permite analizar el impacto energético, ecológico y medioambiental desde el punto de vista del beneficio social y económico.
Constituye una herramienta integral que tiene puentes entre el proyecto, la fabricación, la construcción y el mantenimiento.

Fuente: Edwards, Brian. *Guía básica de la sostenibilidad, segunda edición revisada y ampliada*. Editorial Gustavo Gili, SL. España, 2009.

Sin embargo, el ACV también plantea algunos problemas. El proceso considera individualmente los diferentes materiales y productos de la construcción (acero, hormigón, azulejos, pinturas, etc.) y analiza de una manera sistemática el impacto ecológico de cada material en el tiempo. Lamentablemente, la construcción es mucho más compleja y emplea a menudo los materiales de una forma combinada, de manera que las ventajas del ciclo de vida de un material pueden quedar anuladas por las de otro. Por ejemplo, la pintura con que se cubre el acero dificulta la reutilización y el mortero de cemento impide que los ladrillos puedan reciclarse. En Holanda, este problema se ha solucionado mediante el Eco-Quantum, que analiza el ciclo de vida de unidades enteras de construcción, como ventanas (vidrio, bastidores, masilla), muros de carga (ladrillos, mortero, cimientos), entre otros.

La definición básica del ACV se podría decir que es *identificar los flujos de materiales, energía y residuos que generan un edificio durante su vida útil, de manera que el impacto ambiental pueda determinarse por adelantado*. Los flujos analizados engloban normalmente la extracción de materias y su uso, reutilización, reciclaje o eliminación. Normalmente se tienen tres opciones al final de la vida útil de un edificio, como se puede ver en la anterior *figura 3* y en el *cuadro 7*.

*Cuadro 7: Opciones al final de la vida útil de un edificio*

Reutilización de las partes en una nueva construcción
Reciclaje del material (por ejemplo, como áridos para hormigón nuevo)
Derribo del edificio y vertido de los escombros en un vertedero controlado

Fuente: Edwards, Brian. *Guía básica de la sostenibilidad, segunda edición revisada y ampliada*. Editorial Gustavo Gili, SL. España, 2009.

Es preferible reutilizar que reciclar, debido a los costes energéticos que supone transformar un material, y es preferible reciclar que eliminar. Este sería un último recurso ya que la capacidad de los vertederos es cada vez más escasa, los impuestos que gravan los residuos aumentan y, la producción de metano y otros gases emitidos contribuyen al calentamiento global. Aunque a veces, es posible reciclar los residuos para producir energía. El ACV considera estas tres opciones, y plantea el tomar esta decisión al inicio del proceso.

También es importante decir que el ACV no es el único sistema de gestión medioambiental, sino que existen también otras herramientas, resumidas en el *cuadro 8*. Algunas de ellas son de tipologías específicas.

*Cuadro 8: Otras herramientas de gestión medioambiental*

SAM (Sustainable Assessment Model)	Desarrollado inicialmente por la empresa Inchferry Consulting y la University of Aberdeen, evalúa el proyecto durante la totalidad del ciclo de vida a partir de 22 indicadores de rendimiento, agrupados en cuatro apartados que hacen referencia a los tres principios básicos del desarrollo sostenible (protección medioambiental, bienestar social y prosperidad económica) y añaden el concepto de “disponibilidad de los recursos”.
EMAS (Eco-Management and Audit Scheme)	Es el modelo preferido en la Unión Europea. Es muy similar al ACV pero exige que el rendimiento medioambiental se audite a través de una empresa externa y que sus resultados se hagan públicos.
BREDEM	Método de evaluación medioambiental desarrollado por el BRE (Building Research Establishment) para edificios domésticos. Consiste en un conjunto de programas informáticos diseñados para calcular el consumo de calefacción de distintas tipologías de viviendas, basándose en ganancias, pérdidas y tipos de calderas. Tiene en cuenta factores como la situación y la latitud, la capacidad de aislamiento, estanqueidad, superficie de ventanas y orientación.
BREEAM	Sistema de auditoría utilizado con mayor frecuencia por los proyectistas británicos para edificios de oficinas y de otros tipos. Se basa en una tabla de puntuación que permite comparar distintas estrategias de

	proyecto previas a la construcción. Los resultados evalúan desde la contaminación atmosférica mundial hasta los impactos locales, entre aquellos que afectan a la salud humana.
SEAM	Sistema de auditoría medioambiental desarrollado en Reino Unido por el Departamento de Educación y Formación Profesional para los centros escolares, que también abarca una amplia variedad de cuestiones medioambientales y ecológicas.

Fuente: Edwards, Brian. *Guía básica de la sostenibilidad, segunda edición revisada y ampliada*. Editorial Gustavo Gili, SL. España, 2009.

Como se ha dicho anteriormente, uno de los puntos fuertes del ACV es el final de la vida útil del edificio, y como consecuencia, los residuos. Los residuos de la construcción forman una gran parte de los residuos generales de una ciudad. En el mundo de la construcción, los arquitectos pueden contribuir a la reducción de los residuos de cuatro modos:

El primero sería eliminando los residuos ya en la fase de proyecto, por ejemplo, seleccionando materiales que no sea necesario procesar *in situ*. La utilización de componentes estandarizados y de sistemas modulares de construcción reduce la necesidad de realizar modificaciones y, por tanto, los residuos.

En segundo lugar, se pueden seleccionar materiales reutilizados, reciclados o recuperados. Cada vez es más habitual la reutilización de materiales comunes, como los ladrillos, en construcciones nuevas, y la descomposición de hormigón viejo para reaprovecharlo como árido. Mediante la selección de materiales reutilizados o recuperados, los arquitectos podrían impulsar el mercado del reciclaje.

En tercer lugar, proyectando edificios que sean sencillos de dismantelar al final de su vida útil. Esto exigiría tener en cuenta el tipo de uniones que se utilizan y los acabados de los materiales como, por ejemplo, la utilización de pernos en lugar de soldar juntas de acero, atornillar la madera en lugar de clavarla o usar mortero de cal en lugar de cemento.

Y en cuarto lugar, proyectar edificios intrínsecamente flexibles y aptos para ser reutilizados al final de su vida funcional. Dado que la duración estructural de un edificio

suele ser mayor que la económica (100 años en lugar de 50), los arquitectos deberían tener en cuenta los posibles cambios de uso.

La eliminación de los residuos tiene consecuencias tanto para el medio ambiente como para la salud. Los residuos limitan la disponibilidad de nuevos recursos, contribuyen al calentamiento global a través de las emisiones de metano, y son una fuente de contaminación para el agua, el suelo y el aire. La contaminación en torno a los lugares donde se depositan los residuos puede tener consecuencias negativas para la salud de los habitantes, la productividad agrícola y la biodiversidad local. Si tenemos en cuenta que entre el 50% y el 60% de los residuos son generados por la industria de la construcción, es evidente que el problema tiene que solventarse por parte de los profesionales. (Fuente: ICARO Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia. *Hacia una arquitectura sostenible, En busca de un sentido común*. España, 2005.)

Es en este punto donde se debe hacer mención a dos factores a tener en cuenta para la reducción de residuos: las cuatro “erres” y la elección del buen material.

### **2.3 Las cuatro “erres”: reducir, reutilizar, reciclar y rehabilitar.**

Hace ya tiempo que se reivindican las tres primeras “erres”. La cuarta, rehabilitar, se añade porque es imprescindible reparar los daños que ha causado la contaminación en gran parte del hábitat humano. Las ciudades se han convertido en los principales focos de contaminación y residuos. Debido a que la industria de la construcción afecta principalmente a las zonas urbanas es de especial responsabilidad la recuperación de las antiguas zonas industriales.

#### **2.3.1. Reducir**

La sociedad debe reducir la demanda de recursos no renovables, como los combustibles fósiles, el agua, los minerales, el suelo agrícola o los depósitos geológicos. La reducción del consumo conlleva mayores reservas para generaciones futuras y da más tiempo para encontrar recursos alternativos. Si se ahorra energía, por ejemplo, se puede reducir la demanda de recursos limitados como los combustibles fósiles (petróleo, gas o carbón) y habrá más tiempo para desarrollar fuentes de energía renovables.

### 2.3.2. Reutilizar

Un edificio construido se convierte en un activo fijo. Su construcción supone un gran gasto en recursos e inversiones que las futuras generaciones deberían poder reutilizar y adaptar a los nuevos usos. Esto significa que un edificio debería ser duradero en su forma y construcción, gozar de valoración social (lo que realzaría sus posibilidades de reutilización) y de una buena situación. La reutilización del conjunto o el reciclaje de sus componentes son preferibles a la demolición total. Aunque la reutilización de todo el edificio no sea posible, los elementos constructivos que lo componen deberían estar pensados para posibilitar su reutilización.

A diferencia del reciclaje, la reutilización exige que el proyectista adopte un planteamiento diferente de su trabajo. Convencionalmente, el arquitecto proyecta el edificio para responder a las necesidades de un programa determinado. El edificio se ajusta a los requisitos del programa en su distribución y construcción. Sin embargo, en una época de rápido cambio social y tecnológico, los edificios proyectados tan a medida enseguida pierden su función. Normalmente, estos edificios acaban por demolerse, aumentando así las necesidades de recursos, las molestias, la contaminación y los residuos. La mejor solución consistiría en la reutilización del edificio, pero para que eso sea posible es necesario que se haya construido de una determinada manera. Las cualidades mostradas en el *cuadro 9* aumentarían la posibilidad de esta reutilización.

*Cuadro 9: Cualidades positivas para la posible reutilización de un edificio*

Aprovechamiento de la luz y la ventilación naturales.
Acceso a infraestructuras (transporte público, servicios, etc.).
Ausencia de materiales tóxicos.
Calidad de la construcción, preferiblemente materiales naturales.
Interés y carácter de los espacios
Acceso a fuentes de energía renovable (solar, eólica).

Fuente: Edwards, Brian. *Guía básica de la sostenibilidad, segunda edición revisada y ampliada*. Editorial Gustavo Gili, SL. España, 2009.

Naturalmente, algunos edificios disponen de mayores prestaciones que otros, pero la tarea del proyectista es crear una estructura cuyas características hagan posible esa reutilización. Los arquitectos deben darse cuenta de que las decisiones que toman en la mesa de dibujo a menudo excluyen la posibilidad de usos alternativos posteriores. Hay que reconsiderar la relación forma/función para hacer esto factible.

La reutilización conlleva también la recuperación de elementos constructivos (vigas metálicas, madera, ladrillos, etc.) para su utilización en otros edificios. Muy pocos edificios se proyectan o construyen teniendo en cuenta las posibilidades de reutilización. Es habitual que los elementos de acero se suelden en lugar de atornillarlos y que sobre ellos se apliquen acabados tóxicos, que los ladrillos se apliquen con morteros de cemento, etc. Estos son algunos de los factores que impiden su reutilización. La filosofía de la reutilización, por tanto, requiere un cambio en el proyecto de nuestros edificios, así como en su construcción.

### **2.3.3. Reciclar**

El reciclaje se basa en la recuperación de la fracción útil de un material mediante su extracción y reprocesamiento. Comparado con la reutilización, el reciclaje emplea más energía al transformar el material, pero es preferible a su pérdida total.

Algunos materiales de construcción, sobre todo los de elevada energía incorporada, como el acero, aluminio, plomo y cobre, acostumbran a reciclarse. El grado de reciclaje depende en parte del mercado, pero los proyectistas podrían aumentarlo si eligieran materiales con un alto porcentaje de contenido reciclado. Por ejemplo, los metales, al tender a ser reciclados, es recomendable utilizarlos en lugar de hormigón en estructuras de envergadura, aunque el hormigón también se puede reciclar machacándolo y empleándolo como árido en futuros edificios o carreteras; la madera recuperada se puede usar como combustible en centrales alimentadas por residuos; el cartón yeso permite ser transformado en nuevas formas, etc.

El reciclaje conlleva habitualmente la extracción de energía de un material y la separación de sus partes para su futura reutilización. Es importante tener en cuenta las posibilidades de reciclaje, los impactos medioambientales en cada etapa y las consecuencias del ciclo de vida completo de cada una de las opciones de reutilización y reciclaje.



### 2.3.4. Rehabilitar

La mitad de la población humana mundial habita en ciudades. Las áreas urbanas son una de las principales fuentes de contaminación atmosférica y, por consiguiente, suponen un riesgo cada vez mayor para la salud humana.

La acción conjunta de la arquitectura, el paisajismo y el urbanismo puede ayudar a rescatar a las ciudades de la contaminación, el caos y la alineación. La ciudad se ha convertido en nuestro hogar principal: como ya hemos dicho anteriormente, pasamos el 80% de nuestro tiempo dentro de edificios y la mayor parte del resto en zonas urbanas contaminadas. El hábitat humano es ahora predominantemente urbano y los arquitectos desempeñan una función clave en la creación de ciudades civilizadas, limpias y productivas. Muchas de las ciudades modernas contaminadas son el resultado de la falta de regulación y el mal trazado. (Fuente: ICARO Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia. *Hacia una arquitectura sostenible, En busca de un sentido común*. España, 2005.)

Existen dos tipos de rehabilitación. En primer lugar tenemos la rehabilitación de edificios, lo cual es un factor muy importante y estaría directamente relacionado con la reutilización (alargar la vida útil de un edificio). Pero es también importante centrarse en la rehabilitación urbana de suelos contaminados que es uno de los factores que hace aumentar la contaminación. La contaminación atmosférica es relativamente fácil de disipar, pero la contaminación del suelo está localizada, es duradera y afecta a áreas muy amplias. Se calcula que en la mayoría de ciudades occidentales el 20% del suelo está desocupado e infrautilizado, y a menudo es debido a la contaminación. Por ejemplo, solares antiguamente ocupados por fábricas de productos químicos suele contener arsénico; los ocupados por fábricas u hospitales, radiación, antiguas fábricas de acero, metales pesados; etc. Por tanto, es necesario que todos los agentes implicados (gubernamentales, profesionales y privados) actúen conjuntamente para hacer frente a la contaminación del suelo urbano. Principalmente, porque los arquitectos, además de ocuparse del proyecto de edificación, aconsejan a los clientes sobre la selección del solar, por tanto deben conocer los problemas asociados al suelo contaminado. (Fuente: ICARO Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia. *Hacia una arquitectura sostenible, En busca de un sentido común*. España, 2005.)

Una vez acabada la breve explicación de las cuatro “erres”, si se consideran estas conjuntamente, se puede observar que existen múltiples relaciones entre las distintas

opciones. Un buen proyecto ecológico no aborda las cuestiones aisladamente, sino que las integra en una única intervención. En la rehabilitación de un área industrial obsoleta, el arquitecto deberá recurrir, en general, a una combinación variable de cada una de las erres en función de los costes, el programa y las limitaciones del tiempo. Sin embargo, la compaginación de las distintas opciones otorgará al edificio mayores prestaciones medioambientales.

## **2.4 La elección del buen material y productos**

La elección de un material para un proyecto no es una tarea fácil. Una arquitectura mono-material ya no es posible. La globalización de la arquitectura y el factor marketing han impedido durante décadas que cada parte de un proyecto consiguiera su material apropiado. A la hora de elegir un material hay que tener muchos factores en cuenta, dependiendo de las exigencias que cada uno se imponga. La estética, el peso, la colocación, el mantenimiento, la durabilidad, la estabilidad, la composición química o la reciclabilidad. A todos estos criterios se les puede dar un valor, una importancia relativa vinculada con su aplicación en un proyecto específico. Cuántos más criterios se tengan en cuenta, más compleja será la elección, pero seguramente resultará más acertada. Aun así, el exceso de criterios tampoco nos procura la solución más acertada ya que hay que tener en cuenta que los criterios a veces se contradicen. Por lo tanto, un resultado óptimo parte de un ejercicio de priorizar.

Los criterios por los que podemos decidir son: los criterios económicos (coste directo de la compra, coste de mano de obra en la colocación, coste del transporte, tiempo de pedido, etc.), los criterios de estética (el grado de belleza es quizá el criterio más personal y por tanto a veces el menos determinante), los criterios de cumplimiento de normativas (resistencia al fuego, cumplimiento de exigencias de aislamiento térmico y acústico, resistencia a la rotura, etc.) o cualquier otro criterio regular. También hay que tener en cuenta cuál es la huella que deja el uso de un material sobre el medioambiente.

Contrariamente a lo que popularmente se cree, un material sostenible no tiene que ser nuevo por definición. Hay muchos materiales ya conocidos que cumplen suficientes requisitos como para ser considerados correctos. Es importante reconocer estos materiales, estimular su reincorporación a la construcción e investigar nuevas aplicaciones o sistemas de producción. Sin embargo, es igualmente importante invertir dinero y tiempo en la

investigación de nuevos materiales. Los nuevos materiales tienen probablemente más en cuenta la importancia del respeto al medioambiente, no sólo en su fase de producción, sino también en fase de reciclaje o reutilización posterior.

Una buena lista de criterios a tener en cuenta para elegir el material podría ser la mostrada en el siguiente *cuadro 10*.

*Cuadro 10: Factores a tener en cuenta en la elección del buen material*

Material absorbente de CO <sub>2</sub> : la elección de un material que participe activamente en la resolución de uno de los problemas actuales más complicados, el calentamiento atmosférico, es la mejor aportación que la construcción de un proyecto puede hacer al medioambiente.
Materia renovable: si empleamos materias primas que nos ofrece la naturaleza, de manera inagotable, no condicionaremos el futuro de nuestras reservas.
Material reciclable: el destino del material reciclable es la reutilización y no el vertedero.
Material reciclado: evitamos la contaminación y el consumo de energía innecesaria para la fabricación del mismo material nuevo, reduciendo además la cantidad total de residuos.
Pureza compositiva: cuantas más materias primas sea necesario mezclar para obtener el producto final, más difícil será su separación posterior para su reciclaje.
Energía incorporada: además de los costes energéticos iniciales (extracción, transporte, fabricación...), es importante comprender la dependencia energética del material a lo largo de toda su vida útil (inercia térmica, mantenimiento, roturas y desgastes, posibilidad de ser reutilizado o reciclado).
Grado de industrialización: sólo para proyectos de una escala pequeña se puede justificar el uso de un material artesanal que requiera mucha mano de obra y excesivos recursos (agua y energía) en obra. El resto de los proyectos deberían construirse con materiales industrializados con un consumo controlado de recursos.
Materiales saludables: evitar el uso de productos que puedan afectar a la salud del fabricante, el usuario o el operario del proceso de reciclado. Se trata de partículas tóxicas o volátiles cancerígenos.

Grado de mantenimiento: un mantenimiento mínimo de los materiales favorece el confort del usuario y disminuye el uso de materiales como pinturas, grasas o aceites.

El sello ecológico: pocos materiales tienen un sello que avale una buena gestión de los recursos, pero los que lo tienen merecen un tratamiento favorable.

Fuente: Sauer, Bruno; García Navarro, Justo; Lefteri, Chris; Pérez Arnal, Ignasi. *ECO Productos, En la arquitectura y el diseño*. Editorial Ignasi Pérez Arnal. Barcelona, 2008.

Cabe decir que la aplicación de esta lista es complicada porque en primer lugar hay que poder contar con varios condicionantes, como la voluntad financiera y el conocimiento tecnológico; y en segundo lugar hace falta una convicción personal para aplicarlo. Se puede decir que los últimos nueve puntos son fáciles de entender y hay materiales de sobra para aplicar, pero lamentablemente, a día de hoy, solo hay un material que cumpla con el punto número 1: el árbol.

Con un solo vistazo, se puede observar la cantidad de nuevos libros, bases de datos y consultorías que se especializan en materiales para el diseño y cada vez más llenan el vacío que ha crecido entre la industria y los diseñadores. Todo esto ha surgido, no solo por la necesidad de encontrar nuevos caminos para rehacer productos, sino para aproximarse al tema del medioambiente y experimentar con las nuevas tecnologías para entregar nuevas experiencias. Ya que no solo se quiere tener conocimiento sobre nuevos materiales y sus propiedades, sino que lo que también interesan las experiencias que este material pueda dar a lo largo del tiempo.

El nivel de innovación en materiales sostenibles y rápidamente renovables está motivado tanto por compañías grandes que emplean a científicos para satisfacer a los consumidores que piden materiales ecológicos como por organizaciones más pequeñas que investigan sobre nuevas maneras de utilizar subproductos basados en residuos o recursos de materias renovables. Este último se acerca más al método tradicional de la evolución e innovación de un material dándole nuevas formas y usos mediante la manipulación física de este.

En este caso, la innovación no viene de proveedores o fábricas sino de arquitectos y diseñadores que traducen productos existentes que se han transformado en basura y que ahora tienen una segunda vida. Para que esta innovación se mantenga la industria del

diseño necesita continuar con lo que hace tan bien: sacar materiales fuera de su contexto para aplicarlos en otros (y no solo manipularlos física o químicamente).

Si uno se pregunta, ¿por qué innovar? La respuesta sería porque la necesidad de cambio en nuestra forma de usar materiales es preminente no solo a nivel cultural sino también a nivel crítico desde el punto de vista medioambiental, ya que la sociedad se ha dado cuenta de la necesidad de buscar alternativas a según qué productos para proteger con esta innovación nuestro planeta.

La elección de un material puede ser determinante por sí misma de la imagen de un producto y de un edificio. Pero si hasta ahora lo que importaba era la textura y el color del material, es necesario incorporar otros criterios fundamentales como sus propias características. Substancias que cambian con la temperatura, superficies que interactúan con cualquier tipo de sensor, materiales que aportan la tecnología a la naturaleza,... y que incorporan desde hace muy poco tiempo unos nuevos condicionantes: los de la sostenibilidad.

Los materiales saludables, normalmente materiales orgánicos, son rechazados por su bajo rendimiento técnico y por la estética, aunque hoy en día están siendo reexaminados debido a la preocupación por el medioambiente. Se podría decir que los principales materiales orgánicos que nos rodean hoy en día son los definidos en el *cuadro 11*: los derivados de la tierra, la piedra, la madera, los morteros de cal, los aislantes orgánicos y las pinturas al agua.

*Cuadro 11: Materiales saludables*

Derivados de la tierra	Estos serían el adobe, los ladrillos cocidos al sol, morteros de arcilla, entre otros y se caracterizan por su gran durabilidad y por no ser tóxicos.
Piedra	Su principal característica es la gran durabilidad como se ha demostrado a lo largo del tiempo y también por no crear problemas de salud. El único inconveniente que podríamos encontrar sería la extracción de esta de las canteras, y no por su contaminación, sino por el impacto ecológico y paisajístico y su elevado coste económico (extracción y transporte). Aun así, su capacidad térmica, resistencia y reciclabilidad hacen de ella un material muy atractivo.

Madera	Es un material muy sostenible y autorrenovable y ayuda a la reconversión del CO <sub>2</sub> en oxígeno. Pero debemos tener en cuenta que se debe obtener de proveedores acreditados para evitar la destrucción de hábitats naturales.
Morteros de cal	Antes de la llegada del cemento a finales del siglo XXI, el mortero de cal era el aglomerante que se utilizaba en los muros de piedra. Este también se puede utilizar en el revestimiento de interiores y exteriores. Su principal ventaja es que si se utiliza en la construcción de paredes de ladrillo y piedra, estos se pueden recuperar fácilmente para su reutilización.
Aislantes orgánicos	A diferencia de los aislantes artificiales, como el poliestireno expandido, los aislantes orgánicos como la fibra de celulosa, la fibra vegetal o la lana de oveja son materiales de baja energía incorporada, no son tóxicos y por lo tanto no desprenden sustancias tóxicas.
Pinturas al agua	Estas tienen la principal característica de que no suponen ningún riesgo a operarios ni futuros ocupantes de un edificio, a diferencia de las pinturas con base de oleo. Estas últimas son más tóxicas y provocan que el riesgo de tener cáncer sobre los operarios aumente en un 40%. Una posible alternativa es también el uso de aceite de resina natural como excipiente u otros equivalentes de base acuosa.

Fuente: Edwards, Brian. *Guía básica de la sostenibilidad, segunda edición revisada y ampliada*. Editorial Gustavo Gili, SL. España, 2009.

Como se ha dicho anteriormente, se buscan productos sin emisiones de CO<sub>2</sub>, con reciclabilidad, no contaminación en la fabricación, reutilización, minimizar los componentes derivados de combustibles fósiles... pero a partir de aquí surgen varias preguntas. ¿Los materiales deben ser perdurables y durar el máximo de tiempo posible o deben ser biodegradables y desaparecer casi instantáneamente después del uso?, ¿Utilizar magníficos productos, renovables, de poca energía contenida, ligeros, transformables, como el bambú pero en un país donde no existe sería una concepción antisostenibilista hacia este material?, ¿Se debería contabilizar todo por el CO<sub>2</sub> que produce o por el que se ahorra?, etc.

Estas son preguntas que puede que sea difícil encontrar respuesta, pero como conclusión, se puede formular una pregunta que englobaría a todas ellas: ¿Por qué construir

con materiales sostenibles? La respuesta principal sería porque el suministro de cualquier materia prima no es infinito y por tanto no podemos utilizar toda la que queramos. Por ello, deberíamos construir solo si fuera necesario y no deberíamos producir viviendas si pudiéramos reciclar una estructura ya existentes.

A continuación, la monografía se centrará en el tema principal a tratar: la acústica como aislamiento y el suelo flotante, como una de sus aplicaciones.

### **3. LA ACÚSTICA EN LA CONSTRUCCIÓN**

#### **3.1 Introducción a la acústica en la construcción**

El sonido puede considerarse como una presión que se propaga por un medio, por ejemplo el aire, que puede ser detectada por el oído humano dentro del rango de frecuencias comprendidas entre 20Hz y 20kHz.

El ruido puede definirse objetivamente, en cuanto que implica el mismo fenómeno físico que constituye un sonido, aunque suele definirse de una manera más subjetiva, considerándose como un sonido molesto o un sonido no deseado. Es decir, el ruido es una apreciación subjetiva del sonido considerándose toda energía acústica susceptible de alterar el bienestar fisiológico o psicológico, interfiriendo y perturbando el desarrollo normal de las actividades cotidianas. Por lo tanto, un mismo sonido puede ser considerado como molesto o agradable, dependiendo de la sensibilidad o actividad que esté desarrollando el receptor.

La contaminación acústica es el exceso de ruido que altera las condiciones normales del medio ambiente en una determinada zona. Se trata de un problema que afecta a la sociedad en general, provocado como consecuencia directa y no deseada de las actividades humanas (tráfico, actividades industriales, de ocio, etc.) y que tiene efectos negativos tanto en la salud de las personas como a nivel social y económico.

El término “acústica” en general es la ciencia que estudia la producción, transmisión, percepción o reproducción del sonido y en la actualidad, este término se puede aplicar a muchas ramas que afectan a la vida del ser humano. Esta monografía se centrará en la acústica arquitectónica. La acústica arquitectónica tiene que ver con el diseño de las propiedades acústicas de un edificio a efectos de fidelidad de la escucha o de su aislamiento.

La construcción se basa en construir, romper, tapar y cubrir. Se trata de un proceso semiartesanal donde es necesario que cada acción esté bien ejecutada. Se aleja mucho de los procesos industriales y sistematizados porque cada edificio es un prototipo y cada planta del edificio, a pesar de estar diseñadas de forma idéntica, no se puede garantizar que se construyan igual: se puede desplazar una pared, un tabique, poner menos mortero en las juntas, perforar más una pared o un forjado, etc. Todas las obras suele sufrir estos cambios.

Los edificios que se construyen a diario tienen que cumplir unas condiciones mínimas según el uso y la actividad que se realizará en ellos. A nivel estructural, térmico, de habitabilidad, etc. todo el mundo tiene claras estas condiciones. Pero a nivel acústico no se tiene tanta conciencia y es más difícil conseguir a la perfección el confort acústico de las viviendas que estamos construyendo.

Se habla de construcción porque se habla de acústica. Cada material y cada sistema que se utilizan en una vivienda tienen un comportamiento acústico. Es necesario tener una visión global de la obra para afrontar este problema, ya que hay muchos aspectos y fases de la construcción donde éstos se tienen en cuenta individualmente. Para ello tendremos en cuenta dos mundos radicalmente diferentes: por una parte el mundo de la física, con sus conceptos teóricos y exactos para proyectar (como serían los valores límite de aislamiento); y por otra parte, el mundo artesanal, con la mano de obra y la unión entre diversos materiales. Ambos mundos han de trabajar correctamente.

Hay que saber también, que cuando se habla de la acústica en el mundo de la construcción, hay que tener en cuenta dos conceptos: el aislamiento acústico y el acondicionamiento acústico, y es que cuando se construye un edificio, se le pueden exigir dos cosas: que sea propagador del sonido y tenga una buena acústica y que a la vez tenga un buen aislamiento acústico. Se entiende por aislamiento acústico al conjunto de procedimientos empleados para reducir o evitar la transmisión de ruidos (tanto aéreos como estructurales) de un recinto a otro o desde el exterior hacia el interior de un recinto o viceversa, con el fin de obtener una calidad acústica determinada. Cuando se habla de aislamiento siempre se tiene en consideración a dos recintos diferentes, es decir, se considera el sonido que se genera en un recinto, que se transmite y es percibido en otro recinto. A diferencia del aislamiento acústico, el acondicionamiento acústico implica a un único recinto, es decir, el sonido es generado y percibido en el mismo recinto. Por acondicionamiento acústico se entiende una serie de medidas que se toman para conseguir en un recinto unas condiciones acústicas y un ambiente sonoro interior, determinados



conforme al uso que se le va a dar al recinto. Y todo ello dependerá, principalmente, de los materiales, los cuales ayudarán a absorber o reflejar el sonido.

Hoy en día, nadie se pregunta por el aislamiento térmico ni las rampas de acceso a las viviendas. Sencillamente éstos son elementos integrados en el edificio que nos dan confort y que esperamos encontrar en nuestros edificios. Sin embargo, esto no pasa cuando hablamos de aislamiento acústico pero no es motivo suficiente para que no haya que conocer estas condiciones ya que, día tras día, será motivo de reclamo entre los usuarios de las viviendas.

Todo esto se verá reflejado a continuación a la vez que analizaremos las diferentes normativas que intentan regular la acústica en la construcción.

### 3.2 Resumen de las normativas acústicas en España

Son varias las leyes que han intentado regular el factor acústico en la construcción en España a lo largo de los años. En el *cuadro 12* encontramos un buen resumen de ellas.

*Cuadro 12: Resumen cronológico legislativo de acústica española*

1937	Creación de la Dirección General de Arquitectura del Ministerio de Gobernación.
1957	Normas MV del Ministerio de la Vivienda.
1977	El gobierno aprueba un marco unificado compuesto por: NBE: Normas Básicas de Edificación. De obligado cumplimiento. NTE: Normas Tecnológicas de la Edificación. Desarrollo de las NBE. SHE: Soluciones Homologadas de la Edificación. No se desarrollaron. DIT: Documento de Idoneidad Técnica. Evaluaciones técnicas favorables.
1999	Ley de Orden de la Edificación, LOE.
2007	Código Técnico de la Edificación, CTE.

Fuente: Casadevall i Planas, David; Consultor acústico; Acústica Web.

Teniendo en cuenta estadísticas y estudios solventes, se puede observar que entre un 60% y un 80% de las viviendas españolas, construidas antes de la implantación del CTE, incumplían la norma acústica NBE CA-88, y los defectos más comunes en estas viviendas eran: proyectos mal redactados (35 %), mala ejecución (55 %), materiales defectuosos (9 %) y falta de mantenimiento (1 %). (Fuente: Asociación Española contra la Contaminación y el Ruido AECOR).

La exposición de la población al ruido aumenta cada año. Ésta, sin darse cuenta, ha ido integrándolo como una premisa de la sociedad de progreso. Los coches y las motos cada vez tienen más ruido a baja frecuencia para dar sensación de potencia, las salas de estar están llenas de altavoces para el *home cinema* con *subwoofers* muy potentes de recintos que pueden afectar a otros vecinos, las terrazas y los balcones están repletos de aires acondicionados que tarde o temprano empezarán a vibrar y a hacer ruido, y hace falta sumar que cada vez nos molesta más el ruido que hace el vecino, al andar, al ir al lavabo, los llantos de las criaturas, la música a todo volumen de éstos, etc. La población se va volviendo más intolerante con las fiestas que se realizan en los barrios, conciertos o bailes, incluso carnavales.

La suma de estos factores lleva al estrés por la contaminación acústica recibido diariamente. Y la sociedad cada vez es más exigente y valora más la intimidad y el descanso.

Los efectos sufridos por este ruido son: alteraciones del sueño, malestar, trastornos de la conducta, estrés, hipertensión, enfermedades cardíacas y efectos negativos sobre el aprendizaje de los niños, entre muchos otros. Hace falta protección contra el ruido, aunque no parezca un problema grave. Y es por eso que es de vital importancia tener en cuenta y cumplir la normativa a la hora de realizar un proyecto y llevarlo a cabo.

Ahora, se analizarán brevemente cada una de ellas, antes de centrarse en la normativa vigente actual, el CTE.

Para la protección contra el ruido existen dos ramas normativas: la edificatoria y la ambiental. Las dos ramas vienen marcadas por las directivas europeas que hay que cumplir para convergir con Europa. A nivel ambiental estatal está la "ley del ruido" del 37/2003 y a nivel autonómico, diferentes leyes y reglamentos. En el caso de la edificación aparecen la LOE y el CTE.

La “Ley del Ruido” del 37/2003 es una ley estatal y tiene como objetivo la prevención, vigilancia y reducción de la contaminación acústica producida por emisores acústicos de cualquier índole, tanto si es ruido aéreo o vibraciones lo que nos produce molestias. Su alcance es muy extenso y regula el ruido ambiental y la contaminación acústica que producen los seres humanos. Está sujeta a esta ley cualquier emisor acústico: una fábrica, un coche, una moto, un tren, etc. La Ley del Ruido establece las competencias de las diferentes Administraciones Públicas para la aprobación, elaboración y revisión de mapas de ruido de los grandes ejes viarios y ferroviarios, grandes aeropuertos y aglomeraciones urbanas (núcleos de población de más de 100.000 habitantes), además de emplazar a dichas administraciones a que elaboren y ejecuten planes de acción destinados a reducir la contaminación acústica. Estos se deben ir actualizando cada cierto tiempo. Pero hoy por hoy, no se están cumpliendo los plazos fijados por la propia ley y los mapas de ruido, muchos ya realizados, no están aprobados.

Esta normativa no regula los ruidos vecinales, pero habilita a hacerlo a los ayuntamientos. Acostumbran a ser ruidos de emisión irregular y aleatoria y de difícil cuantificación. Serían los ruidos de animales, instrumentos musicales, electrodomésticos, gritos,... que tienen que quedar reflejados en los estatutos de las comunidades de vecinos y que entran dentro del campo del civismo. También se excluyen las actividades laborales y militares que se regirán por su legislación específica y el ruido producido en el interior de los medios de transporte.

Por lo tanto, se puede decir que el ámbito de la edificación se ve afectado por la Ley del Ruido y sus reglamentos en dos vertientes: la edificación, garantizando que los usuarios puedan desarrollar las actividades en su interior con normalidad, ya que considera los edificios como receptores acústicos y no como fuentes emisoras de ruido; y la ordenación del territorio y planeamiento urbanístico, zonificando el suelo en áreas acústicas para cumplir los objetivos de calidad acústica ambiental.

Por otro lado, existe también la NBE CA 88, una norma redactada hace 25 años y que regulaba las condiciones acústicas mínimas de los edificios. Caracteriza todos los elementos, tanto verticales como horizontales, y lo hacía con el índice RA: índice global de reducción acústica de un elemento, ponderado A, [dBA], medido en un laboratorio. En el caso de no tenerlo, se permitía hacer unos cálculos con unas fórmulas, excesivamente simplificadas y poco esmeradas.

Con esta norma sólo se comprobaba que la fachada cumpliera unos mínimos de aislamiento. No se comprobaba la relación entre el ruido generado en el exterior y el ruido que escuchábamos dentro de la vivienda. Muchas viviendas sufren una contaminación acústica muy fuerte al estar colocadas en arterias principales de circulación, cerca de una estación de trenes, de un aeropuerto, o de un hospital que constantemente entran ambulancias con la sirena en funcionamiento, pero se encuentran dentro de la normativa. Los habitantes sufren contaminación acústica a pesar de cumplir la ley.

La manera de expresar los límites de aislamiento no era la más adecuada porque se daban los índices encontrados en un laboratorio. Sólo eran válidos en unas condiciones que en obra no se tenían nunca ya que en las viviendas hay transmisiones que se producen por las paredes, por los forjados y que en laboratorio sólo son contempladas por el elemento separador. Estos índices que se daban, no eran verificables *in situ*, en cambio, con el CTE si son verificables.

La NBE CA 88 proponía la verificación del proyecto y no de la ejecución de la obra. Y se ha visto que no garantizaba en absoluto el confort acústico. El paso de la NBE CA 88 al CTE DB-HR no es tan importante por los niveles exigidos, ya que el aumento no es muy elevado. Lo importante es su cumplimiento *in situ*.

Por lo que respecta a la Ley de Organización de la Edificación (LOE), ésta se aprobó en el año 1999, cuyo objeto básico era regular el proceso de la edificación, estableciendo las obligaciones y responsabilidades de los agentes que intervienen en el mismo, así como las garantías necesarias para su adecuado desarrollo, asegurando la calidad mediante el cumplimiento de los requisitos básicos de los edificios y la adecuada protección de los intereses de los usuarios.

La LOE establece los requisitos básicos que deben satisfacerse con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente, que se agrupan en tres familias: funcionalidad (utilización, accesibilidad y acceso a los servicios de telecomunicación, audiovisuales y de información), seguridad (estructural, en caso de incendio y de utilización) y habitabilidad (higiene, salud y protección del medio ambiente, protección contra el ruido, ahorro de energía y aislamiento térmico y otros aspectos funcionales).

Dentro de los requisitos de habitabilidad, se encuentra enmarcado el requisito básico de “Protección frente al ruido”, que 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.

De la LOE se deriva el Código Técnico de la Edificación (CTE), donde se establecen las exigencias básicas que deben cumplir los edificios para satisfacer los requisitos básicos.

El CTE se aprobó en 2006 y es la legislación vigente que se ha encargado de actualizar y renovar una serie de normativas que se utilizaban desde hace más de 20 años. Desde los años ochenta a la actualidad el mundo ha cambiado muchísimo, y aunque el mundo de la construcción parece un mundo más estático que el resto de los sectores, la verdad es que también ha cambiado.

El CTE es el marco normativo que fija las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones para cumplir los requisitos básicos de la edificación, establecidos en la LOE, referentes a salubridad, seguridad de utilización, seguridad estructural y en caso de incendio, ahorro energético y protección contra el ruido.

La estructura se divide en dos partes, ambas de carácter reglamentario. La primera contiene las disposiciones de carácter general (ámbito de aplicación, estructura, clasificación de usos,...) y las técnicas y administrativas relativas al proyecto, la ejecución de la obra y el uso y conservación del edificio para el cumplimiento del CTE y además establece las exigencias básicas que han de cumplir los edificios.

La segunda parte está formada por los documentos básicos (DB) cuya utilización garantiza el cumplimiento de las exigencias básicas. Los documentos básicos incluyen la caracterización y cuantificación de las exigencias básicas y métodos de verificación. Estos documentos no tienen carácter excluyente, si bien la adopción de soluciones alternativas precisa la acreditación por parte del proyectista de que se cumplen las exigencias básicas.

En la siguiente *figura 4* se puede observar el requisito básico de la LOE y las exigencias básicas de la parte I del CTE en relación a la protección frente al ruido.

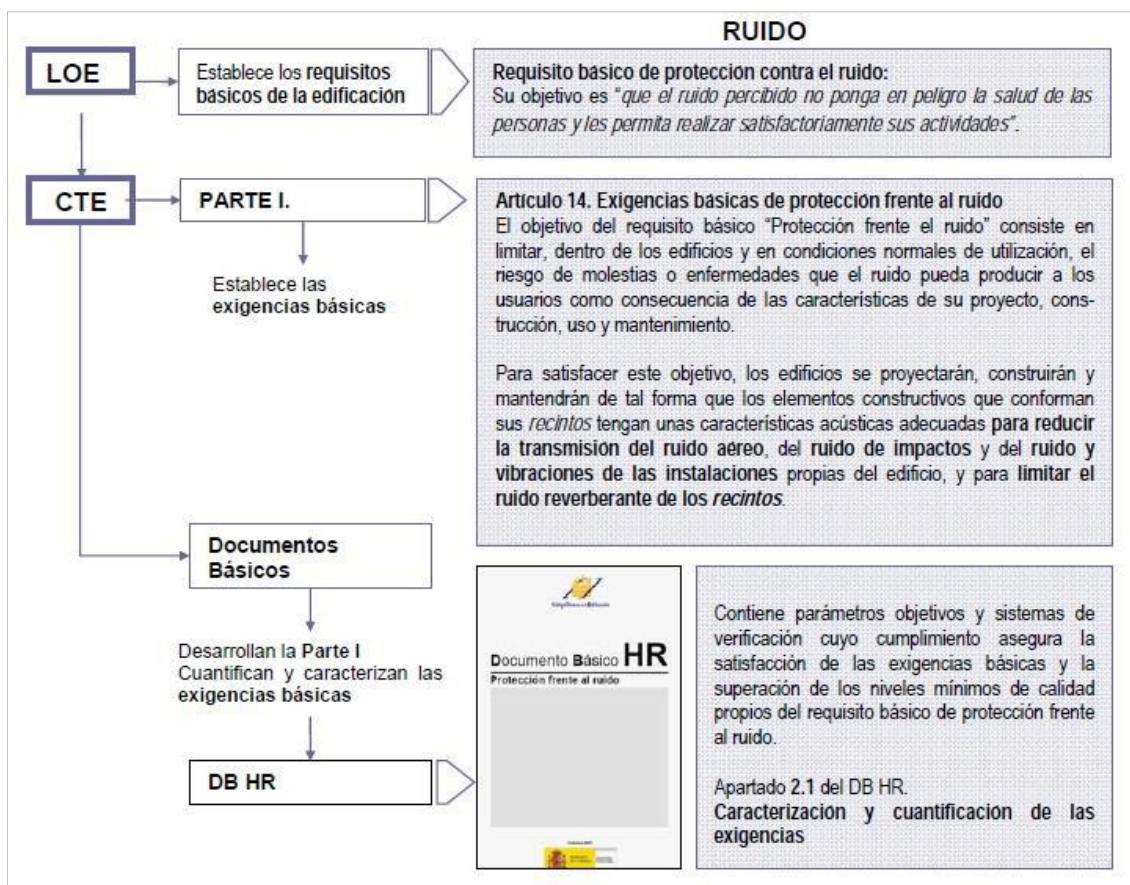


Figura 4: De la LOE al CTE

Fuente: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Unidad de calidad en la construcción. *Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido, Código Técnico de la edificación.*

Versión V.01. Edición 1 de agosto de 2009.

El CTE se deberá aplicar a cualquier edificación de nueva construcción cuyo proyecto precise de licencia o autorización legalmente exigible. Se exceptúan las construcciones de sencillez técnica y escasa entidad constructiva, que no tengan carácter residencial o público, se desarrollen en una sola planta y no afecten a la seguridad de las personas.

También se deberá aplicar a las obras de ampliación, reforma o rehabilitación en edificios existentes, siempre y cuando dichas obras sean compatibles con la naturaleza de la intervención o con el grado de protección del edificio.

En los cambios del uso característico del edificio, aunque ello no implique necesariamente la realización de obras, deberá comprobarse el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE.

Una vez introducidas las normas, se analizará el Documento Básico HR de Protección contra el Ruido, uno de los documentos básicos del CTE y que afecta directamente al tema de esta monografía.

### **3.3 Normativa vigente en España: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de protección frente al ruido (CTE DB HR)**

Resulta difícil saber cómo el DB HR afectará a la práctica edificatoria porque como ya se ha comentado, el aislamiento térmico no es una prioridad. Lo más probable es que de aquí a unos años, ya nadie cuestione el hecho de colocar aislamiento acústico, de la misma forma que ahora nadie se cuestiona la colocación de aislamiento térmico. Lo que sí que se sabe es que, dado que el aislamiento acústico nunca ha sido una de las prioridades en nuestra construcción y existe un gran desconocimiento aún entre los profesionales del sector, el DB-HR será el documento que más trabajo dará.

Con la norma NBE CA 88, las exigencias respecto al aislamiento acústico eran muy bajas en comparación con otros países de la Unión Europea. De hecho, los problemas de la mala calidad acústica de los edificios españoles constituye el mayor porcentaje de insatisfacción para los usuarios. Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), más de un 26% de los hogares señala el ruido como principal fuente de problemas. Es aquí donde nace, y con necesidad, el CTE DB HR para aproximar estos valores a los de la Unión Europea, y decimos aproximar porque es tanta la diferencia que el Ministerio de Vivienda no se ha atrevido a dar el paso completo para igualarnos. (Fuente: Comité Técnico de la Asociación de Fabricantes Españoles de Lanar Minerales Aislantes (AFELMA). *El CTE DB HR, una normativa necesaria y fácil de cumplir*. Octubre 2008).

En el BOE núm. 254, del 23 de octubre de 2007, se publicó el Real Decreto 1371/2007 de 19 de octubre por el que se aprobó el documento básico "DB HR Protección frente al ruido" del Código Técnico de la Edificación. Posteriormente, en el Real Decreto 1675/2008 se estableció, con el fin de culminar los esfuerzos formativos y de perfeccionamiento de las herramientas informáticas y el catálogo de elementos constructivos, extender durante seis meses más el periodo de aplicación voluntaria, hasta el 24 de abril del 2009.

El DB HR comporta dos ejes principales: visión global acústica del edificio y la imposición como método de comprobación las medidas *in situ*. El CTE considera el edificio acabado como un producto. Por lo tanto, se exigen las prestaciones acústicas al edificio en su conjunto y no a cada uno de sus elementos constructivos, como lo hacía hasta ahora la NBE CA-88.

Por eso, como ya se ha dicho con anterioridad, se tendrá que tener en cuenta la problemática acústica desde el principio de la realización del proyecto, porque nos condicionará muchas de las posibles soluciones y la colocación de los materiales correspondientes.

Se puede decir entonces que, para dar una adecuada respuesta a la exigencia básica de protección frente al ruido, en la elaboración del DB HR se han perseguido, entre otros, los objetivos del *cuadro 13*.

*Cuadro 13: Principales objetivos del DB HR*

Elevar los niveles de aislamiento acústico reglamentarios en la edificación en respuesta a una demanda social generalizada, acercándolos a la media europea.
Contemplar adecuadamente los mecanismos de transmisión acústica entre recintos, incluida la transmisión de ruido por flancos, superando así las deficiencias de la NBE-CA en la predicción de la transmisión del ruido entre recintos.
Limitar el ruido reverberante en aquellas estancias, como aulas y salas de conferencia, donde es necesario conseguir adecuados niveles de inteligibilidad, o comedores y restaurantes, donde debe limitarse convenientemente el ruido de fondo.

Fuente: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Unidad de calidad en la construcción. *Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido, Código Técnico de la edificación*.

Version V.01. Edición 1 de agosto de 2009.

Ahora, se analizará más detalladamente el DB HR. El Documento Básico de Protección frente al Ruido, como su propio nombre indica, es el documento que nos marcará las reglas para 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 ello, habrá que proyectar, construir y mantener de tal forma que los elementos constructivos tengan las características acústicas adecuadas para reducir principalmente los tipos de ruido mostrados en el *cuadro 14*.

*Cuadro 14: Objetivos de actuación del aislamiento acústico*

Ruido aéreo
Ruido de impacto
Ruido de vibraciones

Fuente: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Protección frente al ruido

Como se ha comentado anteriormente, si bien, inicialmente, el ámbito de aplicación del DB HR es el mismo que el del CTE (y de la LOE), lo que incluye a todas las obras de edificación de nueva construcción, así como las obras de ampliación, modificación, reforma o rehabilitación que se realicen en edificios existentes, siempre y cuando dichas obras sean compatibles con la naturaleza de la intervención y, en su caso, con el grado de protección que puedan tener los edificios afectados, en el Documento Básico se introducen algunas exclusiones, que se indican en el *cuadro 15* a continuación, donde se aplicaran normativas específicas.

*Cuadro 15: Excepciones en la aplicación del DB HR*

Recintos ruidosos (que se regirán por sus normas específicas)
Recintos y edificios destinados a espectáculos
Aulas y salas de conferencia con un volumen superior a 350m <sup>3</sup> .
Ampliación, modificación, reforma o rehabilitación de edificios existentes exceptuando las rehabilitaciones integrales. Y, aun siendo rehabilitaciones integrales, se exceptúan los edificios protegidos oficialmente en razón de su catalogación, como bienes de interés cultural, cuando el cumplimiento de las exigencias suponga alterar la configuración de su fachada o su distribución o acabado interior, de modo incompatible con la conservación de los mismos.

Fuente: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Protección frente al ruido

La exclusión de edificios existentes está motivada porque el aislamiento acústico entre recintos implica de forma conjunta a los diferentes elementos constructivos (forjados, elementos de separación vertical, tabiquería, cubierta, fachadas, etc.), de forma tal que salvo que se pueda intervenir sobre el conjunto de forma global, como ocurre en la rehabilitación integral, el CTE exime del cumplimiento del requisito básico de protección frente al ruido a las intervenciones sobre edificios existentes.

En lo relativo a recintos ruidosos, son de aplicación las exigencias básicas de protección contra el ruido y deben cumplirse los valores límite de ruido especificados por la Ley del Ruido ya que el DB HR no especifica valores límite de aislamiento acústico en estos recintos. Además, en algunos casos, los recintos ruidosos suelen regularse por otros reglamentos como ordenanzas municipales, que deben cumplirse independientemente de lo que especifica la Ley del Ruido y sus desarrollos complementarios. El CTE establece en 70 dBA el nivel medio de presión sonora estandarizado, para considerar un recinto como recinto de actividad, fijando en 80 dBA el valor límite, a partir del cual se considera recinto ruidoso.

Por lo que respecta a los recintos de espectáculos y salas con volumen superior de 350 m<sup>2</sup>, el DB HR no regula ni los criterios, ni los procedimientos para el diseño acústico de éstas. Sin embargo, si uno de estos recintos fuera colindante con un recinto protegido o habitable de una unidad de uso diferente, sí que deberían cumplirse los valores límite de aislamiento acústico.

Habiendo descartado entonces los casos en los que no se aplica el DB HR, se puede decir que las exigencias de aislamiento del DB HR se aplican a: edificios de uso residencial, público y privado; de uso sanitario, hospitalario y centros de asistencia ambulatoria; de uso docente; y administrativos.

Existen otros tipos de edificios, como los de pública concurrencia, uso comercial, edificios de aparcamiento, etc., en los que el DB HR no regula el aislamiento acústico. Sin embargo, si en un edificio de uso residencial público o privado u hospitalario hubiera zonas destinadas a usos diferentes a éstos, como locales comerciales, de uso administrativo, garaje, etc., estos locales se considerarían recintos de actividad y se aplicarían las exigencias de aislamiento acústico del DB HR relativas a ruido entre recintos.

De la misma forma, si un edificio de cualquier uso incluye recintos de uso residencial público o privado u hospitalario, estos recintos se consideran unidades de uso y se aplican las exigencias de aislamiento acústico del DB HR relativas a ruido entre recintos. En los casos en los que el DB HR no especifica el nivel del aislamiento acústico de un edificio, la propiedad siempre puede especificar qué condiciones acústicas debe tener este edificio, al igual que siempre puede especificar un nivel mayor de exigencia.

Una vez introducido el DB HR, se explicarán de manera breve cada una de sus partes sin entrar en valores numéricos. Como se observa en el *cuadro16*, el DB HR se divide en siete partes.

*Cuadro 16: Partes del DB HR*

1. Generalidades
2. Caracterización y cuantificación de las exigencias
3. Diseño y dimensionado
4. Productos de construcción
5. Construcción
6. Mantenimiento y conservación
7. Anejos

Fuente: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Protección frente al ruido

En el primer capítulo, “Generalidades”, se nos detallan los procedimientos de verificación básicos que hay que tener en cuenta para que se cumplan todas las especificaciones que se necesitan a la hora de proyectar y construir nuestro edificio. Estas básicamente son: alcanzarse los valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo y no superarse los valores límite de nivel de presión de ruido de impactos, no superarse los valores límite de tiempo de reverberación y cumplirse las especificaciones referentes al ruido y a las vibraciones de las instalaciones. Para ello será necesario el cumplimiento de las normas establecidas en los capítulos que prosiguen, incluyendo las fichas justificativas que se nos ofrecen en los anejos.

En el segundo capítulo, como su propio nombre indicia “Caracterización y cuantificación de las exigencias”, se encuentran las condiciones y valores límites a tener en

cuenta, mostrados en el *cuadro 17*, aplicables a elementos constructivos totalmente acabados, sin olvidar todas las instalaciones y posibles actuaciones sobre ellos.

*Cuadro 17: Parámetros a tener en cuenta en la aplicación del DB HR*

Valores límite de aislamiento (en recintos protegidos y recintos habitables)	Aislamiento acústico a ruido aéreo
	Aislamiento acústico a ruido de impactos
Valores límite de tiempo de reverberación	
Ruido y vibraciones de las instalaciones	

Fuente: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Protección frente al ruido

El aislamiento acústico exigido en el DB HR es el aislamiento final en la edificación o aislamiento acústico in situ. Los índices que expresan dicho aislamiento acústico son magnitudes que pueden obtenerse en el edificio terminado mediante un ensayo de aislamiento acústico normalizado y el valor de esta medición es directamente comparable con el de la exigencia.

El aislamiento acústico a ruido aéreo está definido en el DB HR como la diferencia de niveles estandarizada ponderada A,  $D_{nT,A}$ , que es un índice que evalúa el aislamiento a ruido aéreo entre recintos y no únicamente el aislamiento de los elementos constructivos que se interponen entre ellos. Lo mismo sucede con el aislamiento a ruido de impactos, que está definido como el nivel global de presión de ruido de impactos estandarizado,  $L'_{nT,w}$ , que también evalúa el nivel de presión de ruido de impactos entre recintos y no únicamente el del forjado.

El aislamiento exigido en la norma básica NBE CA 88 correspondía con el valor obtenido en laboratorio de los elementos constructivos; para ruido aéreo se trataba del índice de reducción acústica ponderado A,  $R_A$ , y para ruido de impactos del nivel de presión de ruido de impactos de laboratorio,  $L_n$ .

En el *cuadro 18* se muestran los índices de aislamiento utilizados en el DB HR.

Cuadro 18: Resumen de los índices de aislamiento utilizados en el DB HR

	Índices de aislamiento acústico	
	En el edificio	De elementos constructivos
Ruido aéreo entre recintos	$D_{nT,A}$ (dBA)	$R_A$ (dBA)
Ruido de impactos	$L'_{nT,w}$ (dB)	$L_{n,w}$ (dB)
Ruido aéreo entre un recinto y el exterior	$D_{2m,nT,A,tr}$ (dBA)	$R_{A,tr}$ (dBA)
	Índices que expresan el aislamiento exigido en el DB HR	Índices utilizados en las opciones de aislamiento del DB HR
	<u><i>In situ</i></u>	<u>Laboratorio</u>

Fuente: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Unidad de calidad en la construcción. *Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido, Código Técnico de la edificación.*

Version V.01. Edición 1 de agosto de 2009.

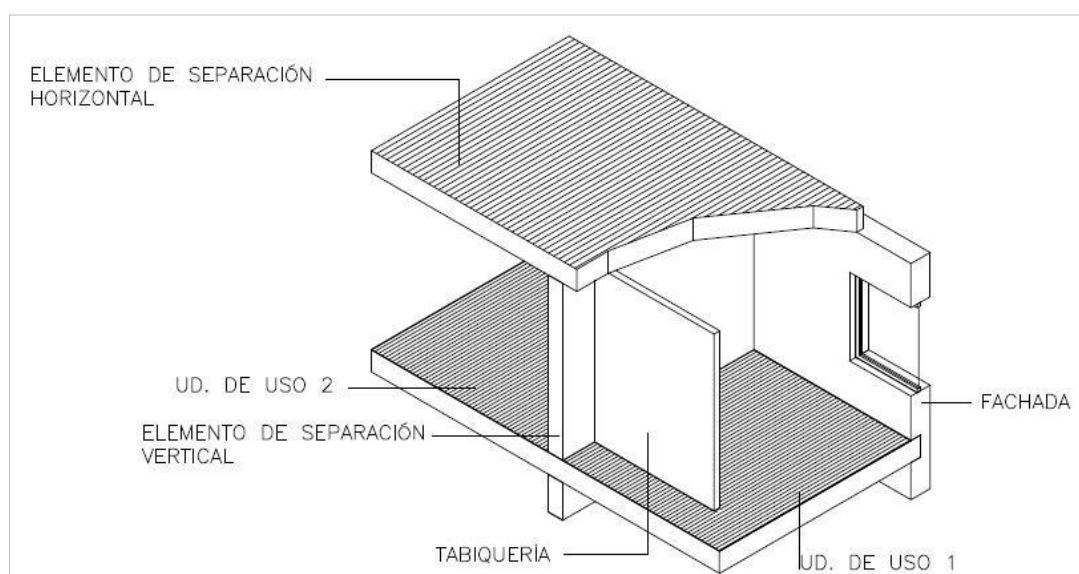
El capítulo tres, “Diseño y dimensionado”, es el más complejo. En él se muestran los diferentes métodos para diseñar y dimensionar según los diferentes valores anteriormente nombrados y obtener el aislamiento necesario. Para obtener los nuevos valores de aislamiento, no se solucionará dándoles más espesor a los materiales sino cambiando los sistemas constructivos.

Para llevar a cabo el diseño y dimensionado según el aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos, existen dos métodos posibles: el método simplificado o el método general. Normalmente, el método más escogido es el simplificado ya que ahorra bastante tiempo.

El método simplificado se basa en soluciones constructivas, normalmente sobredimensionadas, que dan conformidad a las exigencias de éste documento. Como complemento de los DB se establecen los Documentos Reconocidos, Catálogos de Elementos Constructivos emitidos por el Ministerio de Vivienda, que son Documentos Oficiales de ayuda al proyectista que facilitan el cumplimiento de las exigencias generales de

diseño de los requisitos de Habitabilidad: Salubridad, Protección frente al ruido y Ahorro de Energía, establecidas en el CTE. Es un compendio de diferentes materiales, productos y elementos constructivos caracterizados por sus prestaciones higrotérmicas y acústicas. Aunque estas no son las únicas soluciones viables, ya que hay muchos fabricantes que han empezado a realizar catálogos de soluciones constructivas con sus propios productos.

Con el DB-HR, se deja de hablar de aislamiento entre particiones para hablar de aislamiento entre recintos como se observa en la *figura 5*, pues hay que tener en cuenta las transmisiones laterales. Estas soluciones de aislamiento son el conjunto de todos los elementos constructivos que conforman un recinto.



*Figura 5: Elementos que componen dos recintos y que influyen en la transmisión de ruido entre ambos*

Fuente: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Protección frente al ruido

Para cualquier elemento constructivo, su aislamiento acústico final en obra (al que hace referencia el DB HR), difiere del valor obtenido en laboratorio (al que hacía referencia la NBE CA 88). Esto se debe a que en obra, la transmisión de ruido entre dos recintos (o desde el exterior) se produce por dos vías. De forma muy simplificada puede decirse que la transmisión se produce: por vía directa a través de un elemento constructivo de separación y por vía indirecta o de flancos. En la *figura 6* se puede ver claramente la forma de propagación del ruido de manera directa e indirecta.

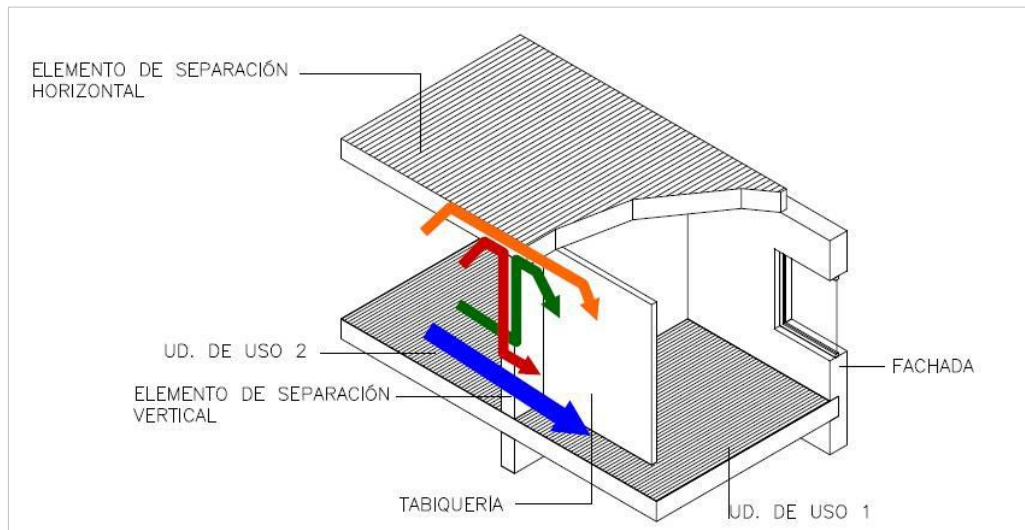


Figura 6: Esquema de vías de transmisión acústica a ruido aéreo entre dos recintos

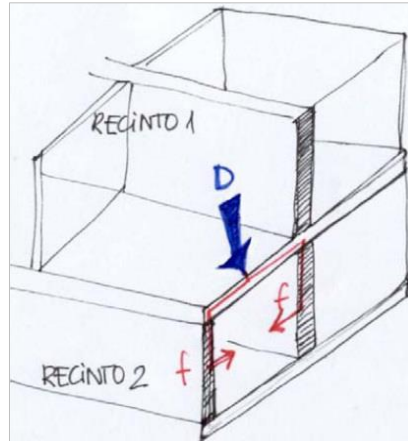
Fuente: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Protección frente al ruido

Tal y como se observa en la *figura 6*, el color azul indica la transmisión directa, a través de un elemento de separación vertical; el naranja, la transmisión de flanco a flanco en este caso a través del forjado; el de flanco-directo, desde el forjado al elemento de separación vertical; y el verde, transmisión directo-flanco, desde el elemento de separación vertical al forjado.

Cabe destacar, que para un mismo elemento constructivo, el aislamiento obtenido *in situ* es siempre menor que el aislamiento teórico o de laboratorio. Además de por las transmisiones indirectas, otros de los motivos por los que el valor *in situ* es menor son los defectos de ejecución y la existencia de puentes térmicos.

Respecto a las transmisiones por ruido de impacto, se producen por una excitación mecánica como una pisada, un golpe o la caída de un objeto producida sobre el forjado. Los impactos originan unas vibraciones que se propagan por el forjado a aquellos elementos constructivos conectados a éste, como pilares y tabiques, que son excitados y a su vez, se convierten en fuentes generadoras de ruidos aéreos, percibidos por los usuarios.

Para el ruido de impactos, las transmisiones indirectas se producen por estas vibraciones que desde el forjado, pasan a los elementos constructivos a los que están unidos. En la *figura 7*, se ha marcado la transmisión a ruido de impactos que existe entre dos recintos superpuestos (recinto 1 - recinto 2), que es la compuesta por la transmisión directa (D) y las transmisiones indirectas f. marcadas en color rojo.

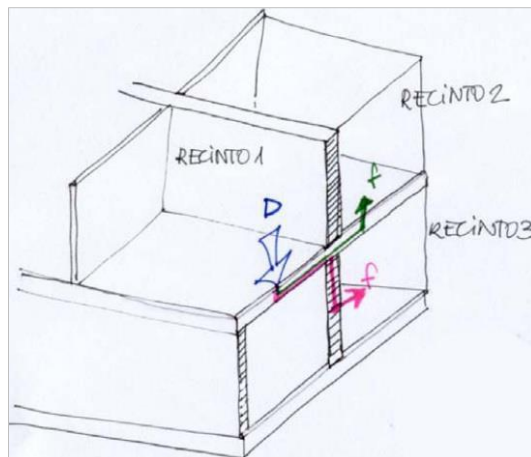


*Figura 7: Transmisión de ruido de impacto entre dos recintos superpuestos*

Fuente: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Unidad de calidad en la construcción. *Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido, Código Técnico de la edificación.*

Version V.01. Edición 1 de agosto de 2009.

Como puede verse en la siguiente *figura 8*, la transmisión a ruido de impactos no sólo se produce entre recintos superpuestos, sino que además se produce entre recintos colindantes (recintos 1 y 2) y recintos con una arista horizontal común (recintos 1 y 3). En la figura se representa la transmisión directa con una letra D, que afectaría sólo al recinto inferior al 1, y las transmisiones indirectas, marcadas con la letra f.



*Figura 8: Transmisión de ruido de impacto entre recintos colindantes y con una arista horizontal en común*

Fuente: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Unidad de calidad en la construcción. *Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido, Código Técnico de la edificación.*

Version V.01. Edición 1 de agosto de 2009.

Todos los índices de nivel de presión de ruido de impactos, ya sean obtenidos in situ, como en laboratorio, expresan la transmisión de ruido de impactos entre recintos, es decir,



la diferencia entre el nivel de presión sonora provocado por la máquina de impactos y el nivel de presión sonora recibido en el recinto receptor, de tal forma, que cuanto menor es el valor de  $L'_{nT,w}$  exigido, mayor es el aislamiento acústico a ruido de impactos requerido. Por ejemplo: Un nivel de presión de ruido de impactos  $L'_{nT,w}$  de 80 dB, significa menos aislamiento acústico a ruido de impactos y por lo tanto, menor confort acústico que un nivel  $L'_{nT,w}$  de 65 dB.

La aplicación del método simplificado es para todo tipo de edificios de todo tipo de usos con estructuras de hormigón de resistencia formada por forjados de hormigón macizo o aligerado o por forjado de hormigón y chapa de acero. Aunque, está planteada para edificios residenciales preferiblemente. Y el procedimiento de aplicación será teniendo en cuenta los elementos del *cuadro19* en el orden en el que aparecen.

*Cuadro 19: Elementos y orden de aplicación del DB HR*

Tabiques
Elementos de separación horizontales y verticales
Medianerías
Fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior

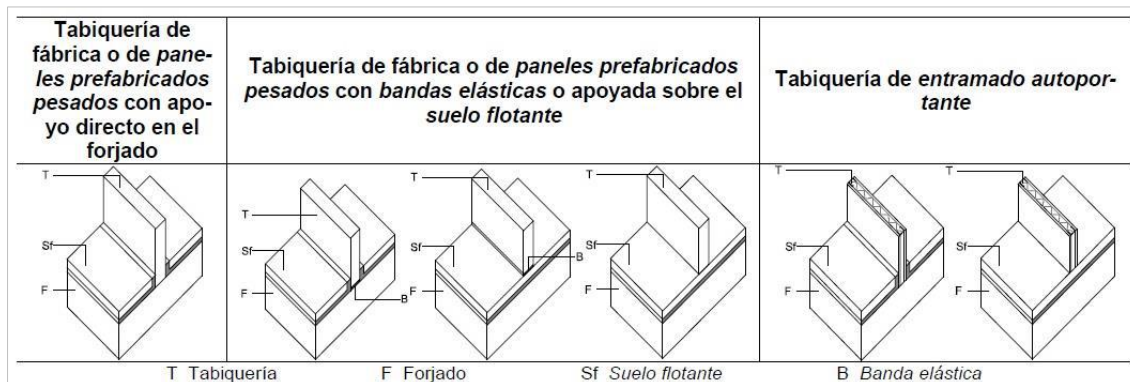
Fuente: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Protección frente al ruido

La opción simplificada consta de cuatro tablas que definen las características acústicas que deben cumplir estos cuatro elementos. Una novedad importante es el hecho de plantear el aislamiento acústico de la fachada teniendo en cuenta el nivel de ruido exterior. Para saber qué condiciones deben cumplirse en cada tipo de edificio es necesario zonificar el edificio y reconocer las unidades de uso y saber cómo se ubican. Deben cumplirse las especificaciones de las cuatro tablas para edificios en los que las unidades de uso están separadas por elementos de separación verticales y horizontales tales como un edificio de viviendas o un hotel. En el caso de que se tratase de un edificio en el que las unidades de uso sólo están separadas por elementos de separación verticales, tal como es el caso de viviendas adosadas, se aplicaría sólo el apartado relativo a los elementos de separación verticales y de fachada, cubierta y suelos en contacto con el aire exterior.

Por lo general, los elementos de estas tablas pueden combinarse de cualquier manera, es decir, pueden combinarse cualquier elemento de separación vertical, con cualquier forjado, tabiquería y fachada, sin embargo, algunas combinaciones son poco habituales en

la práctica constructiva o no son recomendables desde el punto de vista del aislamiento acústico, de tal forma que en algunos casos la opción simplificada no contempla dichas combinaciones o las limita imponiendo condiciones más restrictivas.

Según el *cuadro 19* y como vemos en la *figura 9*, cuando hablamos de tabiques nos referimos a aquellas particiones interiores de una unidad de uso, y diferenciamos entre tres tipos.



*Figura 9: Tipo de tabiquería según CTE*

Fuente: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Protección frente al ruido

Los elementos de separación vertical son aquellas particiones verticales que separan dos unidades de diferente uso o una unidad de uso y cualquier otro recinto que no sea de actividad o instalaciones. Diferenciamos también entre tres tipos de separaciones verticales en el *cuadro 20* y la *figura 10*.

*Cuadro 20: Tipologías separaciones verticales*

<p>Tipo 1: Elementos compuestos por un elemento base de una o dos hojas de fábrica, hormigón o paneles prefabricados pesados (Eb), sin trasdosado o con un trasdosado por ambos lados (Tr).</p>	<p>Tipo 2: Elementos de dos hojas de fábrica o paneles prefabricados pesados (Eb), con bandas elásticas en su perímetro dispuestas en los encuentros de, al menos, una de las hojas con forjados, suelos, techos, pilares y fachadas.</p>	<p>Tipo 3: Elementos de dos hojas de entramado autoportante (Eb).</p>
---	---	---

Fuente: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Protección frente al ruido

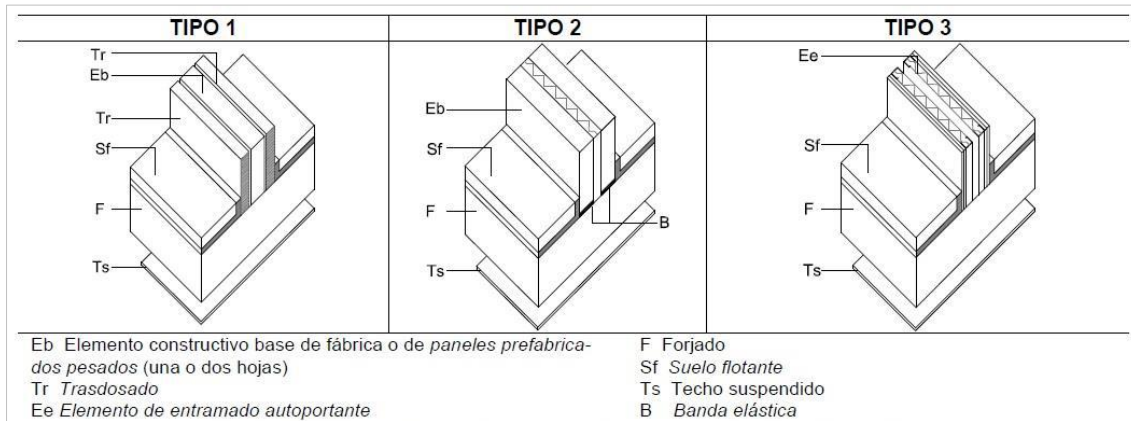


Figura 10: Composición de los elementos de separación entre recintos según CTE

Fuente: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Protección frente al ruido

Los elementos de separación horizontal son aquellas particiones horizontales que separan una unidad de uso de cualquier otro recinto o un recinto protegido/habitable de uno de actividades o instalaciones. En este caso no existen diferentes tipos ya que estas separaciones horizontales siempre se llevaran a cabo con forjado y suelo flotante y en algunos casos, techo suspendido. Este elemento se analizará en detalle más adelante ya que es el objeto de esta monografía.

Y, finalmente, se utilizan las mismas soluciones de separaciones nombradas anteriormente para las fachadas y medianeras descritas en el cuadro 21.

Cuadro 21: Tipos de fachada y medianería según el DB HR

De una hoja de hormigón o de fábrica		
De dos hojas: ventilada y no ventilada	con hoja exterior:	pesada: fábrica u hormigón
		ligera: elementos prefabricados ligeros como panel sándwich.
	con hoja interior:	fábrica, hormigón o paneles prefabricados pesados
		entramado autoportante

Fuente: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Protección frente al ruido

Y una vez diferenciados los diferentes elementos y realizado el recorrido, en el cuadro 22 se dan los parámetros acústicos a tener en cuenta en cada uno de ellos, así como las condiciones mínimas, sin calcular nada.

Cuadro 22: Parámetros acústicos de los elementos constructivos

Elemento de separación vertical, la tabiquería y la <i>fachada</i>	$m$ , masa por unidad de superficie del elemento base, en $\text{kg}/\text{m}^2$ .
	$R_A$ , índice global de reducción acústica, ponderado A, del elemento base, en dBA.
	$\Delta R_A$ , mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, en dBA, debida al <i>trasdosado</i> .
Elemento de separación horizontal	$m$ , masa por unidad de superficie del forjado, en $\text{kg}/\text{m}^2$ , que corresponde al valor de masa por unidad de superficie de la sección tipo del forjado, excluyendo ábacos, vigas y macizados.
	$R_A$ , índice global de reducción acústica, ponderado A, del forjado, en dBA.
	$\Delta I_{w}$ , reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, en dB, debida al <i>suelo flotante</i> .
	$\Delta R_A$ , mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, en dBA, debida al <i>suelo flotante</i> o al techo suspendido.

Fuente: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Protección frente al ruido

Esta solución simplificada será justificada en el proyecto a través de los ensayos de los fabricantes y las comprobaciones *in situ* una vez acabada la construcción.

En comparación con la NBE CA-88, el DB-HR incrementa los índices de aislamiento para responder a las demandas de confort acústico, pero como se ha dicho anteriormente, este aumento no es muy elevado y si tenemos en cuenta las posibles tolerancias permitidas, hay algunos valores que se mantienen igual.

En la *tabla 3* se observa una comparación de valores generales entre la NBE CA 88, el DB HR y la media europea y se puede comprobar como estos valores han mejorado pero aún siguen sin igualarse a las medias de Europa.

Tabla 3: Comparación de exigencias acústicas entre NBE CA 88, DB HR y la UE

LEGISLACIÓN		Aislamiento a ruido aéreo entre recintos protegidos	Aislamiento entre recintos protegidos a ruido de impacto
NBE CA 88	Valor teórico de laboratorio	$(R_A \geq 45 \text{ dBA})$	$(I_{NA} \leq 80 \text{ dBA})$
	Valor ponderado in situ comparable	$D_{nT,A} \geq 41 \text{ dBA}$	$L'_{nw} \leq 77 \text{ dB}$

CTE DB HR	$D_{nT,A} \geq 50$ dBA	$L'_{nw} \leq 65$ dB
MEDIA de la UE	$D_{nT,A} \geq 53$ dBA	$L'_{nw} \leq 58$ dB

Fuente: Comité Técnico de la Asociación de Fabricantes Españoles de Lanas Minerales Aislantes (AFELMA). *El CTE DB HR, una normativa necesaria y fácil de cumplir*. Octubre 2008).

Las posibles comparaciones con otros países de la Unión Europea muestran, como podemos observar en la *tabla 4* y la *tabla 5*, que a pesar del salto cualitativo del DB, España sigue a la cola en la protección contra el ruido. Más bien parece un primer intento para adquirir poco a poco la costumbre de construir mejor y conseguir mejores niveles en el futuro. Además de no asustar a los promotores con elevados niveles de aislamiento y sus grandes repercusiones a la hora de construir.

*Tabla 4: Comparativa con Europa del ruido aéreo*

País	$D_{nT}$
Holanda	56
Finlandia	56
Austria	54
Alemania	54
Bélgica	54
Francia	53
Polonia	52
Reino Unido	51
Italia	51
Portugal	51
Grecia	50
España CTE	50
España NBE	45

*Tabla 5: Comparativa con Europa del ruido de impacto*

País	$L_n$
Austria	50
Alemania	53
Finlandia	53
Polonia	58
Portugal	60
Francia	60
Bélgica	60
Holanda	61
Reino Unido	62
Italia	63
Grecia	64
España CTE	65
España NBE	80

Fuente: Casadevall i Planas, David. Consultor acústico – Arquitecto Técnico

Hasta aquí el método simplificado. Respecto al método general, simplemente comentar que es mucho más complejo que el anterior ya que se basa en calcular por separado todos los elementos constructivos desde el exterior a un recinto o entre dos recintos de un edificio teniendo en cuenta las características de dichos elementos constructivos, los tipos de encuentro y condiciones geométricas, y la propagación acústica por caminos directos e indirectos. Y todo esto, basándose en aplicar métodos de cálculo correspondientes a normas europeas adaptadas a la legislación española. Para ello, hay que hacer un diseño y dimensionado previo, teniendo en cuenta las parejas de recintos y analizando cada uno de ellos como emisor y como receptor.

Este es un método válido para todo tipo de edificios y, a pesar de ser un método muy complejo y tedioso, es el más riguroso. Como ya se ha hecho en muchos países europeos, se han establecido unos programas de cálculo que obvian estos inconvenientes. El Ministerio de Vivienda ha puesto a disposición de los técnicos un software de cálculo, denominado “Herramienta de cálculo del DB HR”, que presenta buenos resultados. El trabajo se simplifica porque la base de datos de cálculo está alimentada por el “Catálogo de Elementos Constructivos”, además de admitir una base abierta para que cada proyectista elija los elementos constructivos nuevos o aquellos que desee sean los más habituales en sus proyectos. Lógicamente no es una herramienta obligatoria ni única, existiendo otros programas de cálculo en el mercado para cumplir esta función.

Aún ser el método más preciso, la opción más escogida sigue siendo la opción simplificada.

Una vez analizados los dos métodos, se dan las indicaciones necesarias de construcción de elementos verticales en encuentros con forjados, fachadas, tabiques e instalaciones. También del encuentro de elementos horizontales con elementos verticales como por ejemplo: eliminar el contacto entre el suelo flotante y los elementos de separación verticales (tabiques, pilares, etc.) con un material elástico o el mismo aislante; que el techo suspendido o los suelos registrables no sean continuos entre recintos de diferentes usos; y que en el caso de paso de instalaciones, sellar las holguras de los huecos con material elástico para garantizar la estanqueidad y que impida el paso de vibraciones.

Y para finalizar, se muestra como calcular el tiempo de reverberación y el ruido y vibración de las instalaciones (teniendo en cuenta instalaciones hidráulicas, aire acondicionado, ventilación, residuos, ascensores y montacargas).

Una de las grandes diferencias con respecto a la NBE CA-88 es la definición de los diferentes índices para cada tipo de ruido y situación. La ventaja de dichos índices es poder calcular y comprobarlos una vez acabado el edificio.

En el capítulo cuatro, “Productos de construcción”, se analizan las características exigibles a los productos, las características exigibles a los elementos constructivos y el control de recepción en obra.

Las características exigibles a los productos son aquellas que debe proporcionar el fabricante. Se caracterizan por: la resistividad al flujo del aire y la rigidez dinámica en el caso de los rellenos de cámara de aire; la rigidez dinámica y la compresibilidad en el caso de productos aislantes del ruido de impacto de suelo flotante y bandas elásticas; y el coeficiente de absorción acústica y el coeficiente de absorción acústica medio para productos absorbentes acústicos.

En el caso de las características exigibles a los elementos constructivos, está el índice global de reducción acústica ponderado  $A, RA$ , en dBA en las separaciones verticales, que en el caso de los trasdosados ayudaría a mejorar este índice; en los elementos de separación horizontal, el índice global de reducción acústica ponderado  $A, RA$ , en dBA y el nivel global de presión de ruido de impacto normalizado,  $L_{n,w}$ , en dB, que en el caso del suelo flotante y techos suspendidos ayudarían a mejorar el primero y reducir el segundo; etc.

Y por lo que se refiere al control de recepción en obra, se basa en explicar las condiciones particulares de control, que son las que deben aparecer en el pliego de condiciones como: que los productos correspondan con los específicos indicados en el proyecto, que traigan la documentación necesaria, que cumplan las propiedades pedidas y que hayan sido ensayados según lo mandado.

En penúltimo lugar tenemos el capítulo cinco, “Construcción”, donde se informa que en el proyecto se tienen que definir y justificar las características mínimas que deben reunir los productos, las condiciones de ejecución con verificaciones y controles especificados para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto, y el control de la obra terminada, con comprobaciones *in situ* teniendo en cuenta las tolerancias permitidas. Más adelante veremos algunas de estas características de construcción y ejecución para elementos de separación horizontales y en concreto el suelo flotante.

Las medidas *in situ* de aislamiento acústico no son de carácter obligatorio. En un primer momento se preveía que los agentes implicados en el proceso edificatorio pudieran pedir las, pero en el último momento se han eliminado. Ahora sólo se realizarán cuando “sea exigido por la legislación aplicable o esté previsto en el proyecto”. El Ministerio de la Vivienda hizo público que las Comunidades Autónomas son las que tendrán la potestad para decidir sobre este asunto.

Sin embargo, hay ayuntamientos que antes de la licencia de primera ocupación piden la verificación de los diferentes elementos constructivos. El caso más conocido es el del Ayuntamiento de Valencia, que ya lleva algunos años reclamándolo y la experiencia ha sido valorada muy positivamente. (Fuente: ESTABILIZA, Acústica y Vibraciones.)

Y para acabar, en el capítulo seis “Mantenimiento y conservación” se indica que se debe mantener el edificio de manera adecuada para que éste siga con las características de su construcción, teniendo en cuenta que cuando haya que hacer alguna reparación o modificación, el elemento con el que sustituimos tenga las mismas propiedades o al menos propiedades similares al elemento sustituido, y teniendo en cuenta también que si se hacen movimientos de tabiquería interior, esta puede afectar a las condiciones acústicas de todos los recintos, modificando sus valores y por tanto, el cumplimiento de la normativa.

Para ayudar a entender todos estos capítulos, se encuentran al final del DB HR los anejos necesarios con Terminología, Notaciones, Normas de referencia, Hojas de cálculo, Fichas justificativas, etc.

A continuación, una vez examinado el CTE DB HR, se analizará de la normativa vigente en Brasil.

### **3.4 Normativa vigente en Brasil**

Como se observa en el *cuadro 23* a continuación, la normativa vigente en la construcción de viviendas residenciales de Brasil, se divide en 6 partes.

A continuación, se muestra un breve resumen de lo que nos explica cada una de estas partes, con especial hincapié en el factor acústico sobretodo de los suelos. Cabe destacar, que ninguna de estas partes de la normativa será aplicable a proyectos que ya estén en proceso de construcción o que estén completamente construidos.



*Cuadro 23: Partes de la normativa brasileña de construcción de viviendas residenciales*

Parte 1	Requisitos generales
Parte 2	Requisitos para sistemas estructurales
Parte 3	Requisitos para sistemas de suelo
Parte 4	Requisitos para sistemas divisorios verticales internos y externos
Parte 5	Requisitos para los sistemas de cubierta
Parte 6	Requisitos para los sistemas hidrosanitarios

Fuente: Normativa de Construcción de Brasil ABNT/CB02. Julio 2012

En la parte 1, Requisitos generales, encontramos la descripción de todos aquellos aspectos generales a tener en cuenta en edificios residenciales considerados como conjunto. Este primer capítulo de las normas de desempeño se ha establecido con el objetivo de satisfacer los requisitos de los usuarios según su comportamiento, independientemente de materiales y sistemas constructivos. Esta parte, explora conceptos que muchas veces no son considerados como la durabilidad, mantenimiento, confort de los usuarios, etc. Incluye, como todas las partes, criterios térmicos, acústicos, lumínicos y contra incendios.

En la parte 2, Requisitos para sistemas estructurales, ya se empieza a tratar cada parte del edificio residencial de manera separada, empezando por la estructura. En esta parte se tratan los requisitos para los sistemas estructurales aplicables a edificios residenciales con relación al desempeño estructural, analizado desde el punto de vista de los estados límites de esta. También estudia las situaciones de ruina por agotamiento de la capacidad de resistencia de los materiales o por inestabilidad, para comprobar la durabilidad de la estructura en su uso normal, limitando la aparición de fisuras y deformaciones; y su comportamiento respecto a los aspectos nombrados en la parte 1 (acústica, térmica, incendios, etc.).

En la parte 3, Requisitos para sistemas de suelo, la normativa empieza a centrarse en los divisorios de un edificio, y más en concreto el suelo, objeto de estudio de esta monografía. En este capítulo, como en el resto de capítulos, se analiza el desempeño estructural (resistencia estructural, resistencia a impactos duros, cargas verticales, etc.), la seguridad contra el fuego y la seguridad general de los suelos, la estanqueidad, el

desempeño lumínico, durabilidad y mantenimiento, entre otros, pero nosotros nos centramos en el desempeño acústico.

Por lo que afecta al aislamiento acústico, se nos muestran los valores y criterios de verificación de dicho aislamiento del sistema constructivo del suelo entre unidades, analizando el ruido aéreo y el ruido de impacto, como el caminar, la caída de objetos, etc. Todos estos valores de aislamiento serán obtenidos por ensayos.

De la misma manera que el CTE, se nos presentan dos métodos: el método de ingeniería realizado en el campo de trabajo y el método simplificado de campo.

El método de ingeniería realizado en el campo de trabajo que se podría asimilar al método general, y en él se estudia el ruido de nivel de presión sonora de impacto normalizado sobre el suelo y el nivel de ruido aéreo entre unidades independientes y entre una unidad y áreas comunes.

A diferencia de este, el método simplificado de campo es el método utilizado para obtener un valor estimado del ruido aéreo y de impacto en situaciones donde no se dispone de los instrumentos necesarios para medir el tiempo de reverberación o cuando las condiciones del ruido ambiente no nos permiten obtener dicho parámetros.

Aunque, una vez explicados ambos métodos, no sería necesario decir que el método de ingeniería realizado en el campo de trabajo es mucho más preciso que el simplificado. Cada uno de estos métodos, viene detalladamente explicado en sus correspondientes ISO.

Para realizar cualquiera de estos dos métodos, en el caso de los suelos, tendremos en cuenta los dos parámetros del *cuadro 24*.

*Cuadro 24: Parámetros para determinar el aislamiento acústico del suelo*

$L'_{nT,w}$	Nivel de precisión sonora de impacto normalizado ponderado. Éste se utilizará para determinar, como su propio nombre indica, el ruido de nivel de impacto.
$D_{nT,w}$	Diferencia normalizada del nivel ponderado. Éste parámetro lo tendremos en cuenta para determinar el nivel de ruido aéreo.

Fuente: Normativa de Construcción de Brasil ABNT/CB02. Julio 2012

Una vez presentados los parámetros a tener en cuenta, se nos explican los requisitos y nivel de ruido permitidos entre estancias. Estos valores mínimos se obtendrán con alguno de los dos métodos explicados anteriormente, siempre con las puertas y ventanas de la estancia cerradas tal y como se entregará una vez finalice la construcción.

En primer lugar, en la *tabla 6* encontramos los valores mínimos para el nivel de impacto.

*Tabla 6: Criterio y nivel de presión sonora de impacto normalizado ponderado  $L'_{nT,w}$*

Elemento	$L'_{nT,w}$ (dB)
Sistema de suelo separando estancias independientes situadas en pavimentos distintos.	$\leq 80$
Sistema de suelo de áreas de uso colectivo (actividades de ocio y deportivas, tales como <i>home theater</i> , salas de gimnasia, salas de fiesta, salas de juegos, baños y vestuarios colectivos, cocinas y lavanderías colectivas) sobre estancias independientes.	$\leq 55$

Fuente: Normativa de Construcción de Brasil ABNT/CB02. Julio 2012

Y posteriormente, como vemos en la *tabla 7*, encontramos los valores mínimos para el ruido aéreo entre estancias, como puede ser el habla, la TV, conversaciones, música, etc.

*Tabla 7: Criterios de diferencia normalizada de nivel ponderado,  $D_{nT,w}$*

Elemento	$D_{nT,w}$ (dB)
Sistema de suelo separando estancias independientes de áreas en las que uno de los dos recintos sea un dormitorio.	$\geq 45$
Sistema de suelo separando estancias independientes de áreas comunes de tránsito eventual, tales como pasillos y escaleras.	$\geq 40$
Sistema de suelo separando estancias independientes de áreas comunes de uso colectivo, tales como salas de gimnasia, salas de fiesta, salas de juegos, baños y vestuarios colectivos, cocinas y lavanderías colectivas.	$\geq 45$

Fuente: Normativa de Construcción de Brasil ABNT/CB02. Julio 2012

A parte de estos niveles, en el Anexo E de esta parte de la normativa, encontramos recomendaciones relativas a otros niveles de desempeño a parte del mínimo, como el intermedio y el superior con el objetivo de mejorar la calidad del edificio.

En la parte 4, Requisitos para sistemas divisorios verticales externos e internos, encontramos los mismos apartados que en el anterior (desempeño estructural, seguridad contra incendios, estanqueidad, desempeño lumínico, durabilidad y mantenimiento, etc.) pero centrémonos en el desempeño acústico.

Este tiene como objetivo la verificación del aislamiento acústico entre el exterior y el interior de unidades independientes, y entre estancias y áreas comunes. Como en el caso de los suelos, los valores son obtenidos mediante ensayos, pero aquí se nos describen tres métodos.

El método que se le suma a los que ya descritos (método de ingeniería en campo de trabajo y método simplificado de campo) es el método de precisión realizado en laboratorio. Este método determina el aislamiento de elementos y componentes de paredes como las ventanas, puertas, etc.) En el caso de conjuntos de pared-ventana o pared-puerta, es necesario el ensayo individual y luego calcular el valor global del conjunto.

De la misma manera que en el apartado 4, se dan a conocer los parámetros acústicos en lo que influye a las divisorias verticales, que en este caso son: el índice de reducción sonora ponderado ( $R_w$ ) para los componentes de laboratorio; la diferencia normalizada de nivel ponderado ( $D_{nT,w}$ ) para divisiones internas; y la diferencia normalizada de nivel ponderada a 2 metros de distancia de la fachada ( $D_{2m,nT,w}$ ) para fachadas.

De la misma manera que en la parte 3, son facilitadas las tablas con los valores mínimos de nivel acústico aéreo sobre las fachadas y sobre los tabiques interiores de separación entre estancias, complementados en el Anexo F por las recomendaciones relativas a otros niveles de desempeño, más los valores de referencia  $R_w$  de los ensayos de laboratorio para orientar a fabricantes y proyectistas.

Repetiendo el esquema de estas dos últimas partes, la Parte 5 se centra en los Requisitos para sistemas de cubiertas. Donde, en el caso del aislamiento acústico, pretende regular los valores entre el exterior y el interior de la cubierta, diferenciando entre cubiertas accesibles y cubiertas no accesibles.

Y, finalmente, en la Parte 6, Requisitos para los sistemas hidrosanitarios. En esta Parte, se indica que los métodos de medición de ruidos generados por los diferentes equipamientos se encuentran en el Anexo B. Aquí, se muestran, con carácter no obligatorio, los niveles de desempeño acústico para equipamientos sanitarios instalados en el edificio, exceptuando todos aquellos equipamientos de carácter individual que el usuario pueda tener en las diferentes estancias. Estos valores de ruido, son medidos con puertas y ventanas cerradas, analizando las estancias superiores, inferiores y laterales a la estancia donde se encuentra el equipamiento, y siempre que este se encuentre en funcionamiento.

Una vez hecho el breve resumen de la normativa brasileña, centrado en el aislamiento acústico, se comparan las dos normativas, española y brasileña.

### **3.5 Comparación de ambas normativas**

Si se comparan ambas normativas, la principal diferencia que aparece a simple vista es el volumen de estas y su organización. En el caso del CTE DB HR se puede observar como solo se dispone de un solo capítulo referido a la Protección frente al ruido que consta de 90 páginas, mientras que en la normativa brasileña, la acústica no se encuentra toda concentrada en un solo documento sino que se trata el desempeño acústico en cada capítulo por separado, de manera no muy extensa. Por lo que a este aspecto se refiere, la normativa española gana en practicidad ya que no hay que cambiar de documento si lo que se está estudiando es la acústica únicamente.

Por lo que respecta al contenido numérico de ambas, se podría decir que los valores de los límites acústicos en la normativa brasileña se asimilan a la normativa NBE CA 88, ya que están muy por debajo de los límites actuales españoles.

Es destacable, por ejemplo, como en el caso de los valores mínimos para el nivel de impacto, encontramos un valor  $L'_{nT,w}$  (dB) que exige que sea menor o igual 80. Sorprende ya que para obtener un valor inferior a 80, se obtiene con cualquier tipo de material y por lo tanto no es necesario dotar la división horizontal de cualquier tipo de suelo flotante para aislar acústicamente ya que fácilmente se cumplirá con el valor determinado. De esta manera, no se encontrará este tipo de suelo en ningún edificio residencial de Brasil por lo que respecta a las estancias residenciales de este. También es destacable el hecho de que la normativa brasileña no regule, en el caso del ruido de impacto, el aislamiento entre

estancias de una misma vivienda, ocupándose más del aislamiento entre plantas y entre interior y exterior.

Y finalmente, dejando de lado los valores numéricos, y observando la parte descriptiva de ambas, se puede decir que la normativa española CTE DB HR es mucha más detallada que la brasileña. Esto se puede ver en la descripción de los métodos de cálculo, diseño y dimensionado, las descripciones constructivas para los diferentes elementos, las indicaciones de conservación y mantenimiento y los diversos anexos, donde se pueden encontrar tablas, fichas y explicaciones adicionales a las de la propia normativa. También cabe destacar que en la normativa española, se dispone de un documento CTE DB HR actualizado con comentarios del Ministerio de Fomento actualizados a fecha de Junio de 2011 y además una *Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido* redactada por CSIC (Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja) para facilitar su uso.

Descrita la situación actual en cuanto a normativas acústicas de ambos países, se da paso a la descripción completa del suelo flotante como solución de aislamiento acústico elegida como objeto de estudio de esta monografía.

### **3.6 El suelo flotante**

Ahora la monografía se centrará en el suelo flotante como objeto principal de estudio. Como se contempla en la justificación y objetivos principales de esta, se ha escogido el suelo flotante ya que es la óptima solución que adopta el CTE para aislar las divisiones horizontales del ruido, y que no está muy integrado todavía en la construcción brasileña. Actualmente, como se ha comentado el capítulo anterior, en Brasil solo se construye con suelo flotante en algunos edificios, y no en la totalidad de ellos. Estos edificios son los llamados *clubs*. Se suele disponer de este tipo de solución constructiva en la zona llamada *cinema* situado en la planta baja de ellos y destinada al ocio de la comunidad. De esta manera, seguimos teniendo el resto del edificio sin ser aislado acústicamente por lo que a suelo se refiere.

El suelo flotante, según el CTE, es el sistema constructivo que sirve para minimizar las transmisiones de ruido aéreo y de impacto que se producen a través de los forjados para así obtener un óptimo aislamiento acústico en el edificio. Aunque es importante decir que el factor que más influye directamente sobre el suelo es el ruido de impacto.

Habiendo comentado los índices y como ha aumentado ligeramente la protección del usuario, comentar también que según un estudio de medidas realizadas en Galicia, realizado en forjados reticulares de 25+5 cm, se ha podido comprobar que sólo cumplían el DB-HR el 26% de los forjados para los niveles de aislamiento aéreo y el 41,2% para los niveles de impacto. Es un dato sorprendente que indica que será necesario dotar de más aislamiento a los forjados mediante un suelo flotante. (Fuente: Casadevall i Planas, David; Consultor acústico; Acústica Web.)

En la siguiente *tabla 8* se observan las exigencias de aislamiento acústico a ruido de impactos entre recintos. Se ha diferenciado entre los recintos de una unidad de uso con los recintos receptores que deben contar con un aislamiento acústico como protección frente al ruido de recintos exteriores a la misma, ya sean recintos de otra unidad de uso, de instalaciones, actividad, etc.

Respecto a los recintos de instalaciones o de actividad, debe precisarse que las exigencias de aislamiento acústico a ruido de impactos se aplican a todos los recintos protegidos y habitables del edificio, independientemente de que pertenezcan a una unidad de uso o no.

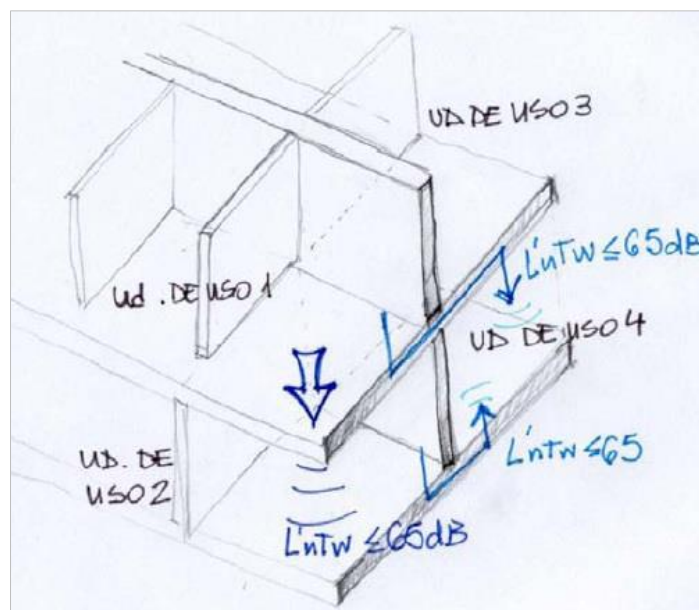
*Tabla 8: Exigencias de aislamiento acústico a ruido de impacto entre recintos*

RECINTO EMISOR EXTERIOR A LA UNIDAD DE USO	RECINTO RECEPTOR DE UNA UNIDAD DE USO	
	Protegido Impactos <sup>(I)</sup> $L'_{nT,w}$ (dB)	Habitable Impactos <sup>(I)</sup> $L'_{nT,w}$ (dB)
Otros recintos del edificio <sup>(II)</sup>	65	-
De instalaciones o de actividad	60	60
(I)	Esta exigencia no es de aplicación en el caso de recintos protegidos colindantes con una caja de escaleras.	
(II)	Siempre que éste recinto no sea de instalaciones, de actividad o no habitable.	

Fuente: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Protección frente al ruido

No hay exigencias de aislamiento acústico a ruido de impacto entre un recinto de una unidad de uso y un recinto no habitable.

Las exigencias de aislamiento a ruido de impactos se aplican a los elementos de recintos colindantes verticalmente, horizontalmente y con una arista horizontal común como se muestra en la *figura 11*.



*Figura 11: Esquema en sección de recintos colindantes a los que se aplican las exigencias de aislamiento acústico a ruido de impactos*

Fuente: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Unidad de calidad en la construcción. *Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido, Código Técnico de la edificación*.

Version V.01. Edición 1 de agosto de 2009.

Respecto al ruido de impactos es necesario matizar varias cuestiones.

En primer lugar, el nivel de presión de ruido de impactos,  $L'_{nT,w} \leq 65 \text{ dB}$ , que expresa el aislamiento a ruido de impactos del edificio, debe cumplirse en todos los recintos protegidos de un edificio de alguna unidad de uso.

En segundo lugar, el nivel de presión de ruido de impactos,  $L'_{nT,w} \leq 60 \text{ dB}$ , que expresa el aislamiento a ruido de impactos del edificio, debe cumplirse en todos los recintos protegidos y habitables de un edificio colindantes con un recinto de instalaciones.

Y finalmente, el modo de aislar a ruido de impacto un recinto consiste en actuar sobre el forjado donde se van a producir los impactos. Si se trata de una transmisión de ruido de impactos entre recintos superpuestos, debe actuarse en el forjado superior y en el caso de que se tratara de una transmisión de ruido de impactos entre recintos adyacentes, debe actuarse en el forjado del recinto colindante.



La manera más efectiva de aislar el ruido de impactos es entonces la de emplear suelos flotantes, que deben instalarse no sólo en los recintos dispuestos encima de otras unidades de uso, sino también en los recintos que colinden vertical, horizontalmente o tengan una arista horizontal común con recintos protegidos de una unidad de uso.

Es por ello que el uso de suelos flotantes se extiende a la práctica totalidad de recintos de un edificio.

Las exigencias de aislamiento a ruido de impactos  $L'_{nT,w} \leq 65$  dB, no son de aplicación en recintos habitables, sin embargo, sí lo son para los recintos protegidos, que sean colindantes vertical, horizontalmente o tengan una arista horizontal común con recintos de otras unidades de uso o cualquier otro recinto del edificio.

En general, hay que instalar suelos flotantes también en los recintos habitables, ya que suelen estar en contacto con un recinto protegido colindante horizontalmente, verticalmente o con una arista horizontal común.

Las cajas de escaleras están excluidas de cumplir las exigencias a ruido de impactos, por ello no sería necesario disponer de un suelo flotante en las mismas, si no fuera por su contacto con un recinto protegido.

La *figura 12* muestra una sección vertical de un edificio en el que se han identificado las unidades de uso diferentes y se ha marcado con una doble línea aquellos elementos de separación horizontales que deben contar con un suelo flotante para impedir la transmisión de ruido de impactos entre recintos colindantes horizontalmente (1-1') y entre recintos con una arista horizontal en común (2-2'). Sólo los recintos marcados con un rectángulo estarían exentos de la instalación de suelos flotantes, aunque los niveles de presión de ruido de impactos deben cumplirse en ellos.

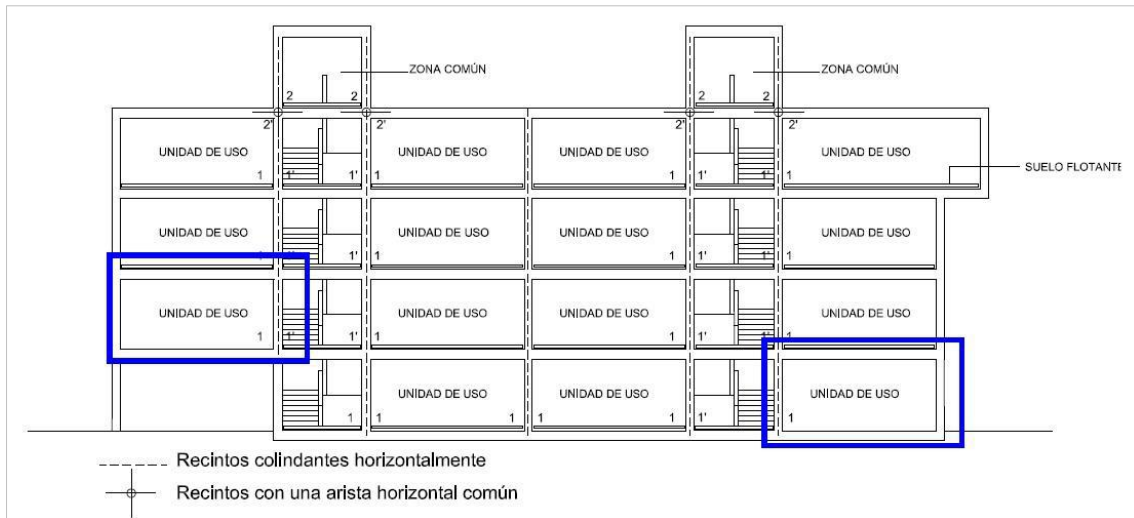


Figura 12: Esquema en sección vertical. Disposición de suelos flotantes

Fuente: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Protección frente al ruido

En aquellos casos en los que el aislamiento requerido sea mayor, como es el caso de aquellos forjados que limitan con recintos de instalaciones o de actividad, se puede disponer también de un falso techo. El falso techo puede estar formado por una o varias placas de yeso laminado o de escayola, anclada al forjado mediante tirantes de acero, estopa, etc. Para conseguir un mayor aislamiento acústico, en la cámara o plenum puede disponerse de un material absorbente acústico, tipo manta, que repose en el dorso de las placas y en la zona superior de la subestructura portante del techo.

Respecto a los elementos de separación horizontales, conviene matizar que las moquetas y las tarimas flotantes son elementos con un aislamiento acústico a ruido de impactos bastante bueno, sin embargo su aislamiento acústico a ruido aéreo es prácticamente nulo. Para cumplir las exigencias del DB HR, su uso se restringe a forjados o losas de hormigón de masas altas ( $m \geq 400 - 500 \text{ kg/m}^2$ ) o a forjados en los que se utilice un falso techo para complementar el aislamiento acústico a ruido aéreo del forjado.

Las soluciones del DB HR, como se ha dicho al principio de la monografía y en el capítulo anterior, han sido poco habituales en la edificación existente hasta la aprobación del DB HR. El aumento de las exigencias de aislamiento acústico, especialmente a ruido de impactos, ha supuesto la utilización de suelos flotantes en todas las plantas del edificio, excepto en edificios que en sí mismo son una unidad de uso, como una vivienda unifamiliar.

De forma general, en la opción simplificada, el suelo flotante se instala en toda la planta del edificio excepto en los tramos de escaleras. Pero debe recordarse que la exigencia de aislamiento a ruido de impactos se aplica también a recintos colindantes horizontalmente y a recintos con una arista horizontal común. Es por eso, que los suelos flotantes deben instalarse incluso en aquellas plantas en las que las unidades de uso estén superpuestas a recintos del edificio que no necesiten protección frente al ruido de impactos, como por ejemplo, en las viviendas sobre soportales, sobre un garaje, etc.

Respecto a la utilización de la opción simplificada descrita en el capítulo 3.3 de esta monografía, en el caso concreto del suelo flotante deberán emplearse: La tabla 3.3 del DB HR, si el elemento de separación horizontal separa unidades de uso diferentes o un recinto de instalaciones o de actividad de recintos protegidos y habitables del edificio; o la tabla I.1, situada en el anejo I del CTE DB HR, si el elemento de separación horizontal no separa unidades de uso diferentes, pero éstas están separadas por elementos de separación verticales, como es el caso de viviendas unifamiliares adosadas con los forjados compartidos.

La tabla 3.3 del CTE DB HR, adjuntada en el *Anejo 7.2* de esta monografía, es la más utilizada y más compleja de las 2 y por eso se hará un breve resumen de lo que contiene y de su utilización gracias a la ayuda de la *Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido, Código Técnico de la edificación*.

Esta contiene los valores mínimos que debe cumplir cada uno de los parámetros acústicos que definen los elementos de separación horizontales. Para utilizar la tabla 3.3 del DB HR se parte de los datos ya presentados en el *cuadro 22*, que son: masa por unidad de superficie ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) del forjado que se ha proyectado por motivos estructurales;  $\Delta R_A$ , mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, en dBA y  $\Delta L_w$ , reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, en dB (en el caso de suelo flotante); y  $\Delta R_A$ , mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, en dBA (para el techo suspendido). Los suelos flotantes deben cumplir simultáneamente los valores de  $\Delta R_A$  y  $\Delta L_w$ .

En el caso de que se proyecte un sistema de calefacción por suelo radiante, algunos fabricantes indican los valores de los datos necesarios para utilizar la tabla 3.3 y la I.1 del DB HR: Mejora de aislamiento a ruido aéreo,  $\Delta R_A$  y reducción del nivel global de presión de ruido de impactos  $\Delta L_w$ , de dicho sistema. Si no se disponen de más datos, el suelo radiante puede instalarse por encima del material aislante a ruido de impactos. Se

recomienda también que las tuberías de instalaciones se lleven por cámaras registrables, si es posible, como por ejemplo falsos techos.

Sobre los valores que deben cumplir los suelos flotantes, se debe matizar lo siguiente:

En primer lugar, los valores de  $\Delta L_w$  deben cumplirse para satisfacer las exigencias de aislamiento acústico a ruido de impactos.

En segundo lugar, los suelos flotantes con el valor de  $\Delta L_w$  requerido deben instalarse en el forjado que delimita superiormente una unidad de uso, y en el forjado de la misma unidad de uso.

También deben instalarse en el forjado en el que un recinto de instalaciones o de actividad sea colindante vertical, horizontal o tenga una arista horizontal común con cualquier recinto habitable o protegido del edificio.

Además, para cumplir las exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos, los suelos flotantes, deben cumplir los valores de  $\Delta R_A$  especificados en la tabla 3.3 siempre que se instalen sobre forjados que delimiten superior o inferiormente una unidad de uso y la separen de cualquier otro recinto del edificio o se instalen en forjados que separen un recinto de instalaciones o de actividad de cualquier recinto protegido o habitable del edificio.

En la tabla 3.3, las casillas sombreadas se refieren a elementos constructivos inadecuados. Las casillas con 0 significan que o bien, no se necesita falso techo o que el valor de  $\Delta R_A$  del suelo flotante es 0.

Si existieran dos tipos diferentes de tabiquería, se elegiría aquellos valores de  $\Delta R_A$  y de  $\Delta L_w$  más desfavorables. Si no hubiera elementos de tabiquería interior, puede elegirse cualquier forjado.

Además si la tabiquería es de entramado, deben consultarse las condiciones de compatibilidad de los elementos de separación horizontales con las fachadas, siempre que den a fachada.

Entre paréntesis figuran los valores que deben cumplir los elementos de separación horizontales entre recintos protegidos o habitables y un recinto de instalaciones o de actividad.

A continuación, en la *figura 13*, se puede observar un ejemplo de utilización de la tabla 3.3 del DB HR de manera muy esquemática y fácil de entender.

Elección del tipo de forjado. Deben cumplirse los valores de  $m$  y  $R_A$  simultáneamente. Debe comprobarse cuál es la masa por unidad de superficie del canto proyectado por motivos estructurales.

**2** Elección del Suelo flotante y el techo suspendido. Los valores de  $\Delta R_A$  y  $\Delta L_w$  se obtienen en función del tipo de tabiquería: fábrica, fábrica con bandas o entramado.

El suelo flotante debe cumplir los valores de  $\Delta R_A$  y  $\Delta L_w$  simultáneamente. Si no es necesario un techo, el valor del mismo es 0.

En el ejemplo: Para un forjado que separe dos viviendas y cuya masa sea  $m = 300 \text{ kg/m}^2$  y  $R_A = 52 \text{ dBA}$ , es necesario un suelo flotante que cumpla:  $\Delta R_A \geq 4 \text{ dBA}$  y  $\Delta L_w \geq 16 \text{ dB}$ , siempre que la tabiquería sea de fábrica apoyada sobre el suelo flotante.

		Suelo flotante y techo suspendido (Sf) y (Ts) en función de la tabiquería												
		Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con apoyo directo en el forjado			Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con bandas elásticas o apoyada sobre el suelo flotante.			Tabiquería de entramado autoportante			Condiciones de la fachada <sup>(5)</sup>			
m kg/m <sup>2</sup>	R <sub>A</sub> dBA	Suelo flotante <sup>(2)(3)</sup>		Techo suspendido <sup>(5)</sup>		Suelo flotante <sup>(2)(3)</sup>		Techo suspendido <sup>(5)</sup>		Suelo flotante <sup>(2)(3)</sup>		Techo suspendido <sup>(5)</sup>		
		$\Delta L_w$ dB	$\Delta R_A$ dBA	$\Delta L_w$ dB	$\Delta R_A$ dBA	$\Delta L_w$ dB	$\Delta R_A$ dBA	$\Delta L_w$ dB	$\Delta R_A$ dBA	$\Delta L_w$ dB	$\Delta R_A$ dBA	$\Delta L_w$ dB	$\Delta R_A$ dBA	
250	49					22	0	10	0	2	21	0	2	2H
														1H
												(0)	(11)	2H
300 <sup>(4)</sup>	52													1H
														2H
												(0)	(5)	2H
350 <sup>(4)</sup>	54													1H ó 2H
														1H ó 2H
												(0)	(3)	1H ó 2H
400 <sup>(4)</sup>	57													1H
														1H
												(0)	(9)	1H
450	58													1H ó 2H
														2H
												(0)	(0)	1H

**1. Elección del forjado**  
Cumplimiento de  $m$  y  $R_A$  simultáneamente

**2. Elección del Sf y Ts**  
en función de la tabiquería

Forjado<sup>(1)</sup> (F)

el suelo flotante debe cumplir los valores de  $\Delta L_w$  y  $\Delta R_A$

el techo debe cumplir el valor de  $\Delta R_A$ . Si  $\Delta R_A = 0$ , no hace falta falso techo.

Valores entre paréntesis, para elementos que separan recintos protegidos o habitables, de recintos de instalaciones o de actividad

Figura 13: Ejemplo de procedimiento de uso de la tabla 3.3 del DB HR

Fuente: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Unidad de calidad en la construcción. *Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido, Código Técnico de la edificación*. Versión V.01. Edición 1 de agosto de 2009.

Como se puede contemplar en la *figura 13*, en la tabla 3.3 se hace referencia a la tabiquería del recinto receptor, esto es debido a que a través de la tabiquería que conforma los recintos se producen transmisiones indirectas que excitan los forjados, dando como resultado una pérdida de aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos. Se ha diferenciado entre tres tipos de tabiquería: de fábrica apoyada directamente sobre el

forjado; de fábrica apoyada sobre bandas elásticas o dispuesta sobre el suelo flotante; y de entramado. Desde el punto de vista de la utilización de la tabla 3.3, la tabiquería apoyada sobre un suelo flotante, se asimila a la tabiquería apoyada sobre bandas elásticas.

Y ahora, una vez conocidos todos los conceptos necesarios sobre el suelo flotante, se hará un análisis constructivo más detallado de este en lo que a ejecución se refiere.

A esta solución, el suelo flotante, se le puede llamar también de corte elástico porque se coloca un elemento elástico y amortiguador entre el forjado y el pavimento, un suelo flotante desvinculado del forjado de diferentes posibles materiales y de 5 a 20 mm de grosor que nos ayudará a absorber los posibles ruidos.

El suelo flotante, como se muestra en el *cuadro 25*, se puede dividir en los siguientes elementos.

*Cuadro 25: Elementos de un suelo flotante*

Capa elástica o anti-impacto
Barrera impermeable (si procede)
Capa rígida (acabado)

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

La capa elástica o anti-impacto, que es el principal elemento para poder llevar a cabo la ejecución de este tipo de suelo, puede estar compuesta por diferentes materiales resilientes. Algunos de ellos se muestran en el *cuadro 26*.

*Cuadro 26: Posibles materiales para la capa elástica o anti-impacto*

Un panel de lana mineral (LM)
Una lámina de poliestireno expandido elastificado (EEPS)
Una lámina de polietileno expandido (PE-E)
Una lámina de polietileno reticulado (PE-R)
Una lámina multicapa (formada por la combinación de varios materiales)
O cualquier otro con las mismas prestaciones

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

Esta capa se apoya directamente sobre la capa de compresión del forjado y su función es evitar que la capa rígida (acabado) entre en contacto directo con los elementos verticales (pilares, tabiques, etc.) y el soporte resistente (forjado o losa) para así evitar la transmisión del ruido.

Las prestaciones acústicas de los materiales de capa anti-impacto dependen, como se ha visto en el análisis al DB HR, de su rigidez dinámicas ( $\text{MN}/\text{m}^3$ ) (característica que mide la capacidad de amortiguación de un producto), y de su compresibilidad (característica que mide la deformación de un material a lo largo del tiempo bajo una carga constante).

Por tanto, como ya se ha comentado anteriormente para garantizar el cumplimiento de las exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo y de impactos del DB HR del CTE, es necesaria la colocación de un suelo flotante que cumpla simultáneamente los valores de  $\Delta R_A$  (mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A en dBA) y de  $\Delta L_{nT,w}$  (reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, en dB).

El material escogido como capa anti-impacto adecuado para el suelo flotante de cada caso dependerá del diseño acústico del edificio y de las características particulares de la obra.

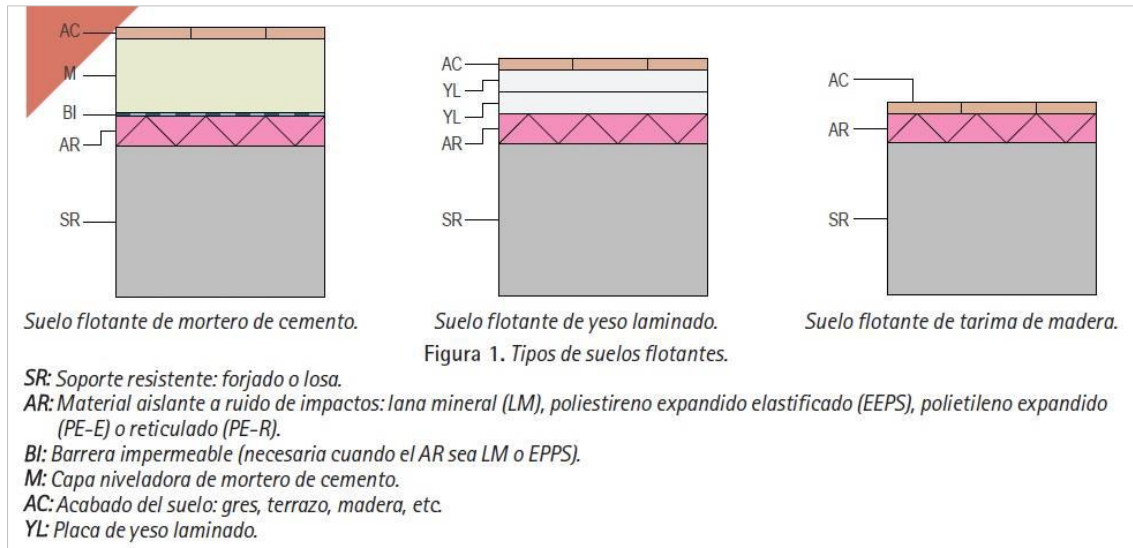
Por lo que se refiere a la barrera impermeable, esta es una película de un material plástico impermeable, como por ejemplo, un film de polietileno de 0,2 mm de espesor. Servirá para evitar el contacto directo entre la capa rígida y la capa anti-impacto, cuando exista riesgo de que la humedad contenida en la capa rígida pueda deteriorar el material anti-impacto, o incluso pueda penetrar hasta el forjado. Por ello, la barrera impermeable será necesaria en los casos expuestos en el *cuadro 27*.

*Cuadro 27: Casos en los que necesitamos barrera impermeable en un suelo flotante*

La capa rígida contenga humedad (como es el caso de capa rígida de mortero)
La capa anti-impacto sea porosa (como es el caso de las capas anti-impacto de paneles de LM)
La capa anti-impacto esté formada por planchas y las juntas entre las planchas no están selladas (como es el caso de las capas anti-impacto de planchas de EEPS).

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

La capa rígida (acabado) puede estar constituida por elementos de obra seca o de obra húmeda. Las tres soluciones más comunes son: suelo flotante de mortero, suelo flotante de yeso laminado y suelo flotante de tarima de madera. En la *figura 14* se muestran detalladas gráficamente las secciones de las tres soluciones más empleadas.



*Figura 14: Tipos de suelo flotante*

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

El conjunto de estos tres elementos tiene el efecto de provocar una discontinuidad perpendicular a la dirección de recorrido de las ondas de vibración. A continuación, se definen los tres tipos de suelo más empleados.

El suelo flotante de mortero es un suelo húmedo formado por una capa de mortero de cemento de al menos 5 cm de espesor. Suele ser la solución más común.

Si sobre el suelo flotante se van a apoyar cargas lineales, como tabiques, en función de las características del material de capa anti-impacto empleado y de las cargas a las que vaya a estar sometido el suelo, con el fin de garantizar su buen funcionamiento acústico y evitar la aparición de patologías, se recomienda la disposición de un mallazo de reparto, por ejemplo de Ø6 y 15 x 15 cm. Si no se incluye el mallazo, se recomienda utilizar un mortero con una dosificación rica en cemento. En cualquier caso, es conveniente consultar siempre las recomendaciones del fabricante.

Para finalizar, se requiere un acabado final del suelo (gres, terrazo, tarima, etc.).



El suelo flotante de yeso laminado se trata de un suelo seco formado por varias placas de yeso laminado y también requiere un acabado final (gres, terrazo, tarima, etc.).

Y por último, el suelo flotante de tarima de madera es un suelo seco formado por una tarima de madera que constituye el acabado final del suelo.

Para garantizar el buen funcionamiento acústico del suelo flotante también debe garantizarse su flotabilidad, comentada anteriormente, evitándose cualquier contacto rígido entre la capa rígida y el resto de elementos estructurales del edificio (forjado, fábricas, pilares, etc.) que pueda suponer un puente acústico.

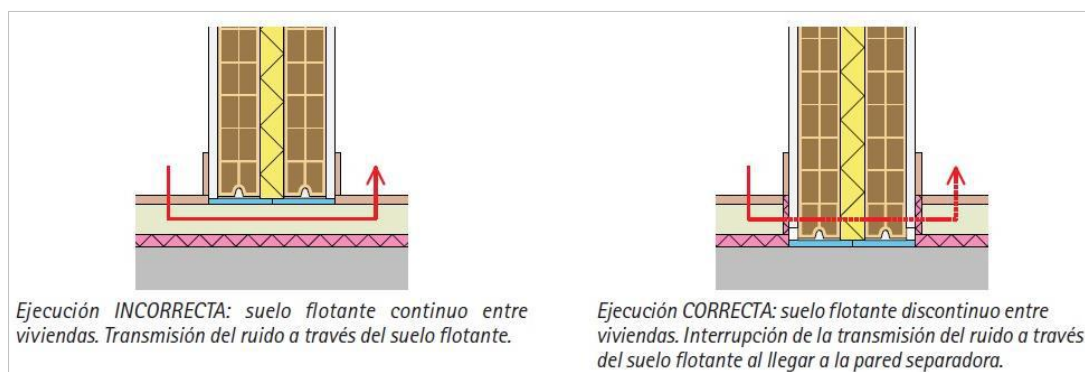
Una de las exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo y ruido de impacto establecidas por el DB HR del CTE, es la necesidad de interrumpir el suelo flotante entre recintos de diferente uso. En el *cuadro 28* se especifican los tres casos en los que se debe llevar a cabo esta interrupción.

*Cuadro 28: Casos de interrupción del suelo flotante entre estancias*

Dos viviendas.
Una vivienda y la zona común.
Una vivienda y un recinto de instalaciones o de actividad.

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

En las siguientes *figuras 15 y 16* se puede observar cómo se realizará la interrupción entre los dos suelos en la construcción.



*Figura 15: Necesidad de interrumpir el suelo flotante entre unidades de uso diferentes*

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

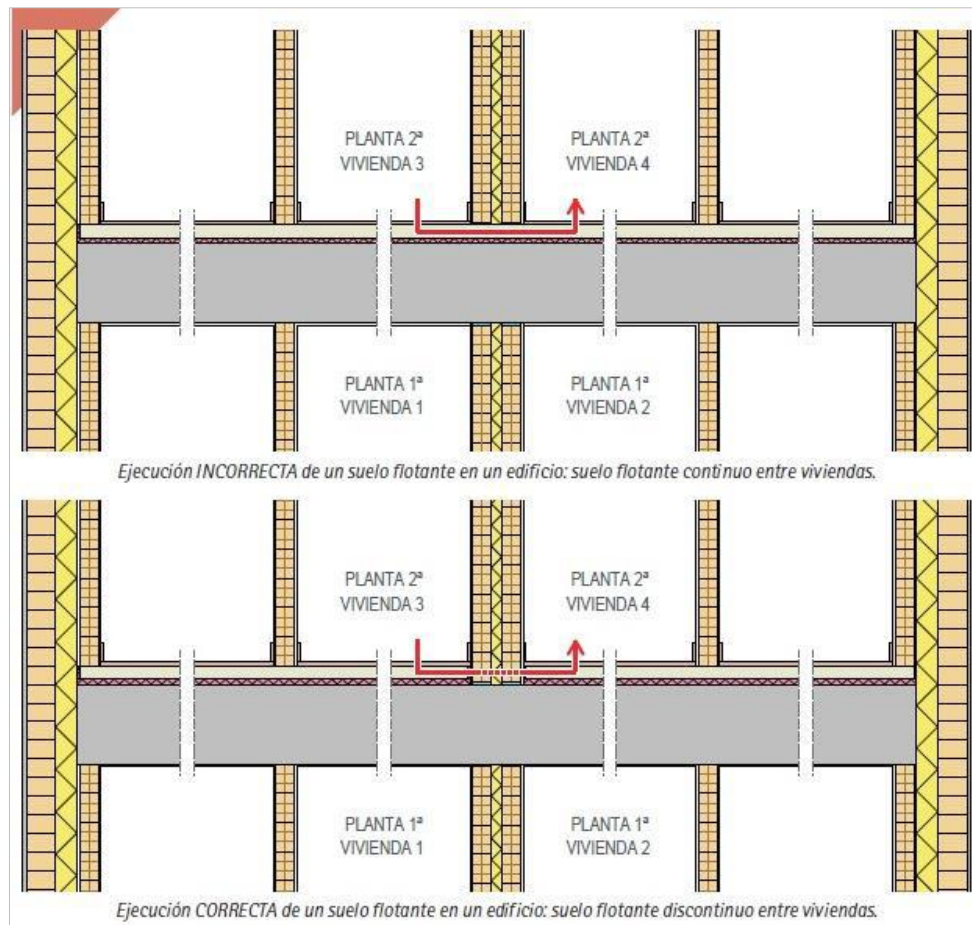
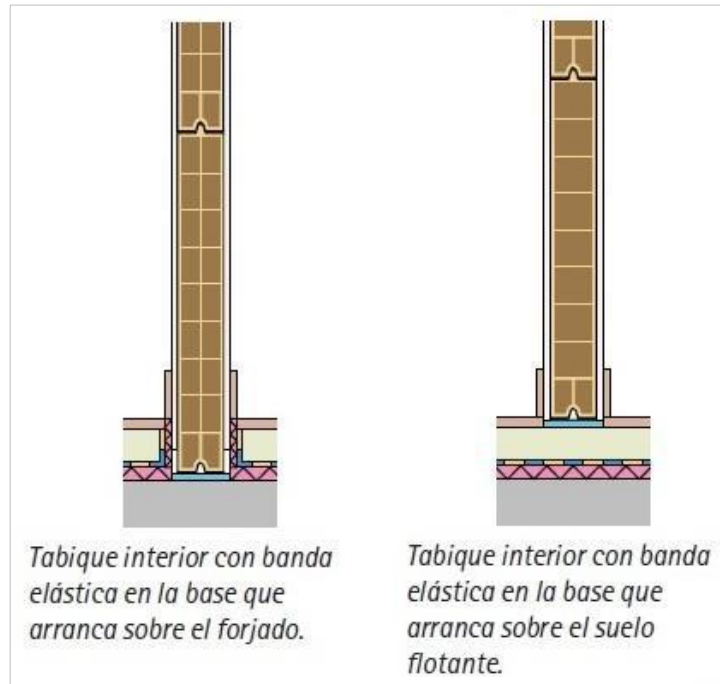


Figura 16: Necesidad de interrumpir el suelo entre unidades de uso diferente (conjunto)

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

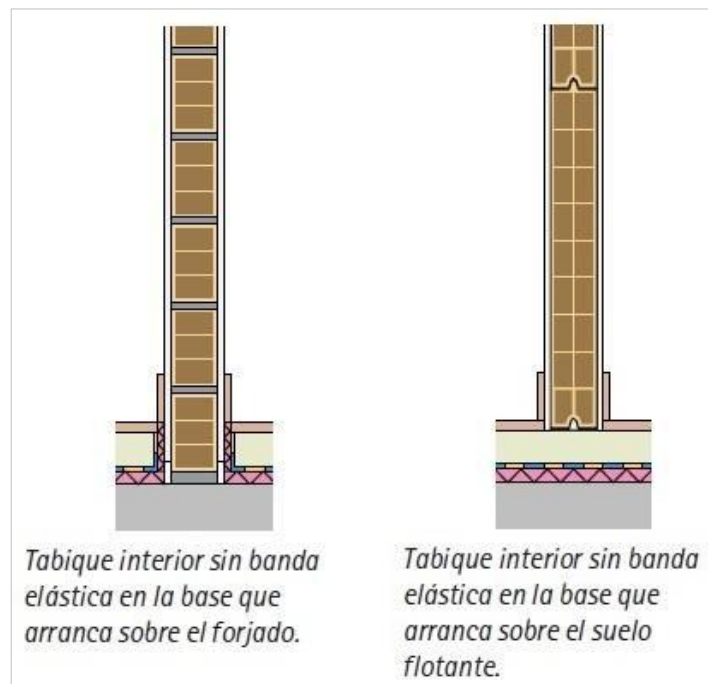
Por otro lado, el arranque de las fábricas, podrá hacerse sobre el forjado o sobre el suelo flotante, y con o sin banda elástica en la base. Pero, si bien en determinados casos puede no ser obligatoria la colocación de bandas elásticas en el arranque de los tabiques y hojas interiores de fachada, dado que la colocación de las mismas mejora el aislamiento acústico en vertical, siempre es recomendable su colocación.

De este modo, y con la ayuda de las figuras 17, 18, 19 y 20, se muestran los tipos de encuentro de las fábricas con el forjado que se podrían dar.



*Figura 17: Tipos de arranque de los tabiques interiores con banda elástica*

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]



*Figura 18: Tipos de arranque de los tabiques interiores sin banda elástica*

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

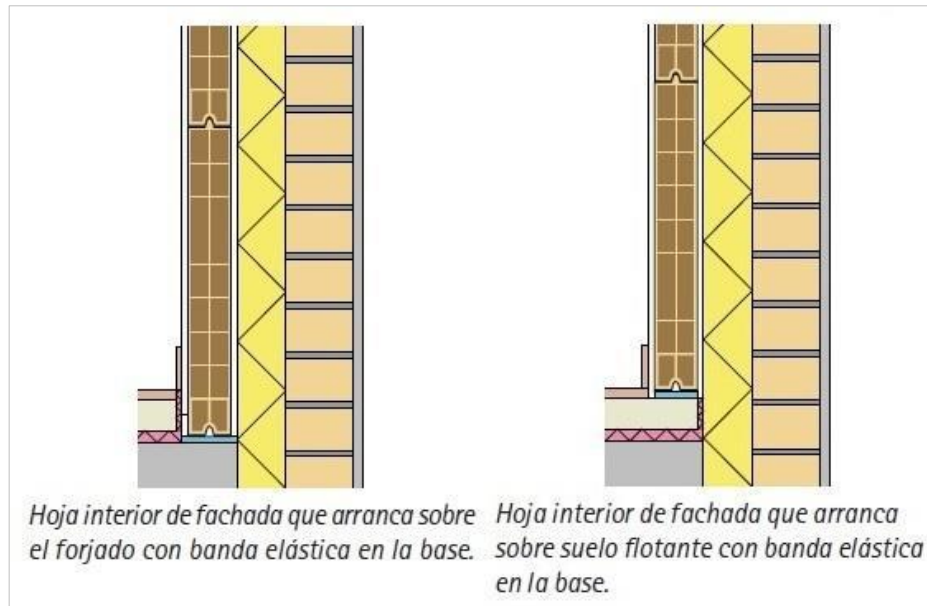


Figura 19: Tipos de arranque de las hojas interiores de fachada con banda elástica

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

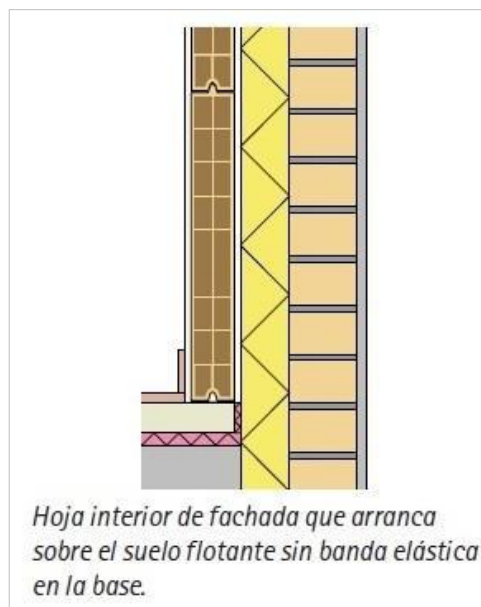


Figura 20: Tipos de arranque de las hojas interiores de fachada sin banda elástica

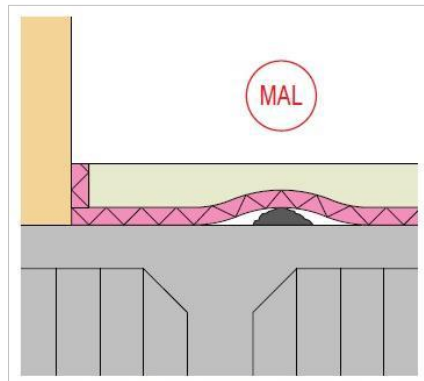
Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

Una vez acabada la introducción al suelo flotante, se explicarán los pasos para su ejecución en obra.

Desde la fase de proyecto del edificio, y por supuesto en la fase previa de la ejecución del suelo flotante, se ha tener en cuenta el espesor necesario para esta solución constructiva.

En primer lugar, hay que llevar a cabo unas operaciones previas para evitar posibles problemas de punzonamiento o debilitamiento de la capa elástica o anti-impacto. Para ello, el forjado debe estar totalmente limpio y nivelado antes de su colocación.

Sabiendo esto, la primera operación que hay que realizar es eliminar los posibles restos de obra de la superficie del forjado para evitar que ocurra lo que muestra la *figura 21*, y rellenar los posibles huecos con mortero pobre o arena para que la superficie sea lisa.



*Figura 21: Deterioro de la capa anti-impacto debido a restos de obra en la superficie del forjado*

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

Una vez realizadas las operaciones previas y el forjado esté en óptimas condiciones, se podrá proceder a la colocación del propio aislante acústico. Según sea el tipo de capa rígida, el procedimiento de ejecución del suelo flotante variará.

A continuación se exponen algunos criterios de ejecución generales en cuanto a la colocación de la capa anti-impacto.

La capa anti-impacto, observando la *figura 22*, debe cubrir totalmente el forjado, no existiendo ninguna discontinuidad.

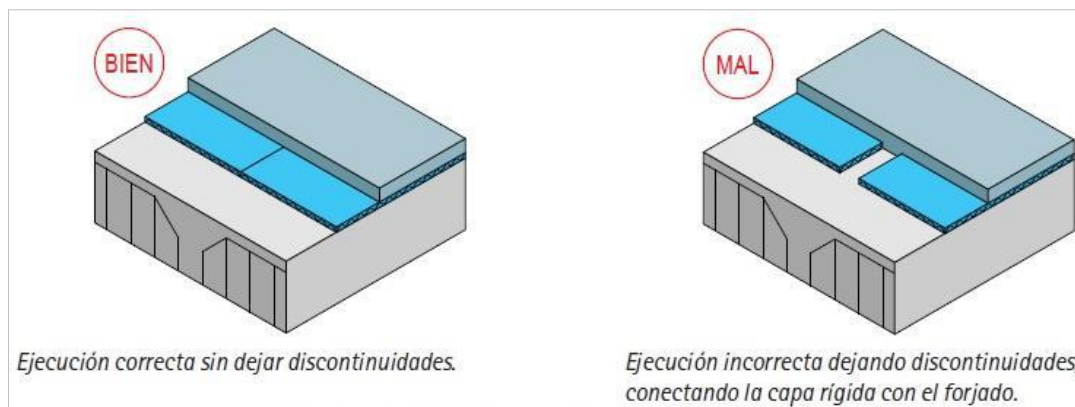


Figura 22: Ejecución correcta/incorrecta de la colocación de la capa anti-impacto

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

Para garantizar la continuidad de la capa anti-impacto, en función del tipo de material se colocará de un modo u otro.

Si la capa anti-impacto es flexible (por ejemplo, una lámina de PE), se puede proceder de los dos modos mostrados en la *figura 23*: Colocando las láminas dejándolas solapadas como mínimo 5 cm y fijándolas con cinta adhesiva como, o colocando las láminas a tope y fijándolas en su unión mediante bandas de sellado del mismo material.

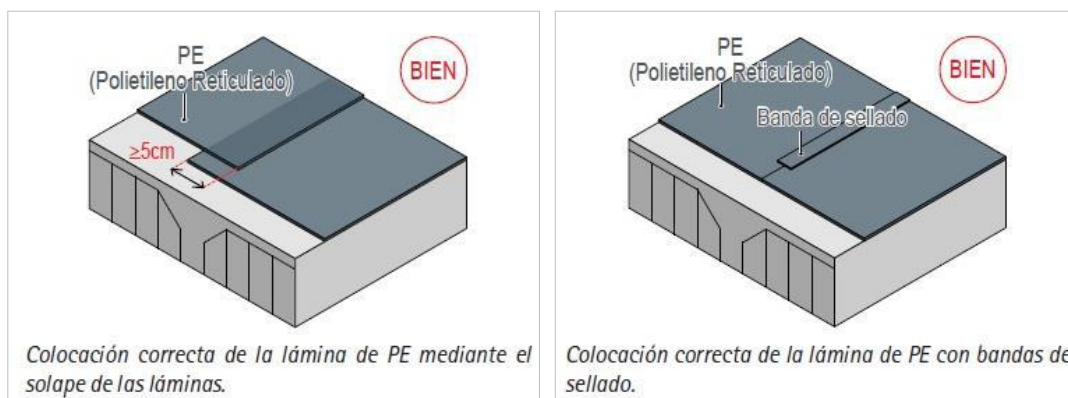


Figura 23: Colocación de una lámina de PE

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

Si ésta es de paneles semirrígidos (por ejemplo, de paneles de LM o de EPPS), en lugar de solaparse los paneles, como indica la *figura 24*, se colocarán a tope cubriendo toda la superficie, y después, en caso de ser necesario, se sellarán.

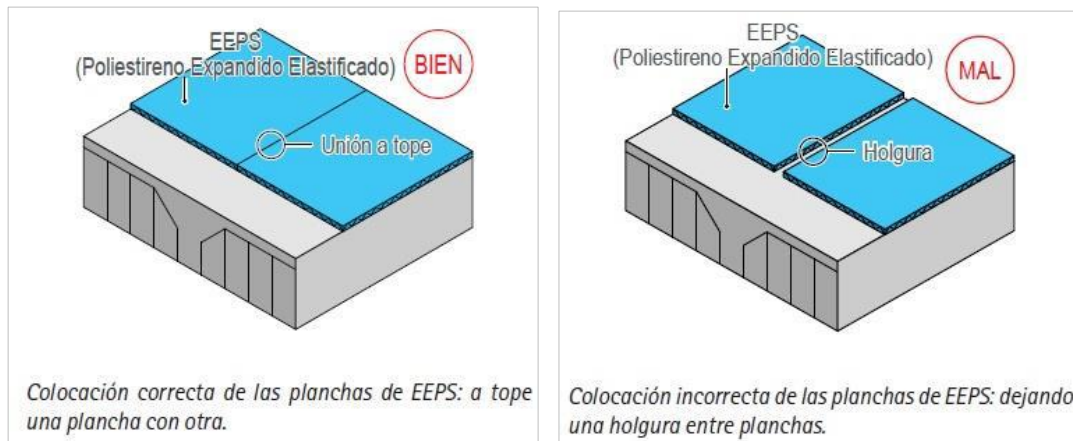


Figura 24: Ejecución correcta/incorrecta de la colocación de las planchas de EEPS

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

Y, en el caso de que se coloquen varias capas de paneles semirrígidos como muestra la figura 25, estas se colocarán contrapeadas.

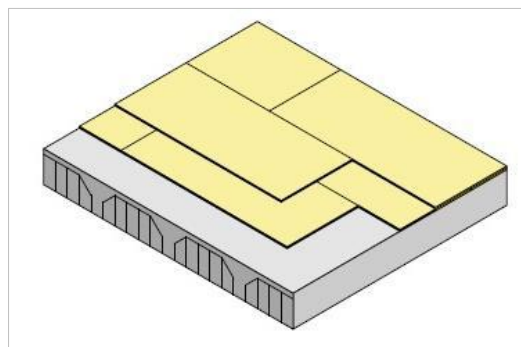


Figura 25: Detalle correcto de la colocación de varias capas de paneles semirrígidos de material anti-impacto

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

Hay que evitar en todo momento que la capa anti-impacto tenga cualquier imperfecto o se rompa. En caso de rotura de una capa anti-impacto flexible, se colocará un parche con trozos del mismo material con al menos 5 cm de solape y sellándolos con tira adhesiva, tal y como indica la figura 26.

En caso de rotura de una capa anti-impacto semirrígida, se introducirán trozos del mismo material rellenando el roto.

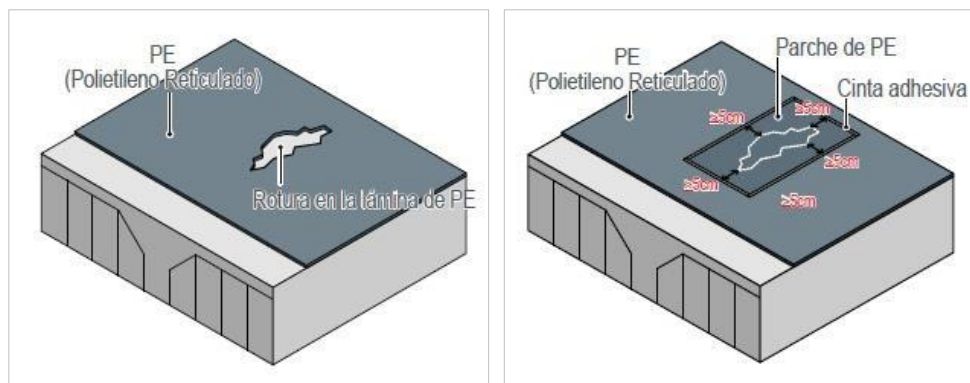


Figura 26: Lámina de PE en la que se ha colocado un parche

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

La capa anti-impacto debe evitar el contacto de la capa rígida también con los elementos verticales (pilares, separadoras, tabiques, etc.) que ya estén construidos de la manera indicada en la *figura 27*. Asimismo, la capa rígida deberá estar desolidarizada de los encuentros con las puertas.

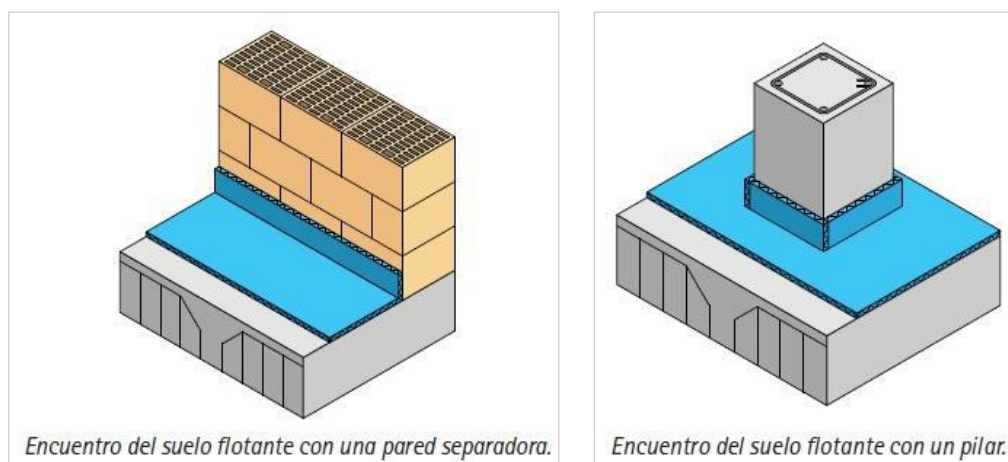


Figura 27: Interrupción de la capa anti-impacto en el encuentro con los elementos verticales

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

Si la capa anti-impacto es flexible (por ejemplo, lámina de PE), se puede proceder de dos los modos que aparecen en la *figura 28*: doblando perimetralmente la lámina en el encuentro con el elemento vertical y subiéndola hasta una altura que quede por encima del espesor de la capa rígida que se vaya a instalar, o colocando una banda perimetral en el encuentro con el elemento vertical.



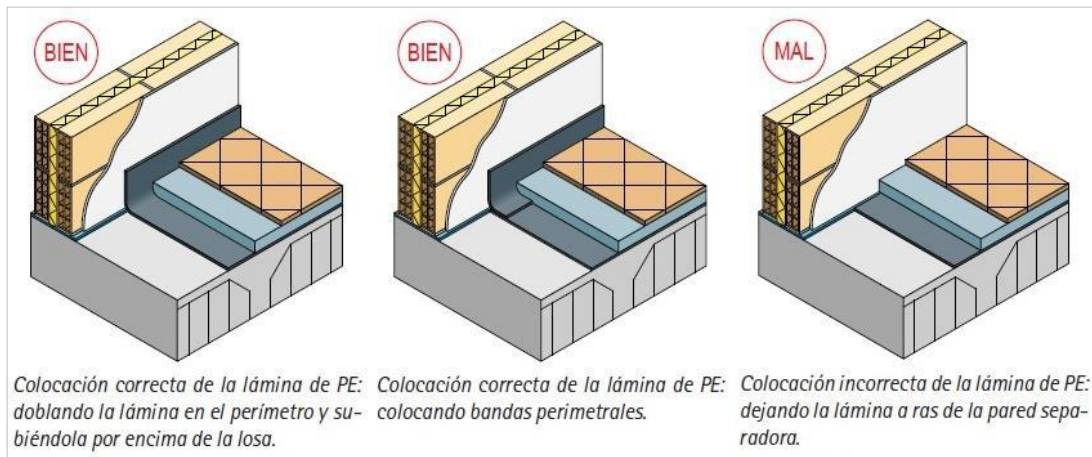


Figura 28: Ejecución correcta/incorrecta del encuentro de una capa anti-impacto flexible con una pared separadora

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

Si la capa anti-impacto es de paneles semirrígidos (por ejemplo, de paneles de LM o de EPPS) no se puede doblar la capa hacia arriba, se debe llevar a tope hasta el elemento vertical y colocar una banda perimetral de material anti-impacto (generalmente del mismo material que se ha empleado en el suelo), hasta una altura que quede por encima del espesor de la capa rígida que se vaya a instalar, como indica la *figura 29*.

La colocación de la capa anti-impacto se puede hacer disponiendo primero las bandas perimetrales y después las planchas de material anti-impacto, o a la inversa.

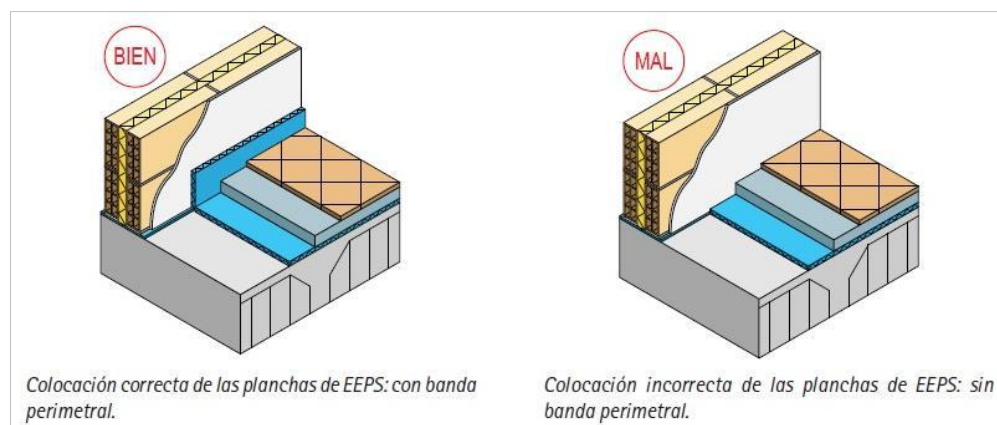
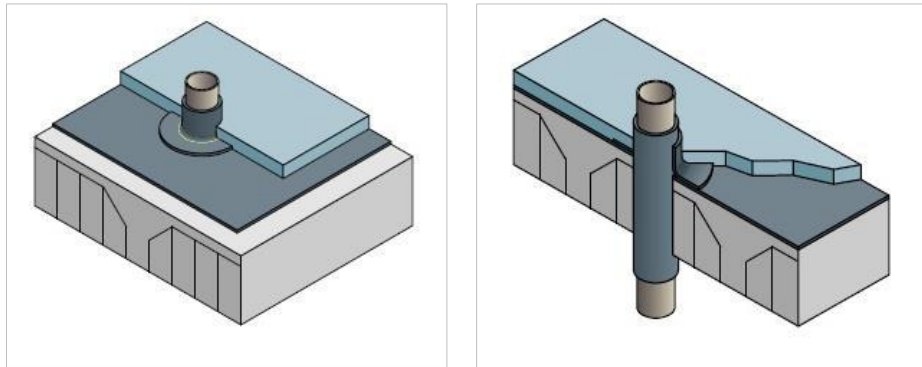


Figura 29: Ejecución correcta/incorrecta del encuentro de una capa anti-impacto de paneles semirrígidos con una separadora

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

En el caso de encontrarnos con el paso de conductos de instalaciones, estos podrán colocarse por encima o por debajo de la capa anti-impacto e independientemente del montaje, deberán forrarse de material elástico con el fin de evitar conectar la capa rígida con los conductos de instalaciones. En la *figura 30* se puede observar el caso de intervención de una instalación que pasa a través del forjado de un recinto a otro en sentido vertical.

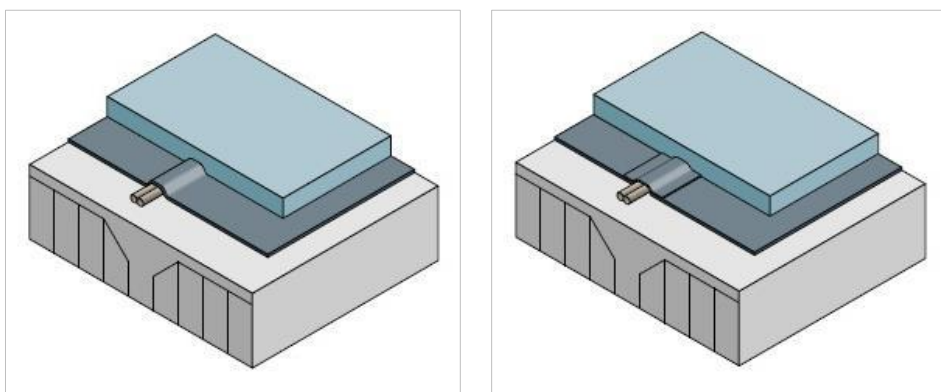


*Figura 30: Forrado de las instalaciones*

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

Si las instalaciones van por debajo de la capa anti-impacto, el encuentro de la capa anti-impacto con los conductos se resolverá de distinto modo en función del tipo de material:

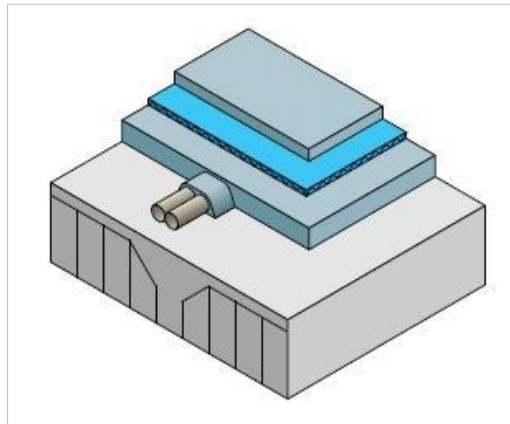
Cuando la capa anti-impacto sea flexible como en el caso de la *figura 31* (por ejemplo, lámina de PE), se dobla el material salvando el desnivel.



*Figura 31: Encuentro de un suelo flotante flexible con un conducto de instalaciones*

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

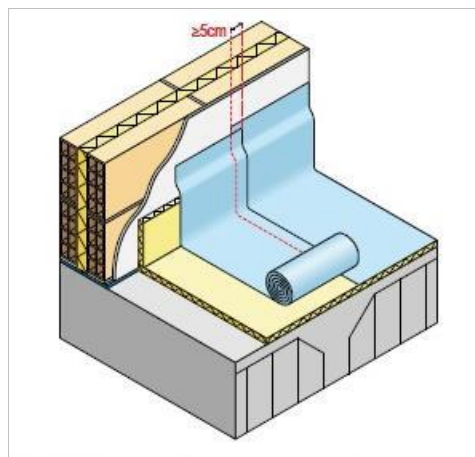
Cuando la capa anti-impacto es de paneles semirrígidos, *figura 32* (paneles de LM o EEPS), se colocará una capa niveladora de relleno (arena, mortero pobre, etc.).



*Figura 32: Encuentro de un suelo flotante de paneles semirrígidos con un conducto de instalaciones*

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

Una vez que se haya colocado la capa anti-impacto, en caso de ser necesario, se colocará tal y como indica la *figura 33* una barrera impermeable a matajuntas con un solape mínimo de 5 cm entre las distintas piezas de film, cubriendo totalmente la capa anti-impacto incluido el zócalo.

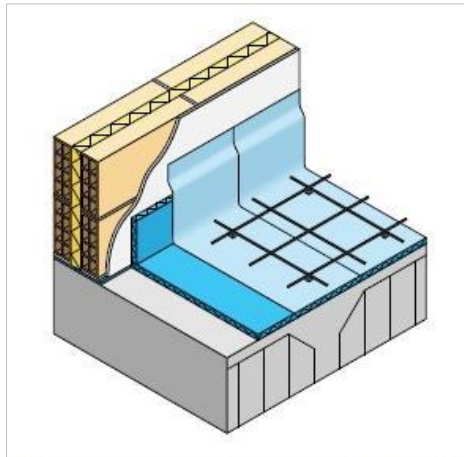


*Figura 33: Colocación de la barrera impermeable sobre la capa anti-impacto*

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

A continuación, se enumeraran las fases de ejecución necesarias para cada tipo de suelo flotante (de niveladora de mortero, yeso laminado o tarima de madera), desarrollándose únicamente aquellos aspectos que no se han explicado anteriormente.

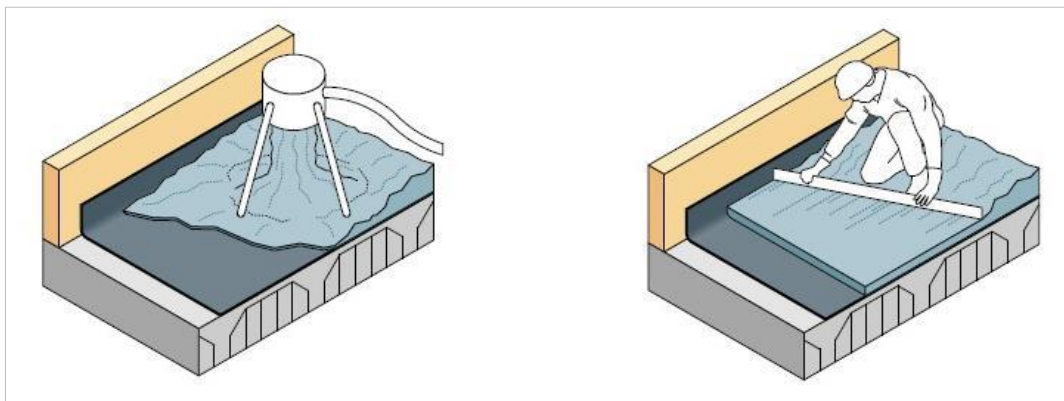
En el caso del suelo flotante de mortero de cemento, en primer lugar se colocará la capa anti-impacto, la barrera impermeable si fuera necesaria, y posteriormente, antes de la capa de mortero, el mallazo de reparto para armar el suelo flotante cuando sea necesario por los requerimientos mecánicos, como se observa en la *figura 34*.



*Figura 34: Colocación del mallazo en un suelo con capa anti-impacto de EEPS*

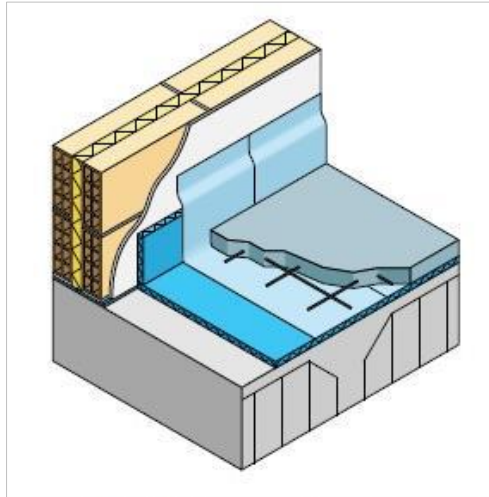
Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

Una vez colocado el mallazo de reparto, tal y como se indica en las *figuras 35 y 36* y solo si es necesario, se debe verter un espesor mínimo de 5 cm de mortero de cemento y una vez vertido éste, antes de que fragüe, se alisa y se nivela.



*Figura 35: Vertido y nivelación de la capa niveladora en el suelo con capa anti-impacto de polietileno reticulado*

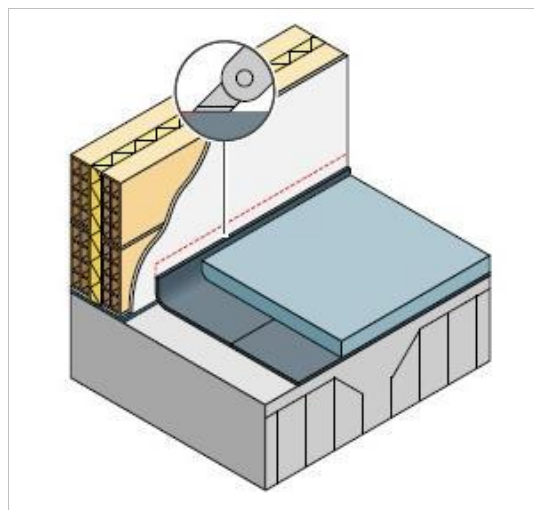
Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]



*Figura 36: Vertidos y nivelación de la capa niveladora en el suelo con capa anti-impacto de EEPS*

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

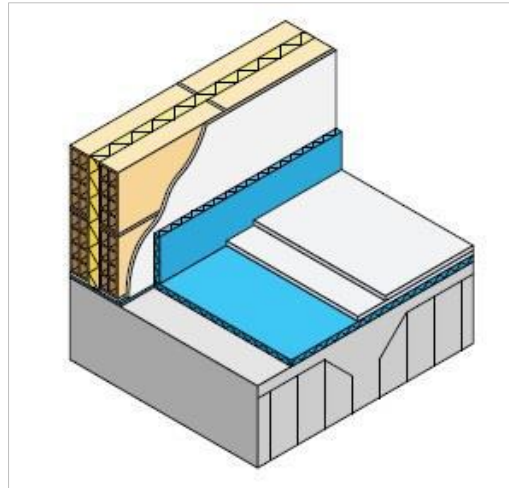
Fraguada la capa niveladora de mortero, se corta la capa anti-impacto y la barrera impermeable que sobresalga por encima de la misma, quedando el suelo flotante listo para la ejecución del solado o acabado final. Una vez finalizado el acabado final y como se ve en la *figura 37*, se retirara el material sobrante perimetral de la capa anti-impacto y la capa impermeable si la hubiera.



*Figura 37: Retirada del material sobrante perimetral del suelo con capa anti-impacto de PE*

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

En el caso del suelo flotante de yeso laminado, colocaremos en primer lugar la capa anti-impacto de LM o EPPS como se ha indicado anteriormente, y posteriormente las placas de yeso laminado como se disponen en la *figura 38*.



*Figura 38: Colocación de las placas de yeso laminado en el suelo con capa anti-impacto de EEPS*

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

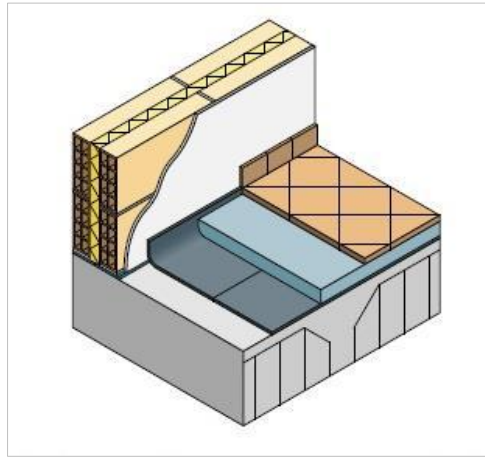
Una vez colocadas las placas de yeso laminado, se corta la capa anti-impacto que sobresale por encima de las mismas, quedando el suelo flotante listo para la ejecución del solado o acabado final.

Y respecto al último tipo, el suelo flotante de tarima de madera, se colocará la capa anti-impacto de LM o PE y encima, las piezas de la tarima de madera siguiendo siempre las instrucciones del fabricante.

Una vez colocadas las piezas de la tarima de madera, como en los casos anteriores, se corta la capa anti-impacto que sobresale por encima de las mismas.

Finalmente, colocaremos el rodapié de madera como aparece en la *figura 39*.

Por último, para acabar nuestro suelo flotante, en los casos de suelo flotante de mortero de cemento o suelo flotante de placa de yeso laminado, se coloca el pavimento y el rodapié, siguiendo las indicaciones del fabricante.



*Figura 39: Colocación del pavimento y rodapié en el suelo con capa anti-impacto de polietileno reticulado*

Fuente: Hyspalyt, cerámica para construir [en línea]

A continuación, una vez entendido el funcionamiento y ejecución del suelo flotante, se analizará, de manera más práctica como estudio de caso, un edificio dotado de este sistema en la totalidad de sus pavimentos.

#### 4. ANÁLISIS DE UN EDIFICIO PLURIFAMILIAR

En este capítulo, se analizará un edificio en el que se ha empleado el suelo flotante para cumplir con la normativa de aislamiento acústica. Este en concreto, es el proyecto de obra de un edificio plurifamiliar situado en Sant Quirze del Vallès, Cataluña (España).

El motivo de la elección de un edificio situado en España es simplemente la construcción de suelo flotante en todo el conjunto, como es el caso concreto de este proyecto, a diferencia de un edificio situado en Rio de Janeiro, donde solo encontramos suelo flotante en la zona de “cinema” de algunos edificios, ya que este no está aún integrado en la construcción brasileña, y parte de la culpa de ello la tiene la normativa.

En la actualidad, este edificio se encuentra en construcción. Se trata de un edificio presentado a concurso en Julio de 2008, el cual debía cumplir la normativa NBE CA 88 hasta que no se aprobara el CTE DB HR, pero debido a todos los retrasos en el concurso, entró en vigor el DB HR (poco después del CTE) y éste se ha tenido que modificar para cumplir la actual normativa.

El proyecto ha sido realizado por AMSA Arquitectura, situado en Castelldefels (08860), Catalunya, España. Y la promotora encargada de la construcción es COMU Sant Quirze del Vallès, S.L., que se encuentra en el mismo municipio donde se realiza el proyecto.

El edificio se encuentra en la comarca del Vallès Occidental (Catalunya), concretamente en el centro urbano de la población de Sant Quirze del Vallès (08192), cuya altitud es de 188 metros sobre el nivel del mar.

El solar (suelo urbano) se encuentra, como se observa en las *figuras 40, 41 y 42*, en la illa delimitada por las calles Joan Oliver, Frederica Montseny, Clementina Ardeiru i la Ronda Santa Julita. Este tiene 7.359 m<sup>2</sup>, forma irregular y con una pequeña pendiente hacia la calle Frederica Montseny, y los usos permitidos son usos residenciales. Actualmente está parcialmente edificado con un edificio paralelo a la Ronda Santa Julita. El edificio plurifamiliar de estudio es aislado, sin medianeras con edificios colindantes y se encuentra concretamente en calle Frederica Montseny – calle Clementina Arderiu nº 6. A él se accede por la plaza pública de la misma parcela situada en el interior de la illa y el parking tiene acceso por la calle Frederic Monsteny.





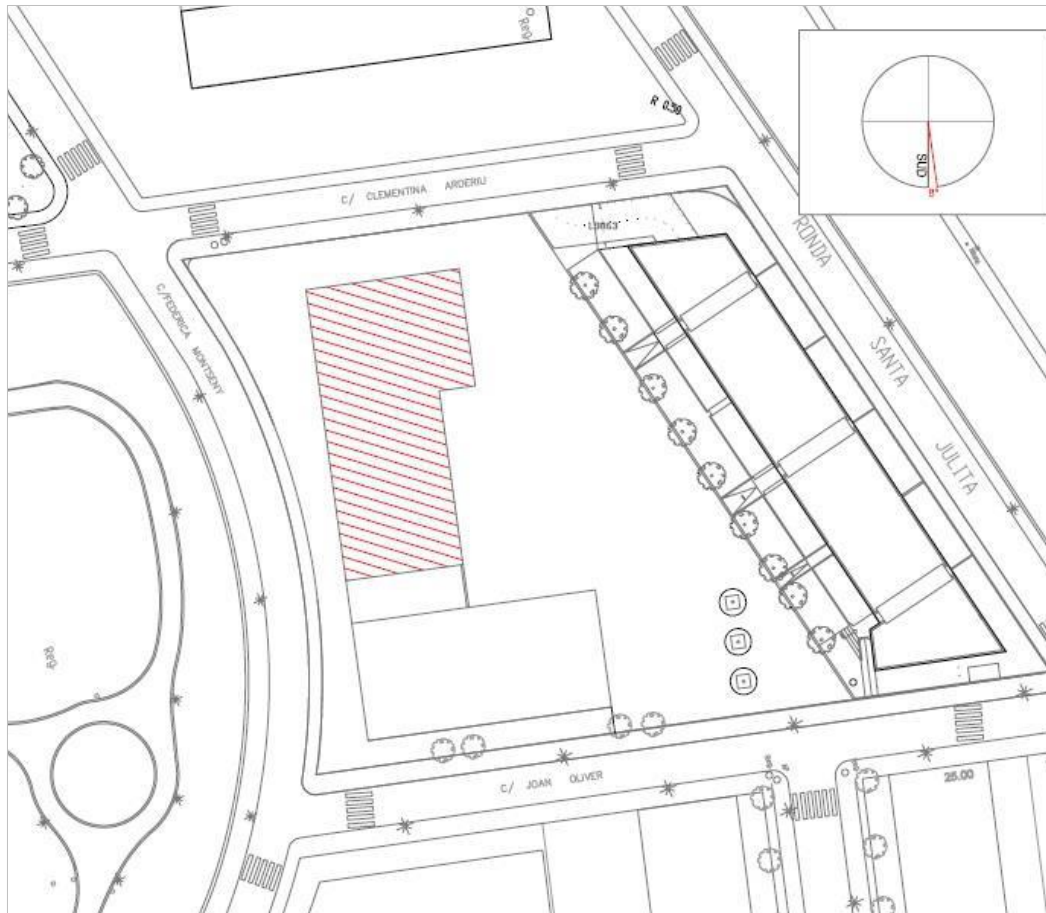
*Figura 40: Solar y alrededores antes de empezar la construcción*

Fuente: Google Earth



*Figura 41: Solar antes de empezar la construcción*

Fuente: Google Earth



*Figura 42: Emplazamiento del edificio*

Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.

En las *figuras 43 y 44* se observa el solar, antes de empezar con la construcción, desde las dos esquinas que formaran parte del edificio estudiado.



*Figura 43: Solar visto desde calle Frederica Montseny – calle Clementina Arderiu*

Fuente: Google Maps



*Figura 44: Solar visto desde calle Joan Ovíe – calle Frederica Montseny*

Fuente: Google Maps

Este consta de planta baja más tres plantas dedicadas a viviendas, dos plantas subterráneas dedicadas a parking y planta cubierta accesible para mantenimiento de instalaciones de servicios técnicos como placas solares, aparatos de aire acondicionado, etc. En la *figura 45* se puede observar un render en 3D de lo que sería el edificio una vez finalizado.



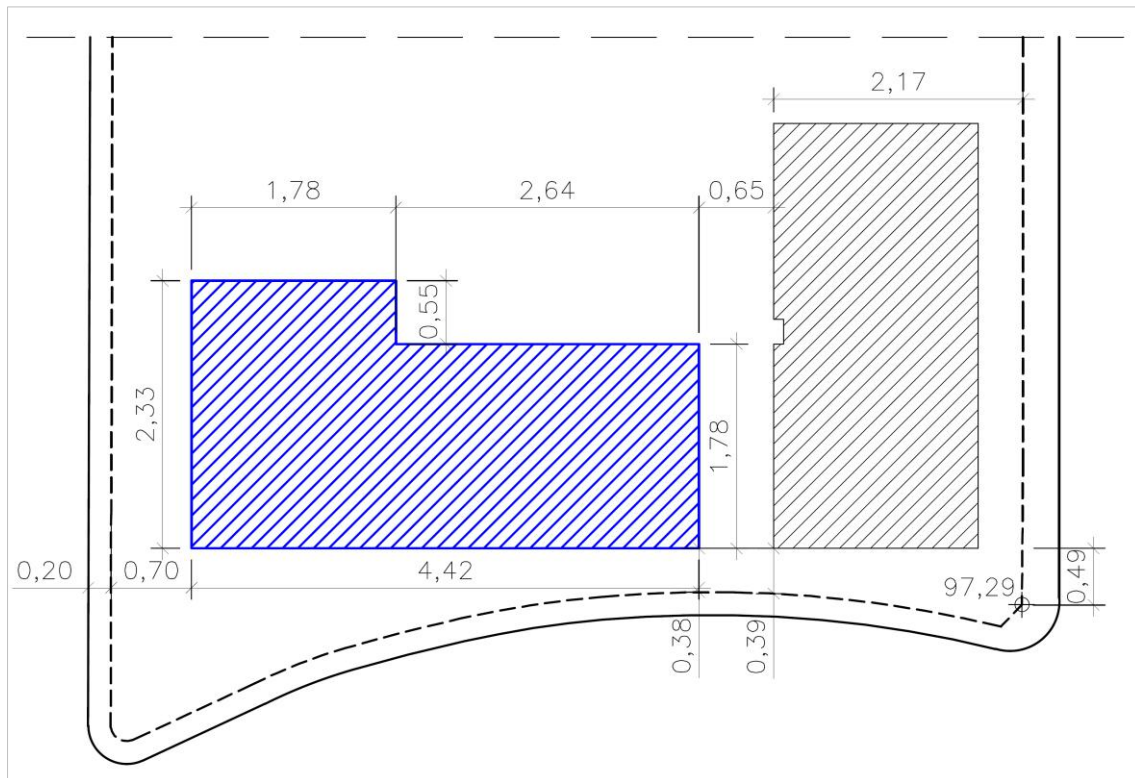
*Figura 45: Representación en 3D del edificio*

Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.

Como se puede observar en la figura anterior, para este proyecto se han escogido los mismos materiales de acabado que el edificio ya construido en la misma illa para presentar

un aspecto más homogéneo. Estos son hormigón y piedra natural blancos, y acabados de aluminio anodizado de color grafito.

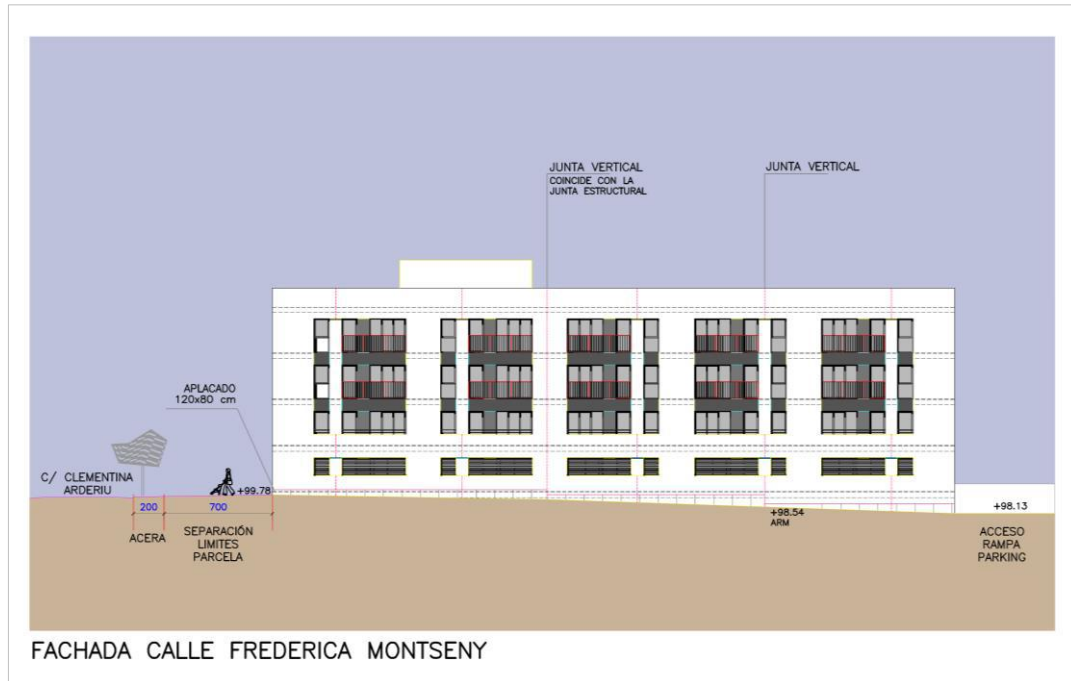
En la siguiente *figura 46* se muestran las dimensiones totales del edificio en cuanto a fachadas se refiere y su separación con el edificio más cercano, aún en proyecto.



*Figura 46: Proyección acotada del edificio en la parcela*

Fuente: Cristian Bernad Rodriguez

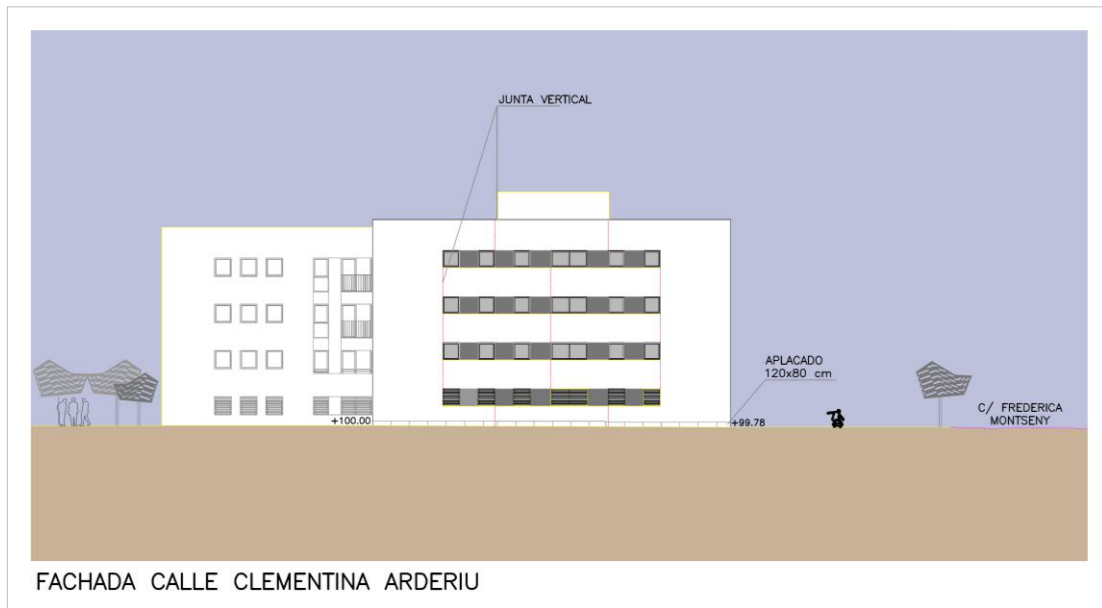
Y en las siguientes *figuras 47, 48, 49 y 50* se muestran los alzados de las tres fachadas principales y una sección de la fachada de acceso al parking. En ellas se pueden observar las cotas de partida, los acabados tanto de carpintería como de aplazado y hormigón, la distribución de puertas y ventanas y terrazas, las juntas verticales y la separación límite de parcela del edificio hasta la acera.



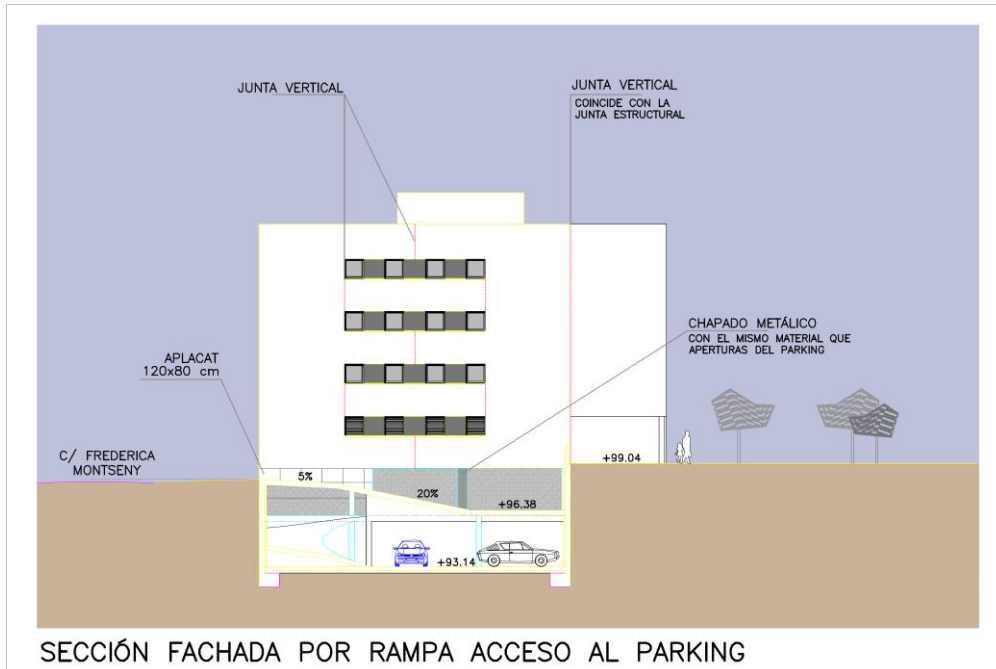
*Figura 47: Fachada Calle Frederica Monyseny*  
 Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.



*Figura 48: Fachada a la plaza interior*  
 Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.



*Figura 49: Fachada Calle Clementina Arderiu*  
 Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.



*Figura 50: Sección fachada por la rampa de acceso al parking*  
 Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.

A continuación, se muestran las superficies construidas y útiles divididas, en primer lugar por plantas en la *tabla 9*, y en segundo lugar por zonas (viviendas, zonas comunes, etc.) en la *tabla 10*.

*Tabla 9: Superficies construidas totales del edificio por plantas*

Planta	Superficie construida		
Planta subterránea 1	1.000,36 m <sup>2</sup>		
Planta subterránea 2	1.000,36 m <sup>2</sup>		
Planta baja	884,66 m <sup>2</sup>	Porche	34,55 m <sup>3</sup>
		Z. comunes	127,75 m <sup>2</sup>
		Viviendas	722,75 m <sup>2</sup>
Plantas tipo (1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup> )	884,66 m <sup>2</sup>	Z. comunes	93,86 m <sup>2</sup>
		Viviendas	790,80 m <sup>2</sup>
Planta cubierta	61,98 m <sup>2</sup>		

Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.

*Tabla 10: Superficies útiles y construidas por zonas*

Zona	Cantidad	Superficie útil	Superficie construida
Viviendas	43	2589,02 m <sup>2</sup>	3095,15 m <sup>2</sup>
Parkings	60	1489,20 m <sup>2</sup>	2000,72 m <sup>2</sup>
Trasteros	52	158,66 m <sup>2</sup>	
Comunes	-		505,47 m <sup>2</sup>

TOTAL	4236,88 m <sup>2</sup>	5601,34 m <sup>2</sup>
-------	------------------------	------------------------

Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.

En el interior del edificio se observa la siguiente distribución.

En las plantas subterráneas 1 y 2 se dispone de 28 y 32 plazas de parking respectivamente, cada una con su trastero correspondiente.

En la planta baja se encuentra el porche de acceso al edificio donde se han situado los cuartos de contadores (eléctrico, agua), un cuarto de residuos, la puerta de entrada a las escaleras que bajan al parking y la entrada al edificio (dotada de rampa). El proyecto se estructura con un solo núcleo de comunicación vertical. Este núcleo consta de un vestíbulo con dos ascensores y escalera de una tramada, y distribuye a través de un pasillo a un total 10 viviendas. El proyecto del edificio garantiza a las personas con movilidad reducida o cualquier otro tipo de limitación, su accesibilidad, con el cumplimiento de la normativa vigente.

Las tres plantas tipo poseen de la misma distribución con el vestíbulo central donde encontramos los dos ascensores y la escalera y desde el que podemos acceder a 11 viviendas en cada planta.

En el conjunto de las cuatro plantas habitables, encontramos tres tipos de vivienda. Una que consta de comedor-salón, cocina independiente, tres dormitorios, baño, pasillo y terraza; un segundo tipo que consta de cocina-comedor-salón, un dormitorio, baño, pasillo y lavadero; y un tercero, que consta de cocina-comedor-salón, dos dormitorios, baño, pasillo, lavadero y terraza.

Y finalmente, la planta cubierta que dispone de un pequeño distribuidor donde se encuentra la maquinaria del ascensor, una zona de limpieza, el local técnico del sistema energía solar y dos puertas de acceso a la cubierta transitable para el mantenimiento de instalaciones y la colocación de placas solares, maquinaria de aire acondicionado, etc.

Una vez descrito el edificio, toca analizar este teniendo en cuenta la división de zonas y los sistemas constructivos de este que afectan al CTE DB HR.

Haciendo referencia al DB HR y tal como se puede observar en el *cuadro 29* y posteriores planos, dividimos todas las plantas del edificio en 4 zonas.



*Cuadro 29: Zonificación del edificio para aislamiento acústico*

Recinto habitable no protegido
Recinto habitable protegido
Recinto no habitable
Recinto instalaciones

Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.

En las zonas de recinto habitable no protegido se encuentran el baño, la cocina y el lavadero; en las zonas de recinto habitable protegido, comedor-salón y dormitorios; en las zonas de recinto no habitable, las zonas comunes como pasillos y escalera; y en los recintos de instalaciones encontramos el ascensor y los cuarto de contadores (electricidad, agua) y residuos, que se encuentran solo en la planta baja.

En el caso de la planta cubierta, solo disponemos del hueco de escalera con la zona de limpieza, considerado recinto no protegido; y el local técnico y maquinaria del ascensor, considerados recinto de instalaciones.

Y en las dos plantas subterráneas destinadas a parking, solo encontramos...

A continuación, en las *figuras 51, 52, 53, 54 y 55* y para facilitar la comprensión de esta zonificación, se muestran las diferentes plantas del edificio con la zona de cada recinto marcado de un color diferente, indicado en la leyenda.

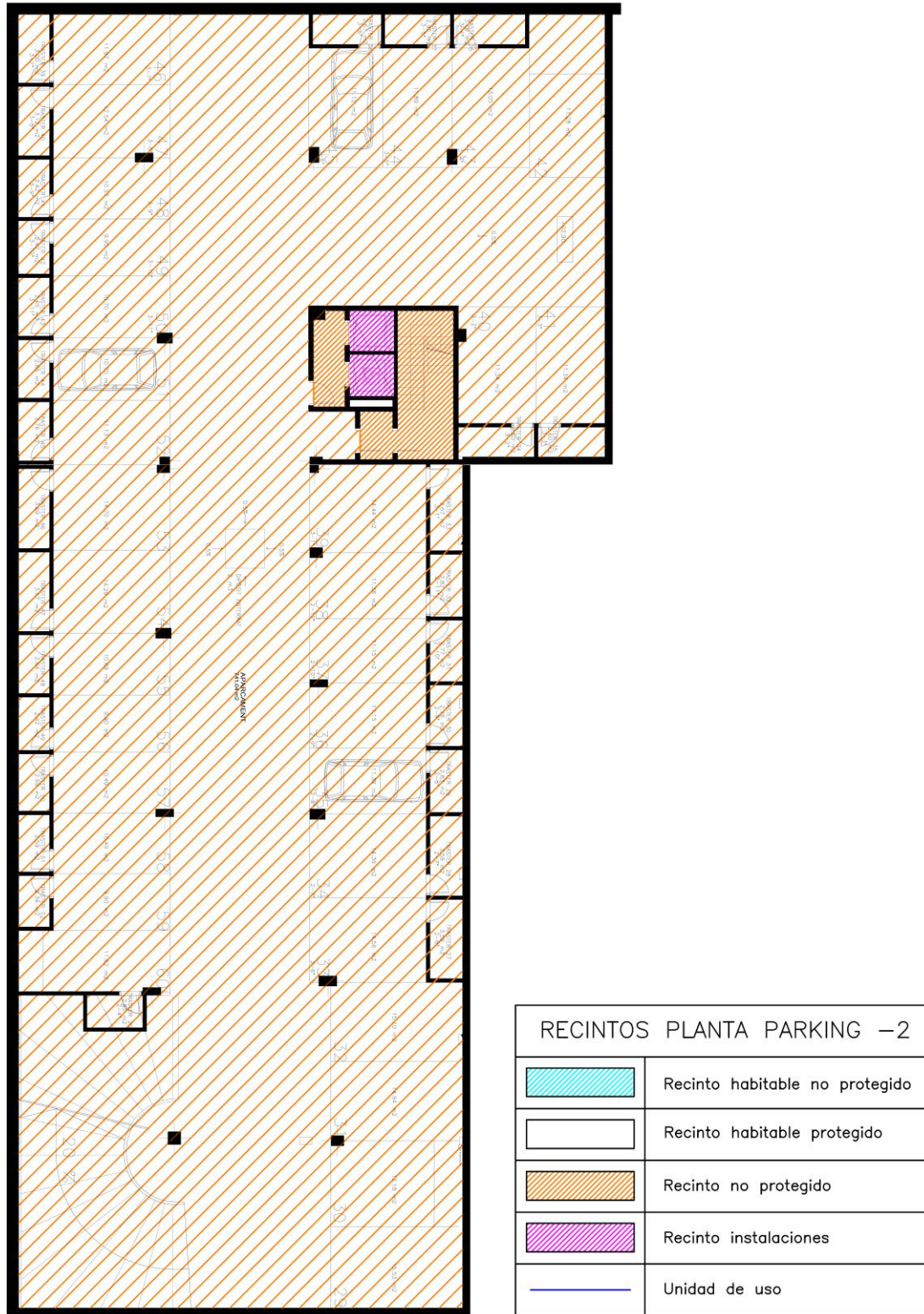


Figura 51: Plano de recintos de planta parking -2

Fuente: Cristian Bernad Rodriguez

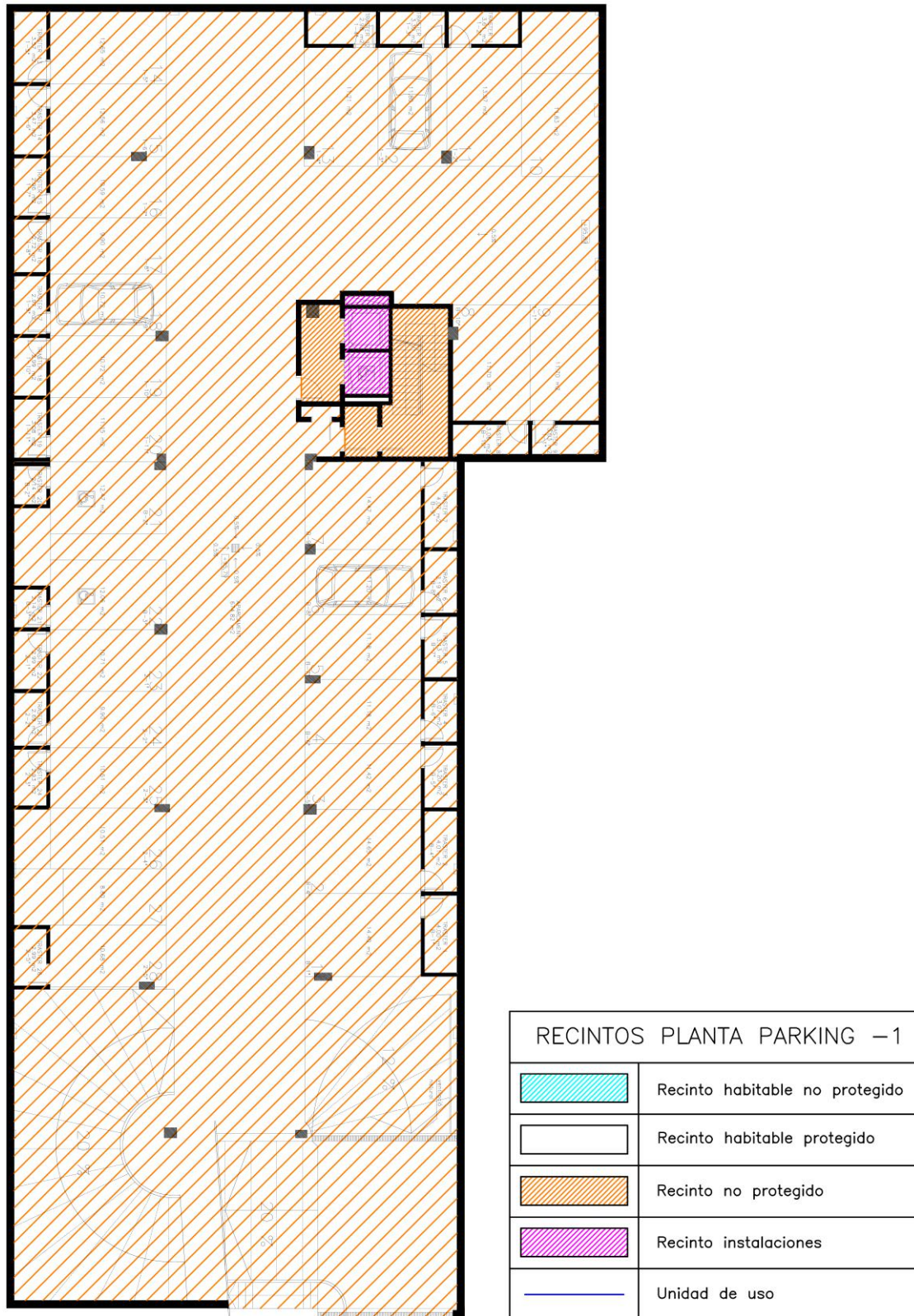


Figura 52: Plano de recintos de planta parking -1

Fuente: Cristian Bernad Rodriguez



Figura 53: Plano de recintos de planta baja

Fuente: Cristian Bernad Rodriguez



Figura 54: Plano de recintos de planta tipo

Fuente: Cristian Bernad Rodriguez



Figura 55: Plano de recintos de planta cubierta

Fuente: Cristian Bernad Rodriguez

Una vez zonificadas todas las plantas según los cuatro tipos de recintos, se analizarán todas ellas según lo indicado en el DB HR que afecte a las divisorias horizontales.

Por lo que respecta a las dos plantas subterráneas -2 y -1, observamos que aproximadamente el 90% de ellas es recinto no protegido y se podría decir que el 10% restante es recinto de instalaciones. Por lo tanto, no es necesario dotar de suelo flotante ninguna zona de estas.

Tanto en la planta baja como en las plantas tipo, ya encontramos los cuatro tipos de recinto. Como se ha dicho anteriormente, las escaleras y pasillos son recintos no protegidos; la zona de ascensores es un recinto de instalaciones; una vez dentro de las viviendas, el baño, cocina y lavadero son zonas habitables no protegidas; y la única zona habitable protegida son los dormitorios y comedor-salón. Por lo que solo deberíamos ejecutar el suelo flotante en estos últimos que forman parte de la zona habitable protegida.

Pero, como se ha contemplado en el capítulo anterior, “la manera más efectiva de aislar el ruido de impactos es entonces la de emplear suelos flotantes, que deben instalarse no sólo en los recintos dispuestos encima de otras unidades de uso, sino también en los recintos que colinden vertical, horizontalmente o tengan una arista horizontal común con recintos protegidos de una unidad de uso”, por lo tanto, la única opción que se puede elegir en este caso es dotar toda la superficie de suelo flotante. La única excepción que encontramos es la escalera de bajada al parking con acceso desde el porche de entrada, ya que no colinda horizontalmente con ningún recinto protegido.

Y finalmente, en la planta cubierta, indicado anteriormente, solo se dispone del hueco de escalera el cual se puede dividir en recinto no protegido (pasillo distribuidor) y recinto de instalaciones (maquinaria de ascensor y taller técnico de las diversas instalaciones). En este caso, no es necesario, como en el caso de las plantas subterráneas, dotar la planta cubierta de suelo flotante. Pero sin embargo, al tener una arista horizontal en común con recintos protegidos, tenemos que disponer de suelo flotante, para evitar la transmisión del ruido como se mostraba en la *figura 11* del capítulo 3.6 de esta monografía.

Seguidamente, y siguiendo el mismo esquema de la sección de la *figura 12* que aparece en el DB HR, se muestran en las *figuras 56 y 57* dos secciones del edificio estudiado, donde se marca con color rojo las zonas de cada planta donde se colocará el suelo flotante.

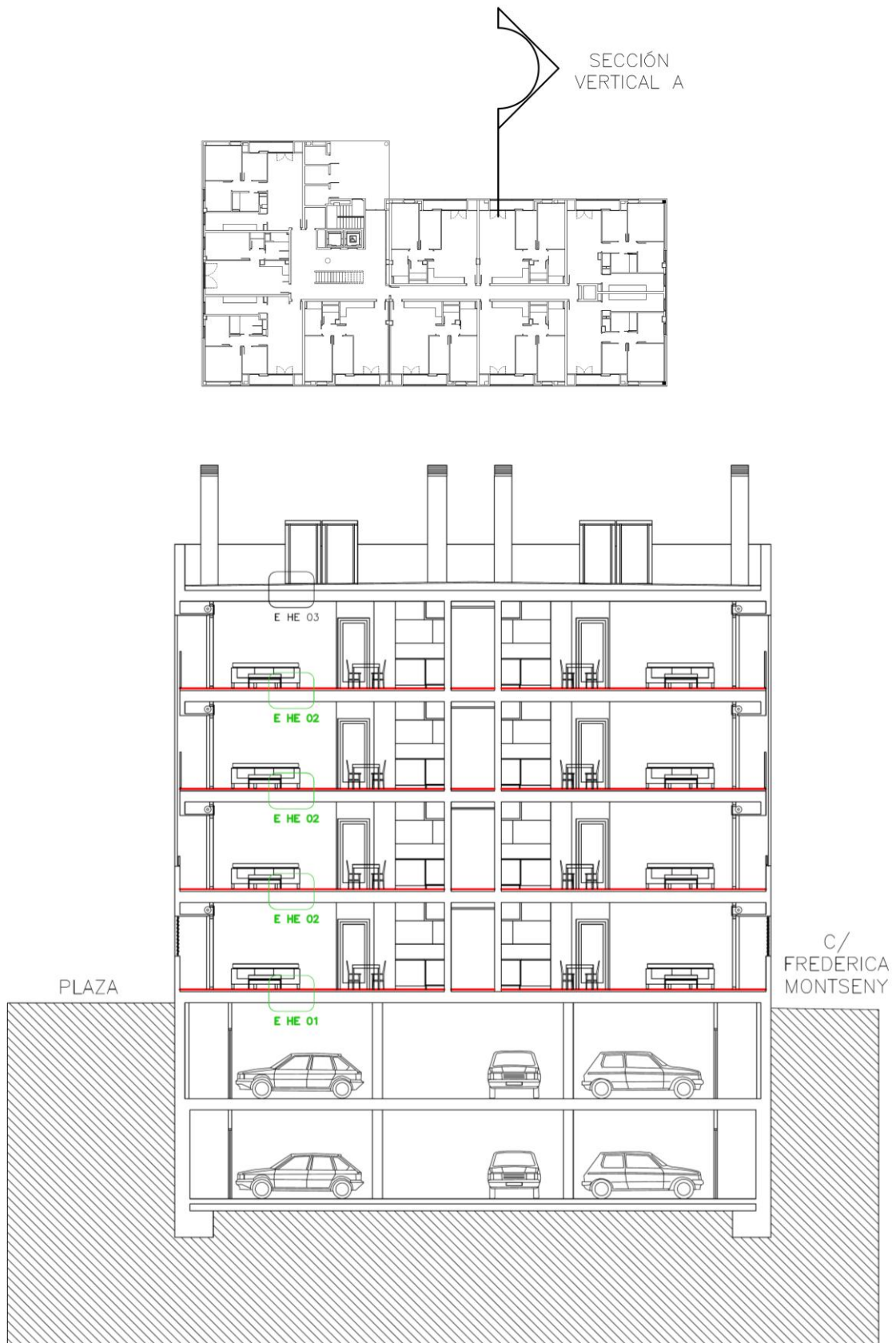
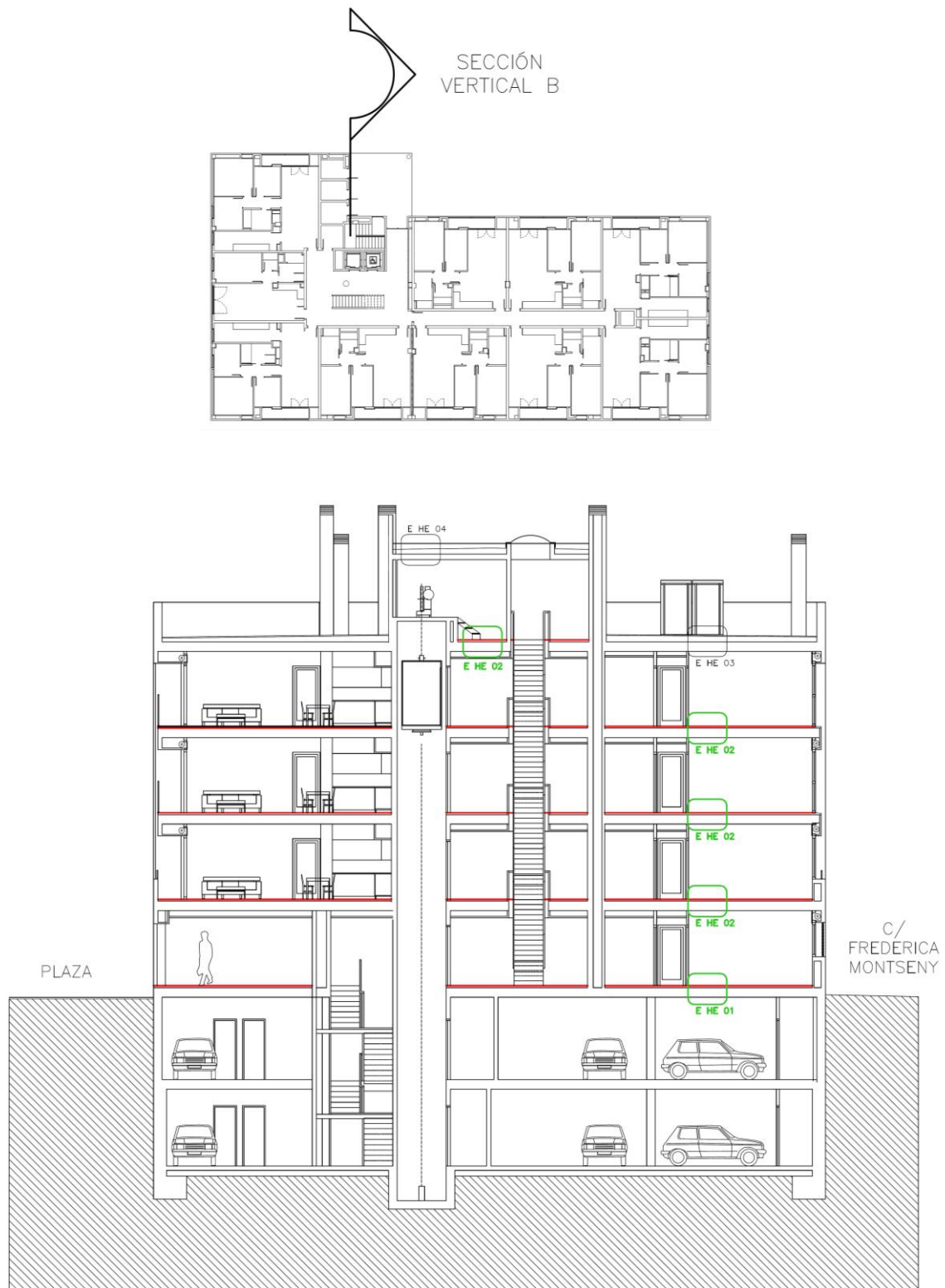


Figura 56: Sección vertical A

Fuente: Cristian Bernad Rodriguez





*Figura 57: Sección vertical B*

Fuente: Cristian Bernad Rodriguez

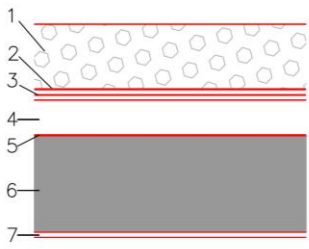
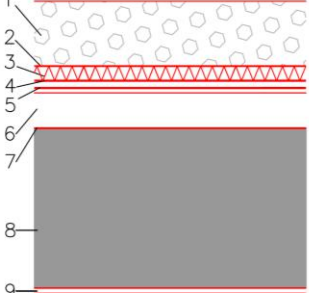
Como se puede ver en las dos secciones verticales (A y B) de las figuras anteriores, en el conjunto del edificio se han clasificado los suelos en cuatro tipos dentro las siguientes tipologías: E HE 01, E HE 02, E HE 03 y E HE 04. La nomenclatura “E HE” es una nomenclatura adoptada por el despacho de arquitectura para referirse a “Estructura Horizontal-Estructura”.

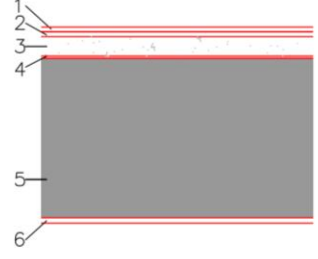
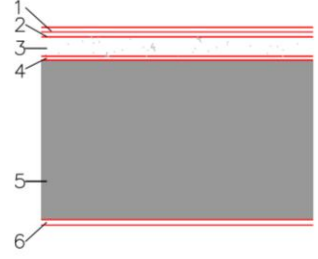
En el siguiente *cuadro 30* se describen, acompañados de una sección tipo, cada uno de los forjados.

En caso del suelo flotante, como se ha marcado en las secciones verticales anteriores, hay que fijarse en la tipología de forjado E HE 01 y E HE 02.

La tipología E HE 01 es la que se encuentra en la planta baja, y la tipología E HE 02 es la colocada en los forjados de la planta primera, planta segunda, planta tercera y en el hueco de escalera de la planta cubierta.

*Cuadro 30: Tipologías de forjado empleadas en la construcción del edificio*

E HE 04	POSICIÓN	CUBIERTA ESCALERA <span style="float: right;">E=439 mm</span>
	DESCRIPCIÓN	1 CANTO RODADO/PIEZAS PREFAB. HORMIGÓN CELULAR 2 CAPA ANTIPUNZONAMIENTO GEOTÉXTIL 3 DOBLE LÁMINA IMPERMEABLE LBM-40 FP+LO-30 4 HORMIGÓN CELULAR (HORMIGÓN PENDIENTES 125mm) 5 BARRERA DE VAPOR 6 FORJADO 200 mm 7 ENYESADO
E HE 03	POSICIÓN	CUBIERTA <span style="float: right;">E=603 mm</span>
	DESCRIPCIÓN	1 CANTO RODADO/PIEZAS PREFAB. HORMIGÓN CELULAR 2 CAPA ANTIPUNZONAMIENTO GEOTÉXTIL 3 POLIESTIRENO EXTRUIDO 30 Kg/m3 6 cm 4 CAPA SEPARADORA GEOTÉXTIL 5 DOBLE LÁMINA IMPERMEABLE LBM-40 FP+LO-30 6 HORMIGÓN CELULAR (HORMIGÓN PENDIENTES 125mm) 7 BARRERA DE VAPOR 8 FORJADO 330 mm 9 ENYESADO

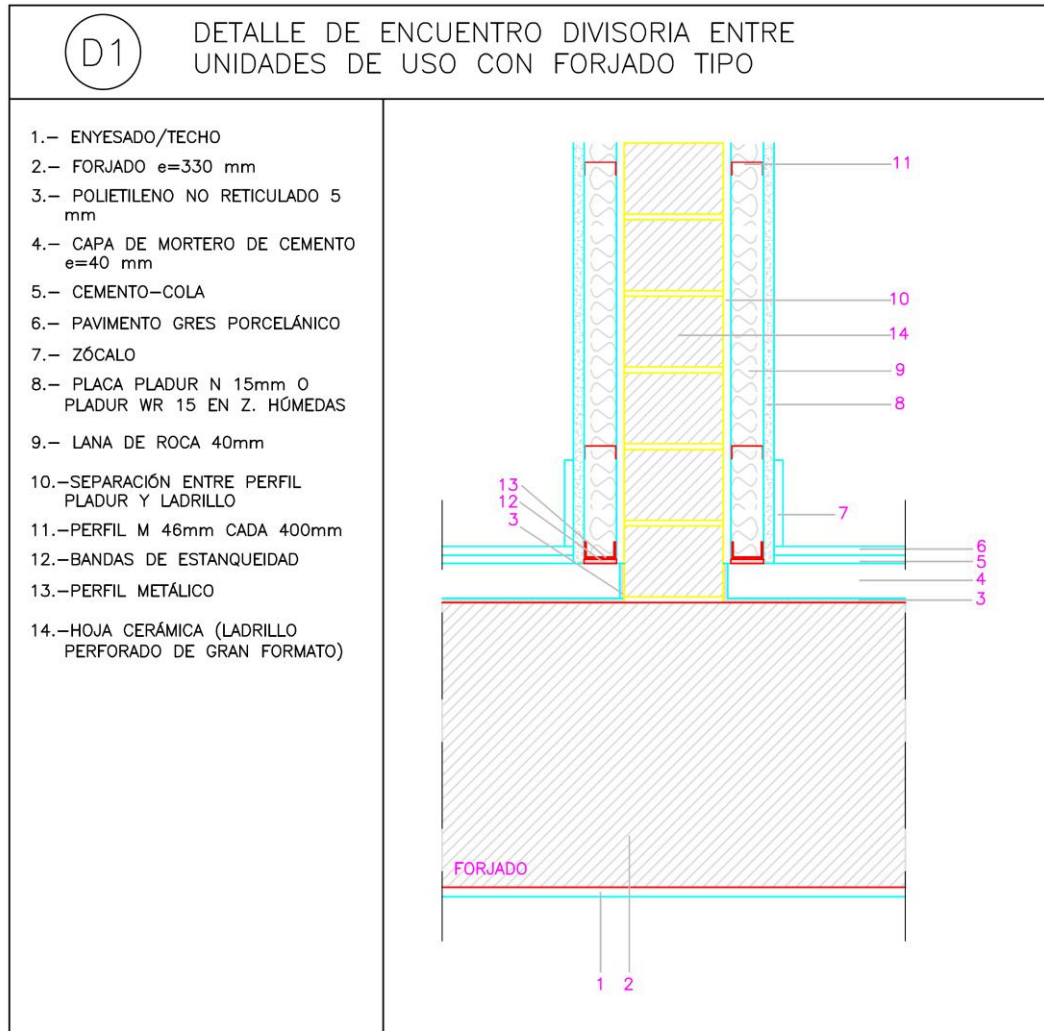
E HI 02	POSICIÓN	FORJADO PLANTA TIPO	E=406 mm
	DESCRIPCIÓN	1 PAVIMENTO GRES PORCELÁNICO 2 CEMENTO-COLA 3 CAPA DE MORTERO DE CEMENTO 40 mm 4 POLIETILENO NO RETICULADO 5 mm 5 FORJADO 330 mm 6 ENYESADO	
E HI 01	POSICIÓN	FORJADO PLANTA BAJA	E=409 mm
	DESCRIPCIÓN	1 PAVIMENTO GRES PORCELÁNICO 2 CEMENTO-COLA 3 CAPA DE MORTERO DE CEMENTO 40 mm 4 AIR-BUR TÉRMICO SYNC 8 mm 5 FORJADO 330 mm 6 PERLIFOC 11 mm	

Fuente: Cristian Bernad Rodriguez

Las dos secciones son prácticamente iguales excepto del material utilizado como aislante acústico en ambas. En la sección tipo E HE 01, se dispone de AIR-BUR TÉRMICO SYNC 8 mm y en la sección tipo E HE 02, POLIETILENO NO RETICULADO 5 mm. La diferencia de este material es simplemente el hecho de que debajo de la planta baja, se encuentra el parking que es un recinto no protegido y a su vez está en contacto con el exterior, y por tanto no necesitamos tanta protección acústica. El AIR-BUR TÉRMICO SYNC 8 mm actúa como aislante térmico frente a esta conexión del forjado con espacios exteriores, pero el simple hecho de que la lámina térmica esté situada debajo de la capa rígida y interrumpa el contacto de esta con elementos verticales ya construidos, esta actuando a la vez de aislante acústico.

Algunos de los motivos de la elección de polietileno no reticulado como lámina anti-impacto es debido a que es un material muy flexible, está compuesto de material reciclado y es reciclable 100%.

A continuación, una vez determinadas las zonas donde se ejecutará el suelo flotante, las características de este y materiales a utilizar, se observan en las *figuras 58, 59 y 60* los tres detalles constructivos más significativos para poder llevar a cabo su construcción.



*Figura 58: Detalle 1. Encuentro de una divisoria entre unidades de uso con un forjado tipo*

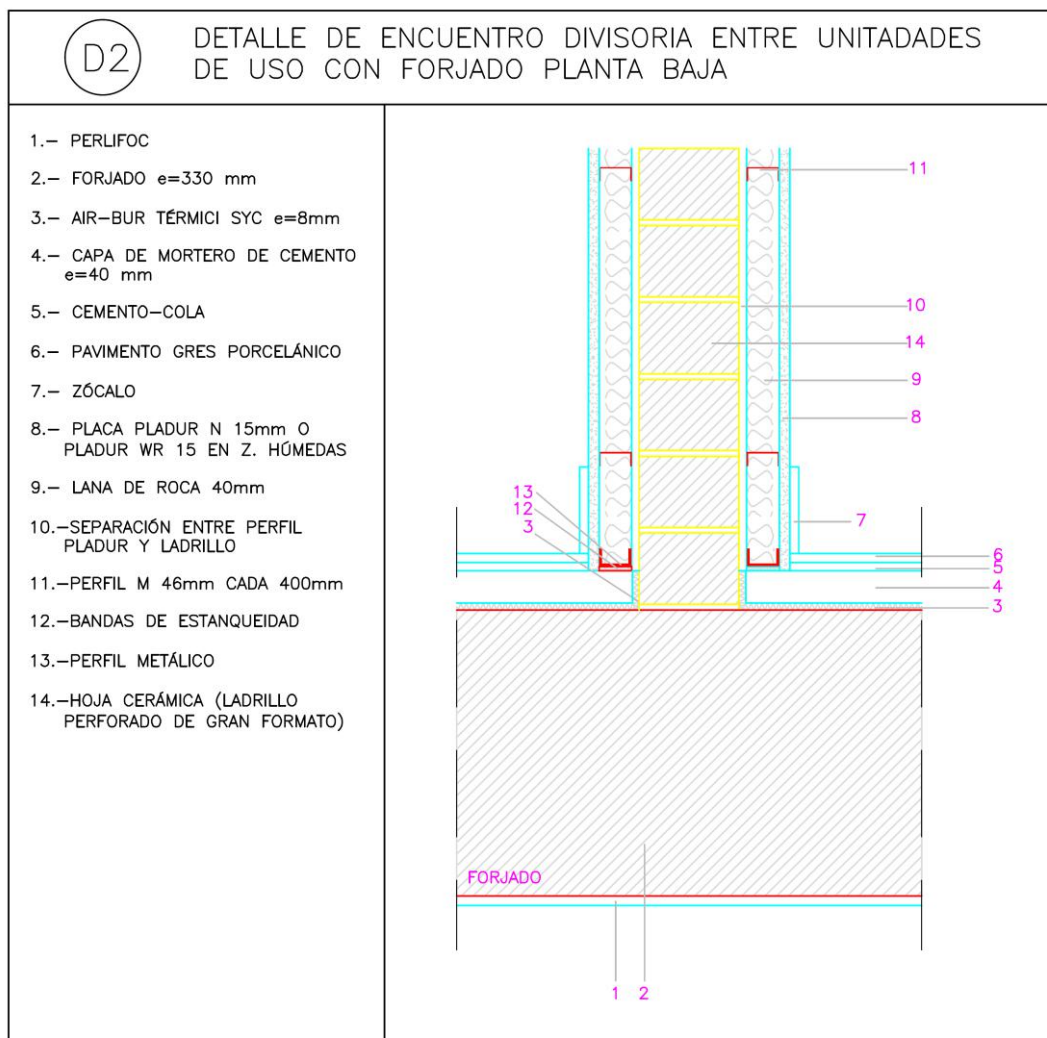
Fuente: Cristian Bernad Rodriguez

En este detalle constructivo, se observa, en primer lugar la colocación de la lámina anti-impacto sobre el forjado de hormigón, con su perteneciente doblado perimetral para evitar el contacto de la capa de mortero y acabado rígido con la hoja de cerámica.

Y encima de la lámina, se sitúa la capa de mortero de cemento, el cemento-cola y el acabado rígido de gres porcelánico. Todos estos detalles se observarán con facilidad en las fotografías mostradas posteriormente.

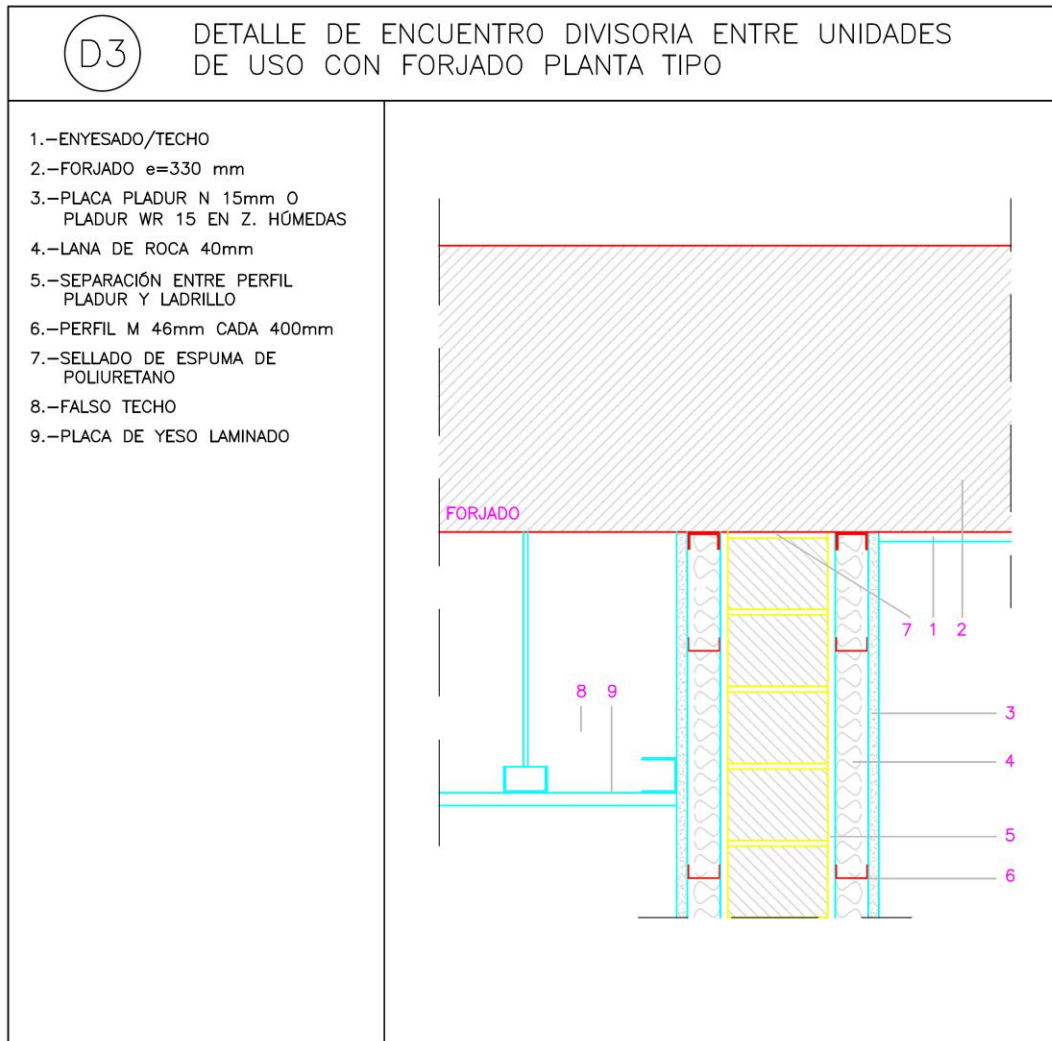
También es remarcable, el hecho de que el acabado rígido dista aún más del elemento vertical estructural, rompiendo así el contacto directo, gracias al pladur colocado en el dorso de éste. Cabe destacar, que la capa de mortero de cemento, no está armada ya que encima de él no se colocará ninguna carga lineal que pueda interrumpir el aislamiento y favorecer a la aparición de futuras patologías.

En el siguiente detalle constructivo de la *figura 59*, se observa exactamente la misma estructura que en el detalle anterior (por lo tanto, la misma estructura de forjado en planta baja que en planta tipo), exceptuando, como se ha comentado en la descripción de las tipologías de forjado, el material utilizado como aislante acústico, que en este caso es una lámina que actúa principalmente de aislante térmico.



*Figura 59: Detalle 2. Encuentro de una divisoria entre unidades de uso con forjado planta baja*

Fuente: Cristian Bernad Rodriguez



*Figura 60: Detalle 3. Encuentro de una divisoria entre unidades de uso con un forjado tipo*

Fuente: Cristian Bernad Rodriguez

Y por último, la *figura 60* no se trata de un detalle constructivo de suelo flotante pero es interesante mostrarlo ya que como se puede observar, en ciertas zonas de las unidades de uso, se dispone de falso techo. Como se comentó en el análisis del DB HR, este se suele emplear para reforzar el aislamiento acústico si fuera necesario con los valores y datos obtenidos según las tablas.

No sería el caso de este edificio, ya que el falso techo se ha ejecutado con el simple objetivo de facilitar el paso de instalaciones por el.

Conocidos los detalles constructivos a tener en cuenta, ya se tienen todos los datos para poder proceder a su ejecución una vez esté la estructura de paredes y forjado construida.

Seguidamente, y para acabar el análisis de este edificio, se mostrarán las imágenes tomadas a lo largo de la ejecución del suelo flotante en un comedor-salón y pasillo de una de las viviendas, siguiendo los pasos descritos en el capítulo 3.6 de esta monografía.

En primer lugar, en las *figuras 61 y 62* se muestra el forjado totalmente limpio, habiendo quitado previamente los posibles restos de obra de este, para evitar el debilitamiento y punzonamiento de la capa anti-impacto, como parte de las operaciones previas.



*Figura 61: Forjado de hormigón*

Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.



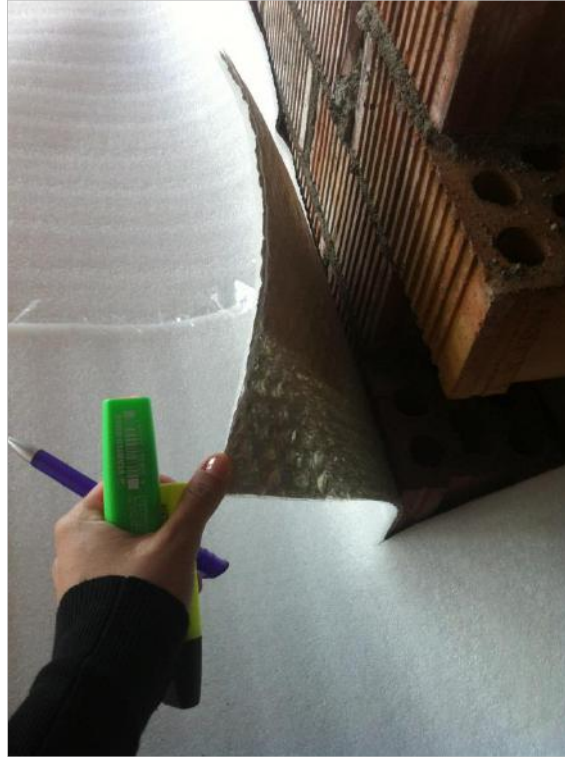
*Figura 62: Forjado de hormigón*

Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.

Una vez se tiene la zona limpia, empieza la ejecución de este, colocando la capa anti-impacto encima del forjado. En este caso, y como hemos visto en anteriores cuadros y detalles constructivos, se trata de una lámina de polietileno no reticulado de 5 mm de espesor. En este caso, al tratarse de una lámina flexible, la colocación se lleva a cabo solapando las capas entre sí 5 cm y fijándolas con cinta adhesiva como se puede observar en las *figuras 63, 64 y 65*.

Como se observa, el perímetro se soluciona con el doblado de la lámina en el encuentro con el elemento vertical y subiéndola hasta una altura en la cual quedará por encima de la capa rígida. En este caso, el acabado elegido es la más común. Como se mostraba en el capítulo 3.6 y en los detalles constructivos, se trata de suelo flotante de mortero, suelo húmedo formado por una capa de mortero de cemento, encima de la cual se colocará el acabado rígido de gres porcelánico.





*Figura 63: Lámina anti-impacto de polietileno no reticulado*

Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.



*Figura 64: Colocación de la lámina anti-impacto*

Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.



*Figura 65: Colocación de la lámina anti-impacto*

Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.

Colocada la capa anti-impacto de polietileno no extruido con espesor de 5 mm, se procede al vertido de la capa de mortero de cemento de 4 cm de espesor mostrado en las *figuras 66, 67, 68 y 69*.

Y, una vez vertido el mortero, antes de que este fragüe, se alisará y se nivelará como en las *figuras 70 y 71*.

En la descripción del capítulo 3.6 de la monografía, se indicaba que la capa de mortero debería ser como mínimo de 5 cm de espesor. En este caso, es de 4 cm ya que posteriormente se colocará una capa de 1 cm de cemento-cola, más el acabado de gres porcelánico.



*Figura 66: Vertido de la capa de mortero de cemento*  
Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.



*Figura 67: Vertido de la capa de mortero de cemento*  
Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.



*Figura 68: Vertido de la capa de mortero de cemento*  
Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.



*Figura 69: Vertido de la capa de mortero de cemento*  
Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.



*Figura 70: Alisado y nivelado de la capa de mortero de cemento*

Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.

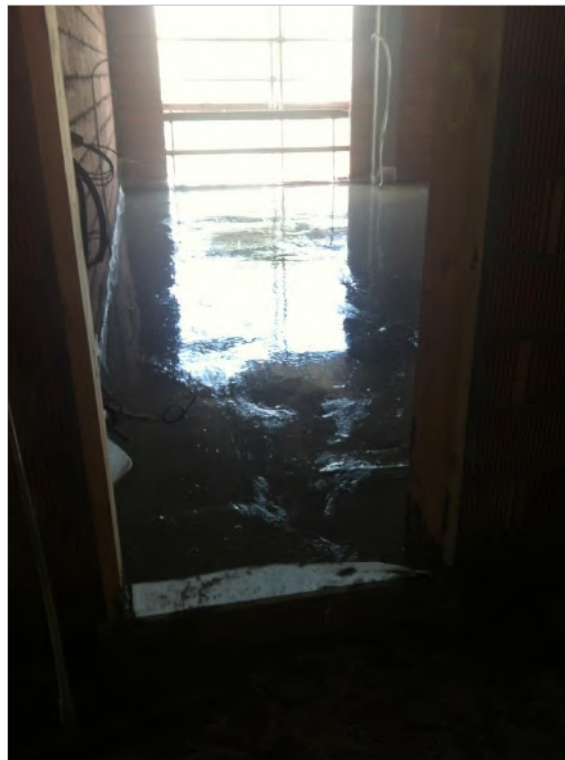


*Figura 71: Alisado y nivelado de la capa de mortero de cemento*

Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.

Y, una vez anivelada la capa de mortero de cemento, dejamos que fragüe como se muestra en las *figuras 72, 73, 74, 75 y 76* para después proceder a la colocación del acabado rígido.

En las *figuras 72, 73, 74 y 75*, se trata concretamente la zona del comedor-salón de una de las viviendas, mientras que la *figura 76*, se trata de la zona común que es el pasillo de distribución a las diferentes viviendas.



*Figura 72: Fraguado de la capa de mortero de cemento*

Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.



*Figura 73: Fraguado de la capa de mortero de cemento*  
Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.



*Figura 74: Fraguado de la capa de mortero de cemento*  
Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.



*Figura 75: Fraguado de la capa de mortero de cemento*

Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.



*Figura 76: Fraguado de la capa de mortero de cemento*

Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.



A continuación, en la *figura 77* se observa la solución tomada a elementos verticales como este caso es una columna. Como se ha comentado anteriormente, la capa anti-impacto debe evitar el contacto de la capa rígida con elementos verticales (pilares, divisorias, etc.) que ya estén contruidos para evitar así la transmisión del ruido por impacto.

En la *figura 78*, se ha realizado la misma operación pero en este caso se trata de las instalaciones, las cuales se han forrado con la lámina anti-impacto, evitando así la posible conexión entre los conductos de dichas instalaciones y la capa rígida.



*Figura 77: Solución de doblado ante elementos verticales ya contruidos*

Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.



*Figura 78: Solución de recubrimiento de conductos de instalaciones en el forjado*

Fuente: AMSA Arquitectura. Barcelona, España.

Fraguado el mortero de cemento, el último paso a llevar a cabo ahora es, en primer lugar, recortar el sobrante de lámina anti-impacto que sobresalga de la capa, quedando el suelo listo para la ejecución del solado final.

Para el solado final, en primer lugar se colocará una capa de cemento-cola encima de la capa de mortero, para posteriormente fijar los azulejos del pavimento de gres porcelánico.

Finalmente, una vez colocados los azulejos, se colocará el zócalo y el suelo flotante quedará totalmente ejecutado.

Respecto a las comprobaciones *in situ*, comentar que, como se ha dicho en el análisis de la normativa española CTE DB HR, estas no son de carácter obligatorio, y normalmente, solo se acostumbra a hacer si se tienen dudas del cumplimiento del material o es un caso importante. Por lo tanto, en los edificios de viviendas, como es el caso, no se suelen realizar.

Una vez acabado este análisis, se puede decir que este sistema se podría aplicar en las viviendas de nueva construcción en la arquitectura brasileña, ya que no difiere mucho este

sistema de ejecución del de un suelo convencional, de no ser por la falta de exigencia de la normativa brasileña, que con sus bajos valores no obliga al aislamiento acústico del edificio.

## 5. CONCLUSIONES

La construcción sostenible es, y cada día será más, un factor que ha ido poco a poco incorporándose en nuestras vidas y que se ha convertido en un aspecto muy importante a la hora de realizar cualquier tipo de proyectos en el mundo de la construcción.

En esta monografía, me he centrado en explicar uno de los principales problemas de la construcción de edificios y que afecta directamente en el confort de las personas que habitan en ellos: el aislamiento acústico, concretamente en el suelo flotante.

Cualquier construcción sostenible debería garantizar un buen aislamiento acústico. El estudio de esta monografía ha dado como resultado que el suelo flotante es el mejor aislante acústico para reducir de manera muy considerable el ruido de impacto que se produce al golpearlo.

Esta monografía me ha servido para conocer más a fondo el tema del aislamiento acústico, ya que en la universidad no es un tema que se trate con mucha profundidad a pesar de su importancia vital en la construcción. En mi opinión, habiendo vivido en Barcelona en un edificio antiguo y con vecinos en el piso superior y actualmente en Rio de Janeiro, pienso que tiene mucha importancia aislar acústicamente un edificio debido al gran impacto que el ruido tiene en la convivencia de las personas.

La elaboración de esta monografía también me ha ayudado a descubrir las diferencias que hay entre Brasil y España sobre las exigencias legales y constructivas respecto a este tema. Y me gustaría que, habiendo realizado el proyecto en Rio de Janeiro, esta monografía fuera de provecho a futuros estudiantes para tomar conciencia sobre la importancia que tiene el aislamiento acústico en la vida cotidiana de la sociedad igual que lo ha sido para mí, y que en un futuro se puedan mejorar las leyes para que éste deje de ser un problema.

Es interesante ver la poca conciencia que se tiene en la construcción sobre el aislamiento acústico en comparación, por ejemplo, con el aislamiento térmico, aunque en mi opinión la importancia de ambos debería ser repartida equitativamente dado el gran impacto que ambos tienen (o deberían tener) en la construcción, sobre todo en los casos de España y Brasil. En el caso de España podemos decir que la situación desde la aparición del CTE ha ido mejorando a pesar del largo camino que le queda por recorrer en términos de aislamiento acústico.

Por lo que se refiere a Brasil, después de pasar 5 meses viviendo en Rio de Janeiro, concluyo que existe una necesidad clara en el uso del aislante acústico en separaciones horizontales, a diferencia del aislante térmico, que no existiría una necesidad tan imperiosa en este caso dado el clima de la ciudad. Pero para ello, el primer punto donde hay que incidir es en la normativa ya que con unos valores tan bajos en las exigencias actuales, nunca se llegará a la obligación de dotar un edificio de las medidas necesarias para aislarlo acústicamente. Aislar una ciudad acústicamente, con suelo flotante, por ejemplo, es importante ya que, en una ciudad como Rio de Janeiro, evitaría el ruido de impacto producido por el constante movimiento en los apartamentos, hoteles, oficinas, el tráfico, etc., ya que es una ciudad con una actividad constante. Rio nunca duerme.

Respecto a las separaciones verticales, aunque no las he incluido en la monografía, me gustaría destacar la necesidad de aislamiento acústico de las fachadas de los edificios de la ciudad debido a la cantidad de ruido procedente desde el exterior, principalmente por el tráfico, y especialmente en la zona sur, que es la zona más turística.

Para llevar a cabo una buena concienciación sobre la sostenibilidad y el aislamiento acústico, creo que habría que incidir principalmente en dos factores muy importantes en el mundo de la construcción: la formación y la concienciación de los agentes que intervienen en ella. Actualmente, sería un buen momento para dar este paso ya que Brasil está en constante demanda de profesionales y mano de obra cualificada en el mundo de la construcción, en gran parte por su crecimiento en cuanto a eventos a celebrar en Rio de Janeiro.

Para tener una idea de ello, creo que es inevitable hacer una reflexión sobre cómo afecta la normativa de aislamiento acústico española a los agentes que intervienen en la construcción.

En el capítulo dos se explicaban los tres tipos de capital que se tienen en cuenta a la hora de realizar una construcción sostenible, y es en el capital tecnológico donde entra en juego el conocimiento. Personalmente, pienso que la educación es uno de los puntos donde hay que empezar a enfatizar la importancia del aislamiento acústico para poder llevar a cabo gran parte de lo explicado anteriormente.

La creación de lazos entre ideas, conceptos, enfoques y valores en la educación sobre el medio ambiente suele conducir a un tipo de aprendizaje práctico basando en la

realización de proyectos. Tanto en la escuela primaria como en la universidad, la educación sobre el desarrollo sostenible traspasa las viejas fronteras indisciplinarias. También promueve la concienciación, la creatividad y la independencia en el aprendizaje, así como el respeto por otras disciplinas, métodos y procedimientos. Por lo tanto, la inclusión del concepto de desarrollo sostenible en la educación ofrece posibles beneficios que van más allá del mero conocimiento del medio ambiente. Además de promover la adquisición de nuevos conocimientos, las capacidades desarrolladas a través de una metodología basada en proyectos son transferibles a otras áreas y facilitan el aprendizaje durante toda la vida. Pero esto no solo implica la enseñanza en centros y universidades sino también a profesionales, clientes, gobiernos, etc.

Por lo que se refiere a los agentes que intervienen en la construcción, es interesante ver cómo les afecta a cada uno de ellos las normativas exigidas para llevar a cabo el aislamiento acústico.

Los arquitectos son los principales responsables de introducir los conceptos de aislamiento y acondicionamiento acústico en el sector de la vivienda. La concepción y el diseño de las viviendas tendrán que tener en cuenta los criterios del DB-HR, lo que les obliga a proyectar mejor, con más detalles constructivos, sobre todo las zonas de convertirse en puentes acústicos, conocer más materiales y más sistemas constructivos para ir solucionando los diferentes problemas acústicos de las viviendas y justificar las características técnicas acústicas de los productos y las condiciones de ejecución.

A diferencia de normativas anteriores, los arquitectos tienen que consultar el ruido ambiental que hay donde se construye el edificio. Los mapas acústicos, que en algunas zonas ya están aprobados y en otras aún se están realizando, darán los niveles de ruido exteriores de los edificios y, por lo tanto, se podrá derivar de ellos las exigencias acústicas para las construcciones. Aun así, el sector se encuentra con que no existen mapas de ruido de todas las poblaciones y los que existen no siempre están publicados; dificultando nuevamente la tarea de los arquitectos en lo que aislamiento acústico se refiere. Además, los arquitectos pueden proyectar con diferentes soluciones a la vez teniendo en cuenta además el DB-HS (Salubridad) y el DB-HE (energía).

Esta disparidad, sin embargo, hará que los proyectistas elijan soluciones que estén por el lado de la seguridad jurídica, sobredimensionando las necesidades de las construcciones, lo que conllevaría un gasto en exceso de material sin seguir el criterio de sostenibilidad.

Por todo esto, es necesario que los arquitectos inviertan muchas horas en redactar los proyectos, ya que el CTE obliga a hacerlos mucho más complejos. Y además, obliga a un grado de especialización que muchos arquitectos no tienen, exigiendo la creación de equipos multidisciplinares o la subcontratación de terceras partes para realizar dichos proyectos, aumentando así el coste y la complejidad de los mismos.

Los arquitectos técnicos, como directores de ejecución de la obra tendrán que verificar la recepción en obra de los productos de construcción y ordenar que se hagan ensayos de los materiales que no los tengan. Además, tendrán que comprobar que todos los productos tengan el marcaje CE, que es obligatorio.

También tendrán la obligación de dirigir, como hasta ahora, la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, la correcta colocación de los materiales, la realización de las instalaciones y que la realización de la obra sea lo más parecido posible al proyecto ejecutivo.

El control de obra se acentúa tanto en el control de materiales como de la ejecución. Hay que tener clara la compatibilidad de los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos. No se podrán hacer cambios de materiales de última hora si no tienen las mismas características que los proyectados.

Hasta ahora, no ha habido un exhaustivo control sobre el aislamiento acústico y en muchos casos era inexistente. El hecho de que se tenga que hacer una comprobación “in situ” hace que se tenga que tener mucho más en cuenta la buena construcción y la colocación de los materiales desde el inicio del proceso hasta su fin, lo que alarga la vida útil de los edificios pero también encarece sus costes de construcción.

Los promotores no ven la llegada del CTE de una manera muy positiva ya que tienen más presión y se derivan más responsabilidades hacia ellos en caso de irregularidades.

Respecto al DB-HR, su gran preocupación es la inseguridad jurídica por un redactado poco conciso sobre las medidas “in situ”. El redactado dice que no son obligatorias, pero según la LOE, las puede pedir cualquier agente que intervenga; hecho que, en realidad, las hace obligatorias a pesar de la no-obligatoriedad de la redacción.

La competencia de las medidas “in situ” recaerá en los gobiernos autonómicos, pero algunos ayuntamientos han manifestado que piensan realizarlas y se especula si el correcto

aislamiento acústico será uno de los parámetros válidos para dar la licencia de primera ocupación. Para los promotores no es una buena noticia ya que todo este proceso es complicado y retrasa el uso de las construcciones por parte de los usuarios debido al proceso burocrático y de revisión que hay seguir.

Los índices de aislamiento, sobre todo en las fachadas, podrían dar muchos problemas económicos en caso de que no se cumplan. Es necesario que quede muy claro qué medida de aislamiento es la que garantiza que se está cumpliendo con los índices. Pero, con el paso del tiempo, el ruido de la calle puede cambiar por muchos motivos y haber realizado una medición en su primera ocupación puede no garantizar los índices del momento, lo que conlleva que las normativas deberían tener en cuenta en su redacción el proceso a seguir dado un desajuste temporal de este tipo.

Dichos promotores tienen poca confianza en el sistema judicial actual, porque en caso de conflicto y que el constructor presente sus ensayos realizados al final de la obra, siempre los jueces piden un nuevo peritaje.

Acatan el DB-HR como el resto de normativas pero ven problemas con la combinación entre los diferentes DB. También observan problemas como la altura reguladora, que debería ser modificada ya que sino no se pueden pasar todas las instalaciones, construir suelos flotantes, falsos techos y seguir cumpliendo la altura que marca la normativa.

Los promotores también ven como factor negativo los mapas de ruidos, ya que estos hacen que ciertas zonas de la ciudad se devalúen más de lo que ya están y la gente no quiera vivir al lado de fuentes ruidosas. También contemplan el encarecimiento de los proyectos porque las exigencias se multiplican y por lo tanto, los encargados de redactarlos necesitan más tiempo para la redacción de los mismos.

En resumen, el cumplimiento de las nuevas normativas implica un incremento de los costes. Estos nuevos costes son: una redacción de proyecto más elaborado, costes de obra mayores debido a la formación de trabajadores, contratación de profesionales en el sector, etc. y un incremento de los impuestos asociados a la construcción. Aumentos que harán que el precio de mercado de una vivienda común se incremente entre un 8% y un 12%.

Los fabricantes, por otro lado, ven como disminuye su responsabilidad, ya que el proyectista tendrá que combinar adecuadamente los materiales de construcción para



conseguir los niveles exigidos por las normativas. La construcción ya no depende tanto del material, sino del sistema elegido y, por lo tanto, la responsabilidad de la construcción se deriva en gran parte hacia los proyectistas.

Los fabricantes de productos de aislamiento acústico han tenido que evolucionar ofreciendo al sector información técnica más completa sobre sus productos y sus diferentes aplicaciones.

Hay muchos fabricantes que están realizando documentos con sistemas constructivos reconocidos, y también, catálogos de materiales individuales aplicados a diferentes sistemas constructivos, los cuales son muy solicitados por los arquitectos para poder justificar las soluciones acústicas en sus proyectos.

Y también, otra de las cosas que deberán hacer los fabricantes, y que parece obvia pero no siempre se realiza, es facilitar instrucciones de uso de los productos, su mantenimiento y sus garantías de calidad correspondientes a la Dirección Facultativa para que ésta compruebe los valores y decida si se puede proceder a la colocación.

Para las constructoras, si éstas quieren ser competitivas, deberán especializar a sus operarios y darles más y mejor formación. Cuando empiecen los juicios por mala construcción y por puentes acústicos, las promotoras solo querrán trabajar con las mejores empresas constructoras para poder evitar así futuros costes que puedan derivarse de los futuros procesos legislativos, hecho que seguramente hará que el número de empresas constructoras se reduzca en número pero aumente en calidad.

Con la nueva regulación, el gobierno estatal ha dado la posibilidad a los gobiernos autonómicos de España de que pidan los ensayos de aislamiento una vez la obra esté acabada. Algunos gobiernos autonómicos contemplan esta posibilidad y van a incluirla como requisito para poder habitar las nuevas viviendas, hecho que, como ya hemos comentado anteriormente, garantizará una mayor calidad de las viviendas pero implicará unos mayores costes en términos generales.

Y finalmente, el DB HR tendrá también incidencia para los clientes. Hoy en día nadie construye sin aislamiento térmico ya que es un concepto que todo el mundo ha asimilado. Lo mismo pasará en un futuro con el aislamiento acústico y dentro de unos años será inconcebible no colocarlo en las viviendas. Por este motivo, los usuarios, a medida que pase el tiempo, se volverán más exigentes en cuanto a los niveles de confort de su vivienda.

De hecho, este cambio hacia la mayor concienciación de los usuarios acerca del aislamiento acústico ya se hace patente en la sociedad actual: existen asociaciones contra el ruido, ya que es una de las contaminaciones más extendidas en el territorio, y lo único que esperan es poder vivir en casas más silenciosas y menos contaminantes.

Así pues y como resumen final de esta monografía, a lo largo de este proyecto se ha analizado la importancia del aislamiento acústico en la construcción, teniendo en cuenta las leyes y normativas vigentes en España así como cómo éstas afectan a todos los agentes implicados en la construcción. Además, se ha cogido como ejemplo de análisis un caso de aislamiento acústico en España con suelo flotante y se ha estudiado la viabilidad de la implementación de ésta solución como aislante acústico en Brasil, un país donde el aislamiento acústico no está casi tipificado y dónde se encuentran pocos ejemplos donde se utilice el aislamiento acústico. A pesar de que el aislamiento acústico no es un tema que hoy en día se considere vital en el mundo de la construcción, cabe resaltar la futura importancia del mismo dado dos factores principales: el auge del concepto de la sostenibilidad en todos los sentidos y específicamente en el mundo de la construcción así como el aumento en el nivel de exigencia por parte de los usuarios de poder garantizarse espacios confortables donde vivir.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Edwards, Brian. *Guía básica de la sostenibilidad, segunda edición revisada y ampliada*. Editorial Gustavo Gili, SL. España, 2009.

Sauer, Bruno; García Navarro, Justo; Lefteri, Chris; Pérez Arnal, Ignasi. *ECO Productos, En la arquitectura y el diseño*. Editorial Ignasi Pérez Arnal. Barcelona, 2008.

ICARO Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia. *Hacia una arquitectura sostenible, En busca de un sentido común*. España, 2005.

ICARO Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia. *Hacia una arquitectura sostenible<sup>2</sup>, Más allá de lo formal*. España, 2008.

Area de Gobierno de Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid. *Buenas prácticas en arquitectura y urbanismo para Madrid, Criterios bioclimáticos y de eficiencia energética*. Editorial Impresión Digital Da Vinci, SA. Julio 2009.

Romero Rodriguez, Blanca Iris. *El análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental*. Boletín HE, julio-septiembre de 2003.

Isover, Saint-Gobain, *Recomendación de instalaciones de suelos flotantes* [en línea]  
<http://www.isover.es/>

*Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HR Protección frente al Ruido*. Septiembre 2009.  
[en línea]  
[http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/DB\\_HR\\_sept\\_2009.pdf](http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/DB_HR_sept_2009.pdf)

Hispalyt, cerámica para construir [en línea]  
[http://www.hispalyt.es/default.asp?id\\_cat=2](http://www.hispalyt.es/default.asp?id_cat=2)

Suelos flotantes [en línea]  
<http://www.inasel.com/Productos/Suelos-flotantes.html>

GUIA-ACÚSTICA – Definiciones acústicas [en línea]

<http://www.masacoustics.com/GUIA-ACUSTICA/Definiciones-Acusticas.html>

CONSTRUIBLE.es Todo sobre construcción sostenible [en línea]

<http://www.construible.es/noticiasDetalle.aspx?c=10&m=15&idm=15&n2=14>

CTE DB HR: Protección frente al Ruido [en línea]

<http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/dbhr/>

Agenda 21 [en línea]

[http://www.bcn.cat/agenda21/A21\\_AGENDA\\_CAST.htm](http://www.bcn.cat/agenda21/A21_AGENDA_CAST.htm)

Qué es la Agenda 21 [en línea]

<http://www.ecologiaverde.com/que-es-la-agenda-21/>

TECTÓINCA [en línea]

[http://www.tectonica.es/arquitectura/acustica/aislamiento/aislamiento\\_acustico.html](http://www.tectonica.es/arquitectura/acustica/aislamiento/aislamiento_acustico.html)

CONSTRUIBLE [en línea]

<http://www.construible.es/noticiasDetalle.aspx?c=10&m=15&idm=15&n2=14>

Análisis del Ciclo de Vida [en línea]

[http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_de\\_ciclo\\_de\\_vida](http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_ciclo_de_vida)

Impactos ambientales en el sector de la construcción [en línea]

[http://www.construmatica.com/construpedia/Impactos\\_Ambientales\\_en\\_el\\_Sector\\_de\\_la\\_Construcci%C3%B3n](http://www.construmatica.com/construpedia/Impactos_Ambientales_en_el_Sector_de_la_Construcci%C3%B3n)

Primeros ruidos [en línea]

<http://de.construmatica.com/primeros-ruidos-analisis-del-documento-de-proteccion-frente-al-ruido-el-ultimo-del-cte/>

Sistemas de suelo flotante. Recepción en obra y ejecución [en línea]

[http://www.five.es/descargas/archivos/CTE/val/J\\_Venero.pdf](http://www.five.es/descargas/archivos/CTE/val/J_Venero.pdf)

AMSA Arquitectura. Av. Constitució, 256, Baixos 2, 08860 – Castelldefels, Barcelona.  
Febrero 2013.

## 7. ANEJOS

### 7.1. Resumen cronológico de la historia de la evolución de la sostenibilidad en el ámbito de la arquitectura y el diseño

*Cuadro 31: Historia de la evolución de la sostenibilidad en el ámbito de la arquitectura y el diseño*

1968	Creación del Club de Roma, que reúne personalidades que ocupan puestos relativamente importantes en sus respectivos países y que busca la promoción de un crecimiento económico estable y sostenible de la humanidad. El Club de Roma tiene, entre sus miembros a importantes científicos (algunos premios Nobel), economistas, políticos, jefes de estado...
1972	El Club de Roma publica el informe <i>Los límites del crecimiento</i> , preparado a petición suya por un equipo de investigadores de Instituto Tecnológico de Massachusetts. En este informe se presentan los resultados de las simulaciones por ordenador de la evolución de la población humana sobre la base de explotación de los recursos naturales, con proyecciones hasta el año 2100. Demuestra que debido a la búsqueda del crecimiento económico, durante el siglo XXI se produce una drástica reducción de la población a causa de la contaminación, la pérdida de tierras cultivables y la escasez de productos energéticos.
16 de junio de 1972	Conferencia Sobre Medio Humano de las Naciones Unidas (Estocolmo). Es la primera Cumbre de la Tierra. Se manifiesta, por primera vez a nivel mundial, la preocupación por la problemática ambiental global.
1980	La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) publicó un informe titulado <i>Estrategia Mundial para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales</i> , donde se identifican los principales elementos en la destrucción del hábitat: pobreza, presión poblacional, inequidad social y términos de intercambio de comercio.
1981	Informe Global 2000 realizado por el Consejo de Calidad

	Medioambiental de Estados Unidos. Concluye que la biodiversidad es un factor crítico para el adecuado funcionamiento del planeta, y que se debilita por la extinción de especies.
1982	Carta Mundial de la ONU para la Naturaleza. Adopta el principio de respeto a toda forma de vida y llama a un entendimiento entre la dependencia humana de los recursos naturales y el control de su explotación.
1982	Creación del Instituto de Recursos Mundiales (WRI) en EEUU con el objetivo de encauzar a la sociedad humana hacia formas de vida que protejan el medio ambiente de la Tierra y su capacidad de satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones presentes y futuras.
1984	Primera reunión de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, creada por la Asamblea General de la ONU en 1983, para establecer una agenda global para el cambio.
1987	Informe Brundtland Nuestro Futuro Común, elaborado por la comisión sobre Medio Ambiente y Desarrollo en el que, se formaliza por primera vez el concepto de desarrollo sostenible.
Del 3 al 14 de junio de 1992	Se celebra la <i>Conferencia de la ONU sobre Medio Ambiente y Desarrollo</i> (Segunda “ <i>Cumbre de la Tierra</i> ”) 5 en Rio de Janeiro, donde nace la Agenda 21, se aprueban el Convenio sobre el Cambio Climático, el Convenio sobre la Diversidad Biológica (Declaración de Rio) 6 y la Declaración de Principios Relativos a los Bosques. Se empieza a dar amplia publicidad del término desarrollo sostenible al público en general. Se modifica la definición original del <i>Informe Brundtland</i> , centrada en la preservación del medio ambiente y el consumo prudente de los recursos naturales no renovables, hasta la idea de “tres pilares” que deben conciliarse en una perspectiva de desarrollo sostenible: el progreso económico, la justicia social y la preservación del medio ambiente.
1993	V Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente de la Unión Europea: Hacia un desarrollo sostenible. Presentación de la nueva

	estrategia comunitaria en materia de medio ambiente y de las acciones que deben emprenderse para lograr un desarrollo sostenible, correspondientes al período 1992-2000.
27 de mayo de 1994	Primera Conferencia de Ciudades Europeas Sostenibles. Aalborg (Dinamarca). <i>Carta de Aalborg</i> '.
8 de octubre de 1996	Segunda Conferencia de Ciudades Europeas Sostenibles. El <i>Plan de actuación de Lisboa: de la Carta a la acción</i> .
2000	Tercera Conferencia de Ciudades Europeas Sostenibles. La <i>Declaración de Hannover</i> de los líderes municipales en el umbral del siglo XXI.
2001	VI Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente de la Unión Europea. <i>Medio ambiente 2010: el futuro en nuestras manos</i> . Definir prioridades y objetivos de la política medioambiental de la Comunidad hasta y después de 2010 y detallar las medidas a adoptar para contribuir a la aplicación de la estrategia de la Unión Europea en materia de desarrollo sostenible.
Del 26 de agosto al 4 de septiembre de 2002	Conferencia Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (" <i>Río + 10</i> ", <i>Cumbre de Johannesburgo</i> ), en Johannesburgo, donde se reafirmó el desarrollo sostenible como el elemento central de la Agenda Internacional y se dio un nuevo ímpetu a la acción global para la lucha contra la pobreza y la protección del medioambiente. Se reunieron más de un centenar de jefes de Estado, varias decenas de miles de representantes de gobiernos, organizaciones no gubernamentales e importantes empresas para ratificar un tratado de adoptar una posición relativa a la conversación de los recursos naturales y la biodiversidad.
Febrero de 2004	La séptima reunión ministerial de la Conferencia sobre la Diversidad Biológica concluyó con la Declaración de Kuala Lumpur, que ha creado descontento entre las naciones pobres y que no satisface por completo a las ricas. La Declaración de Kuala Lumpur deja gran insatisfacción entre los países. Según algunas delegaciones, el texto final no establece un compromiso claro por parte de los estados industrializados para financiar los planes de conservación de la



	biodiversidad.
2004	Conferencia Aalborg + 10 – <i>Inspiración para el futuro</i> . Llamamiento a todos los gobiernos locales y regionales europeos para que se unan en la firma de los Compromisos de Aalborg para que formen parte de la Campaña Europea de Ciudades y Pueblos Sostenibles.
2005	Entrada en vigor del Protocolo de Kioto sobre la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.
2006	Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo sobre una <i>Estrategia temática para el medio ambiente urbano</i> . Es una de las siete estrategias del Sexto Programa de Acción en materia de Medio Ambiente de la Unión Europea, elaborada con el objetivo de <i>contribuir a una mejor calidad de vida mediante un enfoque integrado centrado en las zonas urbanas y de hacer posible un alto nivel de calidad de vida y bienestar social para los ciudadanos proporcionando un medio ambiente en el que los niveles de contaminación no tengan efectos perjudiciales sobre la salud humana y el medio ambiente y fomentando un desarrollo urbano sostenible. Se concede el Premio Nobel a Al Gore y al Intergovernmental Panel on Climate Change.</i>
2007	Cumbre de Bali que busca redefinir el Protocolo de Kioto y adecuarlo a nuevas necesidades respecto el cambio climático. En esta cumbre intervienen los Ministros del Medio Ambiente de casi todos los países aunque Estados Unidos de Norte América y China (principales emisores y contaminantes del planeta) se niegan a suscribir compromisos. La humanidad está en una encrucijada donde especialistas opinan y predicen el colapso de la realidad que conocemos pero el egoísmo de estas naciones pareciera valer más. Unos por la fuerza bruta de las armas o la economía y otros por la fuerza bruta de la demografía y la economía.
2008	Todos los países del mundo suscriben el Protocolo de Kioto. Aparece el primer libro de la colección Arquitectura y Entorno (Ecoproductos para la arquitectura y el diseño).

Fuente: Sauer, Bruno; García Navarro, Justo; Lefteri, Chris; Pérez Arnal, Ignasi. *ECO Productos, En la arquitectura y el diseño*. Editorial Ignasi Pérez Arnal. Barcelona, 2008.

## 7.2. Tabla 3.3 del CTE DB HR

Tabla 3.3. Parámetros acústicos de los componentes de los elementos de separación horizontales											
Suelo flotante y techo suspendido (Sf) y (Ts) en función de la tabiquería											
Forjado <sup>(1)</sup> (F)		Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con apoyo directo en el forjado			Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con bandas elásticas o apoyada sobre el suelo flotante.			Tabiquería de entramado autoportante			
		Suelo flotante <sup>(2)(3)</sup>		Techo suspendido <sup>(5)</sup>	Suelo flotante <sup>(2)(3)</sup>		Techo suspendido <sup>(5)</sup>	Suelo flotante <sup>(2)(3)</sup>		Techo suspendido <sup>(5)</sup>	Condiciones de la fachada <sup>(6)</sup>
m kg/m <sup>2</sup>	R <sub>A</sub> dBA	ΔL <sub>w</sub> dB	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔL <sub>w</sub> dB	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔL <sub>w</sub> dB	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔR <sub>A</sub> dBA	
175	44				26	3 15	15 4	26	0	8	2H
									2	7	
									6	5	
									7	1	
									8	0	
									4	15	
									9	12	
									14	5	
									15	4	
									19	3	
200	45				25	2 8 15	15 5 2	24	0	7	2H
									2	6	
									4	5	
									6	1	
									7	0	
									2	15	
									9	5	
									15	2	
									(1)	(15)	
									(2)	(14)	
(9)	(7)										
(11)	(5)										
(16)	(0)										
225	47				24	0 2 5 15 17	15 8 5 1 0	23	0	4	2H
									2	3	
									4	0	
									0	15	
									2	8	
									5	5	
									9	2	
									14	1	
									15	0	
									(0)	(13)	
(2)	(11)										
(8)	(5)										
(9)	(4)										
(12)	(1)										
(13)	(0)										

**Tabla 3.3. Parámetros acústicos de los componentes de los elementos de separación horizontales.**

Forjado <sup>(1)</sup> (F)		Suelo flotante y techo suspendido (Sf) y (Ts) en función de la tabiquería										
		Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con apoyo directo en el forjado			Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con bandas elásticas o apoyada sobre el suelo flotante.			Tabiquería de entramado autoportante				
		Suelo flotante <sup>(2)(3)</sup>		Techo suspendido <sup>(5)</sup>	Suelo flotante <sup>(2)(3)</sup>		Techo suspendido <sup>(5)</sup>	Suelo flotante <sup>(2)(3)</sup>		Techo suspendido <sup>(5)</sup>	Condiciones de la fachada <sup>(6)</sup>	
m kg/m <sup>2</sup>	R <sub>A</sub> dBA	ΔL <sub>w</sub> dB	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔL <sub>w</sub> dB	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔL <sub>w</sub> dB	ΔR <sub>A</sub> dBA	ΔR <sub>A</sub> dBA		
250	49				22	0 2 9	10 5 0	21	0	2	2H	
									2	0		
									0	9		1H
									2	5		
9	0											
					(27)	(6) (9)	(15) (10)	(26)	(0)	(11)	2H	
									(2)	(9)		
									(6)	(5)		
									(9)	(2)		
(11)	(0)	1H										
300 <sup>(4)</sup>	52				16	0 2 4	4 1 0	16	0	0	2H	
									8	2		
									9	0	1H	
(0)	(5)	2H										
(2)	(4)											
(5)	(0)											
(10) <sup>(7)</sup>	(0) <sup>(7)</sup>		1H									
(7)	(15)											
(9)	(11)											
350 <sup>(4)</sup>	54				15	0	0	14	0	0	1H ó 2H	
									1	8		
									2	5		
									8	1		
12	0											
					(19)	(1) (4) (5) (8)	(11) (5) (4) (2)	(19)	(0)	(3)	2H	
									(2)	(2)		
									(3)	(0)		
									(8) <sup>(7)</sup>	(0) <sup>(7)</sup>		
(5)	(7)	1H										
(7)	(5)											
(8)	(4)											
400 <sup>(4)</sup>	57				12	0	0	11	0	0	1H ó 2H	
									2	0		
									9	2		
									5	5		
2	15											
					(17)	(0) (4) (6) (10) <sup>(7)</sup>	(6) (1) (0) (0) <sup>(7)</sup>	(16)	(0)	(0)	2H	
									(5) <sup>(7)</sup>	(0) <sup>(7)</sup>		
									(0)	(9)		
									(1)	(7)		
(4)	(3)	1H										
(6)	(1)											
(8)	(0)											
(9) <sup>(7)</sup>	(0) <sup>(7)</sup>											
450	58				10	0	0	10	0	0	1H ó 2H	
									0	4		
									0	0		
									5	0		
					(15)	(0) (3) (6) <sup>(7)</sup>	(3) (0) (0) <sup>(7)</sup>	(15)	(0)	(0)	2H	
									(4) <sup>(7)</sup>	(0) <sup>(7)</sup>		
									(0)	(4)		
									(3)	(2)		
(4)	(0)	1H										

								(7) <sup>(7)</sup>	(0) <sup>(7)</sup>		
		12	0	0 <sup>l</sup>	10	0	0 <sup>l</sup>	9	0	0 <sup>l</sup>	1H ó 2H
500	60	(17)	(4) (5)	(7) (5)	(15)	(0) (3) <sup>(7)</sup>	(0) (0) <sup>(7)</sup>	(14)	(0) (1) <sup>(7)</sup> (0) (1) (3) <sup>(7)</sup>	(0) (0) <sup>(7)</sup> (1) (0) (0) <sup>(7)</sup>	2H 1H

<sup>(1)</sup> Los forjados deben cumplir simultáneamente los valores de masa por unidad de superficie,  $m$  y de índice global de reducción acústica ponderado  $A$ ,  $R_A$ .

<sup>(2)</sup> Los *suelos flotantes* deben cumplir simultáneamente los valores de reducción del nivel global de presión de ruido de impactos,  $\Delta L_w$ , y de mejora del índice global de reducción acústica, ponderado  $A$ ,  $\Delta R_A$ .

<sup>(3)</sup> Los valores de mejora del aislamiento a ruido aéreo,  $\Delta R_A$ , y de reducción de ruido de impactos,  $\Delta L_w$ , corresponden a un único *suelo flotante*; la adición de mejoras sucesivas, una sobre otra, en un mismo lado no garantiza la obtención de los valores de aislamiento.

<sup>(4)</sup> En el caso de forjados con piezas de entrevigado de poliestireno expandido (EPS), el valor de  $\Delta L_w$  correspondiente debe incrementarse en 4dB.

<sup>(5)</sup> Los valores de mejora del aislamiento a ruido aéreo,  $\Delta R_A$ , corresponden a un único techo suspendido; la adición de mejoras sucesivas, una bajo otra, en un mismo lado no garantiza la obtención de los valores de aislamiento.

<sup>(6)</sup> Para limitar las transmisiones por flancos, en el caso de la tabiquería de entramado autoportante, en la tabla 3.3 aparecen los símbolos:

- 1H, para fachadas o *medianerías* de 1 hoja o fachadas ventiladas de fábrica o de hormigón, que deben cumplir;
  - i. la masa por unidad de superficie,  $m$ , de la hoja de fábrica o de hormigón deber ser al menos  $135\text{kg/m}^2$ ;
  - ii. el índice global de reducción acústica, ponderado  $A$ ,  $R_A$ , de la hoja de fábrica o de hormigón debe ser al menos 42dBA.
- 2H, para fachadas o *medianerías* de dos hojas, que deben cumplir:
  - i. para las fachadas pesadas no ventiladas o ventiladas por el exterior de la hoja principal con la hoja interior de *entramado autoportante* o adherido:
    - la masa por unidad de superficie,  $m$ , de la hoja exterior deber ser al menos  $145\text{kg/m}^2$ ;
    - el índice global de reducción acústica, ponderado  $A$ ,  $R_A$ , de la hoja exterior debe ser al menos 45dBA.
  - ii. para las fachadas o *medianerías* pesadas ventiladas por el interior de la hoja principal o ligeras ventiladas o no ventiladas, con la hoja interior de *entramado autoportante*:
    - la masa por unidad de superficie,  $m$ , de la hoja interior deber ser al menos  $26\text{kg/m}^2$ ;
    - el índice global de reducción acústica, ponderado  $A$ ,  $R_A$ , de la hoja interior debe ser al menos 43dBA;

Las soluciones para fachada de dos hojas también son aplicables en el caso de que los recintos sean interiores.

<sup>(7)</sup> Soluciones de elementos de separación horizontales específicas para el caso de garajes.

