



48º CONGRESO ESPAÑOL DE ACÚSTICA  
ENCUENTRO IBÉRICO DE ACÚSTICA  
EUROPEAN SYMPOSIUM ON UNDERWATER ACOUSTICS  
APPLICATIONS  
EUROPEAN SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE BUILDING  
ACOUSTICS

## HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS ACÚSTICO DENTRO DE UN FLUJO DE TRABAJO BIM

PACS: 43.58.Ta

Díez Montenegro, Victor.  
CYPE Ingenieros, S.A.  
Avda. Eusebio Sempere, 5  
Alicante. España  
Tel: 965 92 25 50  
E-mail: victor.diez@cype.com

**Palabras Clave:** Open BIM, Aislamiento, Acondicionamiento, Simulación.

### ABSTRACT

The Open BIM movement emerges as a solution to the traditional problems of coordination between the professionals who work during the design, execution and maintenance steps of a building. In CYPE we have opted for this collaborative, multidisciplinary and multiuser workflow where the BIM project is not linked to any particular application. In the scope of acoustics we offer different tools depending on the specialist needs, such as Cypesound CTE that verifies the requirements of the CTE DB HR and AcoubatBIM by CYPE, developed together with the CSTB, focused on the frequency analysis described in the EN 12354 standards.

### RESUMEN

El movimiento Open BIM surge como solución a los tradicionales problemas de coordinación entre los profesionales que actúan durante las fases de diseño, ejecución y mantenimiento de un edificio. Desde CYPE hemos apostado por este flujo de trabajo colaborativo, multidisciplinar y multiusuario donde el proyecto BIM no está vinculado a ninguna aplicación concreta. Dentro del ámbito de la acústica ofrecemos diferentes herramientas en función de las necesidades del especialista como Cypesound CTE que verifica los requisitos del CTE DB HR y AcoubatBIM by CYPE, desarrollado junto con el CSTB, enfocado al análisis por frecuencias descrito en las normas EN 12354.

## **INTRODUCCIÓN**

En CYPE nos dedicamos al desarrollo y comercialización de software técnico para profesionales de la arquitectura, ingeniería y construcción. Actualmente, contamos con alrededor de 60.000 usuarios repartidos por Europa, América, África, Oceanía y Asia quienes han adquirido más de 100.000 programas. [1]

En los últimos años, con el auge del Big Data, el Open Source y los flujos de trabajo colaborativos, hemos comenzado a diseñar un conjunto de herramientas que poseen la capacidad de integrarse en un nuevo entorno de operación en concordancia con estos conceptos. En esta comunicación vamos a exponer cuál es el funcionamiento de la metodología que nos ha permitido conseguirlo, denominada Open BIM, y como logramos que estas herramientas interactúen entre sí, con especial interés en el caso de las aplicaciones relacionadas con el análisis acústico que estamos desarrollando.

## **OPEN BIM**

La filosofía BIM surge como solución a los problemas de diseño y comunicación que poseen los clásicos flujos de trabajo basados en programas de dibujo CAD (*Computer Aided Design*). A diferencia de éstos, donde un dibujo sirve para representar los elementos que constituyen una obra, la tecnología BIM (*Building Information Modeling*) admite crear componentes reales tales como muros, forjados, puertas o ventanas y, lo que es más importante, asignarles propiedades de tipo espesor, masa, reflectancia, índice de reducción acústica.... Otro aspecto significativo es que el BIM no comprende únicamente el diseño del proyecto sino que engloba el proceso completo de ejecución e incluso las distintas operaciones que se puedan llevar a cabo sobre la edificación durante el transcurso de su vida. Todo esto supone una notable mejora en términos de cooperación y gestión de la documentación, ya que establece las bases de un lenguaje común entre los distintos sujetos implicados en un proyecto. El término Open BIM aparece cuando aprovechamos este protocolo para implantar un sistema de colaboración abierto que no depende de una aplicación concreta.

Una de las principales fortalezas del flujo Open BIM son los ficheros estandarizados IFC (ISO 16739:2013), *Industry Foundation Class*, donde se almacenan las características de cada una de las entidades del modelo. Estos ficheros son empleados para realizar el intercambio de información entre aplicaciones a través de su lectura y escritura. Cabe destacar que debido al uso de un formato público y abierto como este no solo se consigue que el proyecto BIM no se encuentre vinculado a una aplicación específica sino que además acepta que herramientas de diferentes fabricantes puedan actuar conjuntamente sobre un mismo modelo y favorecer así su perdurabilidad.

Desde CYPE apostamos por este flujo de trabajo y por ello hemos desarrollado múltiples aplicaciones especializadas que cuentan con la capacidad de vincularse a un modelo BIM e interactuar con él. Cada una de ellas está destinada a realizar una parte acotada del proyecto, incluyendo la generación de la documentación técnica, y a ampliar el contenido de éste mediante los ficheros IFC que sea capaz de producir. Además, gracias al servicio de gestión de proyectos en la nube BIMserver.center [2], la agrupación de los ficheros IFC que conforman el modelo se pueden alojar en un espacio seguro y controlado. De esta forma diferentes personas tienen la posibilidad trabajar en grupo sobre una obra sin necesidad de encontrarse en la misma oficina, o en el mismo país.

En referente al uso de esta tecnología en el campo de la acústica, que es el tema central de este congreso, hemos diseñado los programas de cálculo AcoubatBIM by CYPE y CYPESOUND CTE

los cuales se encuentran completamente integrados en el flujo OpenBIM. En los próximos apartados vamos a exponer como hemos llevado a cabo esta integración y cuáles son las funcionalidades más destacables de cada uno.

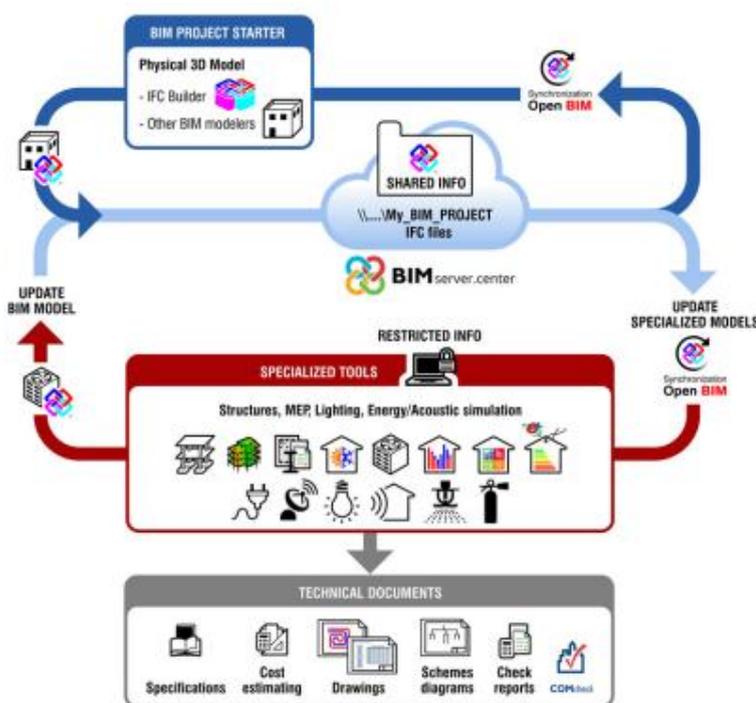


Figura 1. Esquema del flujo de trabajo Open BIM con CYPE.

## ACOUBATBIM BY CYPE

AcoubatBIM by CYPE es una herramienta desarrollada conjuntamente por CYPE y el organismo francés CSTB (Centro Científico y Técnico de la Edificación) cuyo objetivo es ayudar al especialista a estudiar el aislamiento y acondicionamiento acústico en edificios.

Esta aplicación forma parte del grupo de programas de CYPE integrados en el flujo de trabajo Open BIM; no obstante, esto no implica la exigencia de emplear este nuevo sistema. Como la mayoría de programas de CYPE, AcoubatBIM by CYPE puede operar de forma autónoma sin vincular un proyecto nativo a un modelo BIM. Sin embargo, hacer uso de las opciones Open BIM conlleva una serie de ventajas a la hora de introducir los datos necesarios o de adaptar las posibles modificaciones en el diseño de la construcción.

Cuando se enlaza un proyecto de AcoubatBIM by CYPE con un modelo BIM que contiene ficheros IFC con información de carácter arquitectónico, los datos geométricos del edificio relevantes para la aplicación (tipos de cerramientos, superficies, recintos,...) se rellenarán automáticamente. Además, durante el transcurso de este paso, se produce el procesamiento de las uniones entre separadores y las aristas que las conforman, fundamentales a la hora de llevar a cabo el análisis de las transmisiones laterales, de forma que el usuario no tiene que definir las manualmente. Únicamente deberá especificar la tipología de los flancos con objeto de completar la información requerida para emplear las fórmulas de cálculo del índice de reducción vibracional,  $K_{ij}$ , recogidas en el anexo E de la norma EN 12354-1 [3].

Cada vez que exista una modificación en el proyecto BIM, el programa notifica al usuario y éste tiene la posibilidad de escoger si desea incorporar los cambios al modelo de cálculo de AcoubatBIM by CYPE o no. De esta manera es viable trabajar en paralelo junto con otros especialistas de disciplinas diferentes (cálculo de estructuras, iluminación, electricidad, estudio térmico...) ya que todos los programas se encuentran sincronizados.

En cuanto a la estructura de la aplicación, la interfaz de usuario del programa está dividida en dos solapas denominadas Modelo y Cálculo. En la primera se han de introducir, en el caso de que no se encuentren en el modelo BIM, los datos de cálculo del proyecto tales como las dimensiones de los recintos y cerramientos o las características de las uniones. Las propiedades relacionadas puramente con el análisis acústico como puede ser el índice de reducción acústica de los materiales constructivos, el área de absorción acústica equivalente del mobiliario o la diferencia de nivel acústico de los aireadores siempre se deberán especificar en AcoubatBIM by CYPE ya que corresponden a su campo de estudio. Esto debe ser forzosamente así para evitar las colisiones y los problemas en el reparto de responsabilidades que aparecerían en el proyecto BIM si se permitiese que diferentes aplicaciones leyesen y exportasen las mismas entidades ¿Qué información debería prevalecer entonces en el modelo BIM?

Una de las prestaciones distintivas de AcoubatBIM by CYPE que facilita al especialista considerablemente la definición de las características acústicas de los elementos que conforman la obra es la integración de la base de datos de Acoubat. Ésta es gestionada directamente por el CSTB y contiene más de 2400 productos y 3000 ensayos acústicos [5]. Cada producto se clasifica según las siguientes categorías en función de su uso en el edificio:

- Mampostería tradicional
- Muros y losas de hormigón
- Tabiques
- Paredes de separación ligeras
- Recubrimientos de suelo
- Revestimientos
- Puertas y ventanas
- Equipo técnico
- Tejados
- Techos suspendidos y suelos técnicos
- Fachadas de muro cortina
- Ruptores de puente térmico
- Objetos absorbentes

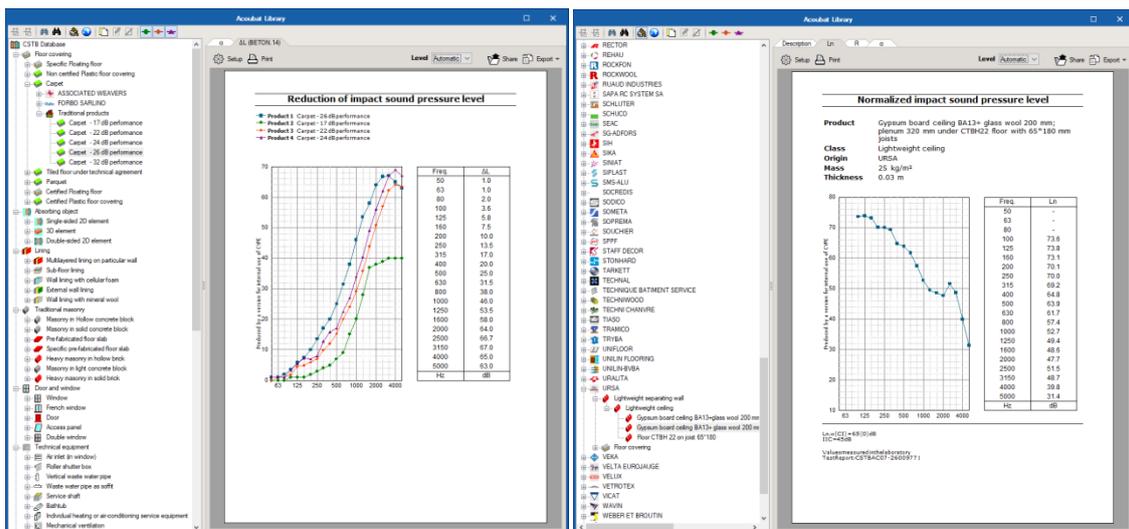


Figura 2. Base de datos de ensayos acústicos de Acoubat.

Como consecuencia de la gran cantidad de elementos que maneja la base de datos, se ha diseñado una interfaz de acceso que incluye diversas opciones de búsqueda, filtrado y comparación de gráficas con el propósito de ayudar al usuario a encontrar una solución adecuada para el proyecto. En el supuesto de que esto no sea viable también existe la posibilidad de ampliar el contenido de esta biblioteca mediante la creación de nuevos productos personalizados.

Una vez definida la obra, con el objeto de llevar a cabo la simulación, el usuario ha de pasar a la pestaña de Cálculo, destinada a la visualización y análisis de los resultados. Para realizar el análisis acústico, AcoubatBIM by CYPE se nutre del motor de cálculo Acoubat el cual se encuentra conectado con su base de datos. Éste permite al programa obtener los parámetros más representativos del grado de aislamiento y acondicionamiento acústico de edificios.

- Aislamiento acústico a ruido aéreo interior y de impactos para cada pareja de tipos de recintos.
- Aislamiento acústico a ruido aéreo exterior.
- Aislamiento acústico a ruido aéreo proveniente de edificios colindantes.
- Tiempos de reverberación y áreas de absorción acústica.

Aunque AcoubatBIM by CYPE es un programa de análisis acústico genérico, sin ninguna verificación impuesta por defecto, tiene una clara orientación al cumplimiento normativo y, en consecuencia, el usuario puede establecer requisitos mínimos para las magnitudes acústicas expuestas anteriormente. De esta manera es factible, por ejemplo, implementar las comprobaciones del documento básico de Documento Básico HR Protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación (CTE) [4] o su equivalente en otros países.

Al finalizar el análisis acústico, la solapa de Cálculo ofrece una amplia gama de instrumentos orientados a facilitar la inspección de los resultados y la corrección de las potenciales deficiencias del edificio.

Para cada recinto el programa muestra una lista desplegable con las relaciones existentes entre éste (receptor) y el resto de locales que lo afectan acústicamente (emisores) donde es posible observar los niveles globales de aislamiento a ruido aéreo interior y ruido de impactos que posee cada pareja, así como, los términos de adaptación espectral correspondientes. Además, si existen resultados de tiempo de reverberación o aislamiento a ruido aéreo exterior también aparecerán en este panel. Estos resultados de cálculo se pueden expandir de manera que se favorece el examen de cada elemento de transmisión acústica, directa o lateral, de forma independiente.

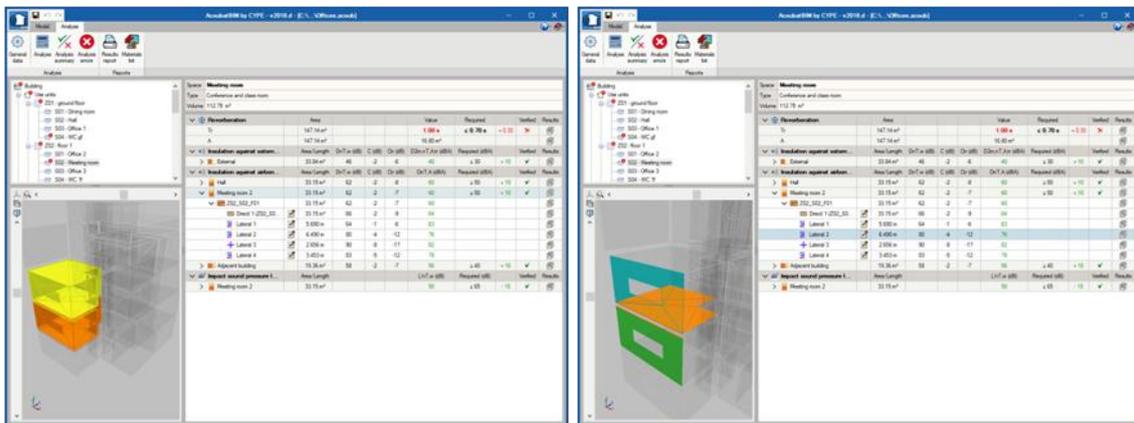


Figura 3. Resultados del análisis acústico.

Gracias al exhaustivo analizador geométrico del modelo BIM que incorpora la aplicación, AcoubatBIM by CYPE es capaz de reconocer y considerar yuxtaposiciones complejas de espacios de forma que se evita al usuario la tarea de llevar a cabo las habituales simplificaciones a modelos de cajas.

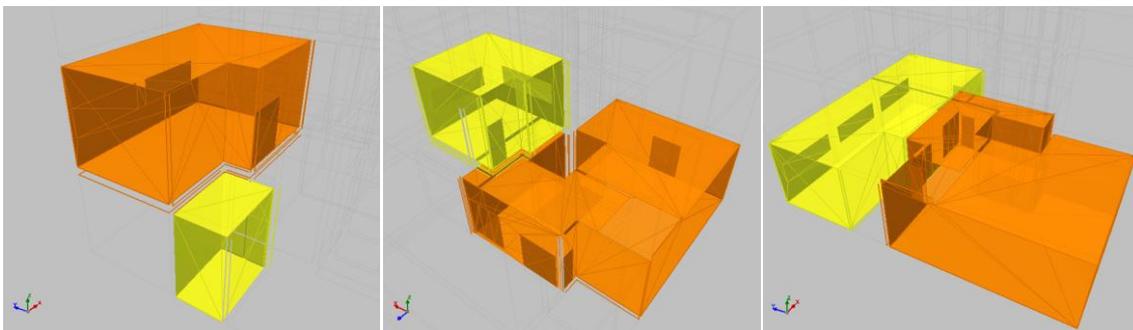


Figura 4. Ejemplos de yuxtaposiciones complejas

Para cada resultado el programa ofrece la opción de generar un listado con los valores obtenidos en bandas de tercio de octava entre 50 y 5000 Hz. Este documento incluye información adicional sobre los recintos involucrados y la fórmula empleada. Además, en el caso de las transmisiones laterales, es posible explorar los resultados correspondientes a cada uno de los caminos que puede recorrer el sonido (directo-flanco, flanco-directo y flanco-flanco), así como, los valores de la diferencia de nivel de velocidad en la unión ( $D_{v,ij}$ ) y los parámetros empleados en su cálculo (índice de reducción vibracional, tiempo de reverberación estructural, longitud de absorción equivalente...).

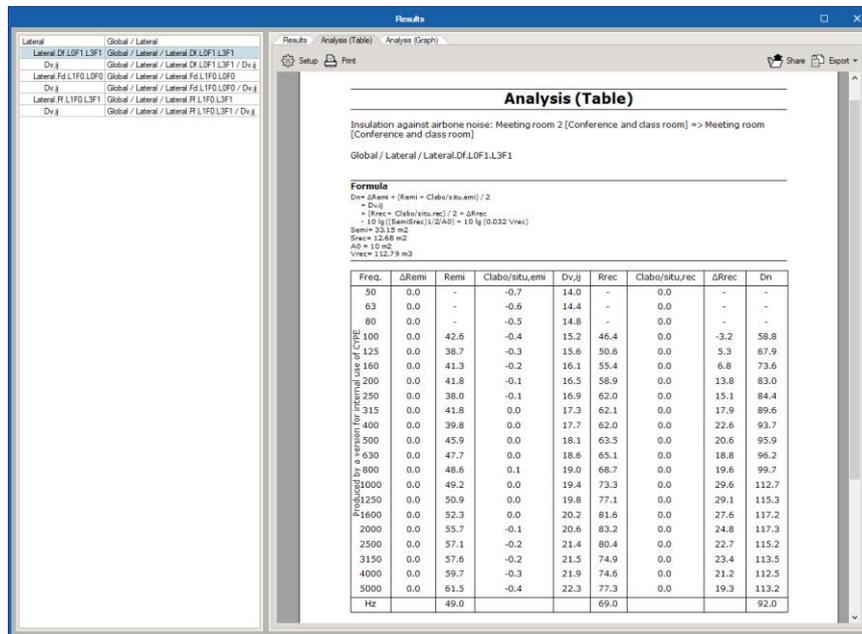


Figura 5. Resultados detallados de aislamiento a ruido aéreo correspondientes al camino directo-flanco de una unión.

Por último, cabe destacar que AcoubatBIM by CYPE genera automáticamente la documentación necesaria para justificar el cumplimiento de los requisitos definidos por el usuario:

- Listado de resultados. AcoubatBIM by CYPE confecciona un listado a modo de resumen con los resultados de los índices acústicos globales obtenidos para cada recinto junto con la verificación de los valores límites establecidos previamente por el usuario. Asimismo es posible configurar los elementos que se desean mostrar de forma que se puedan visualizar únicamente los recintos que no cumplen los requisitos o los valores obtenidos para cada separador y cada unión.
- Cuadro de materiales. El programa también es capaz de extraer una ficha con la relación de productos empleados en el proyecto y su caracterización acústica en base a la información de los ensayos contenida en la biblioteca de Acoubat.

## CYPESOUND CTE

CYPESOUND CTE es una herramienta creada para guiar al usuario durante el proceso de diseño del aislamiento y acondicionamiento acústico de edificios en España. Se encarga de elaborar el estudio del aislamiento a ruido aéreo y ruido de impactos, de la inmersión sonora y del nivel de reverberación; mediante la opción general de cálculo descrita en el Documento Básico HR Protección frente al ruido del CTE, correspondiente al modelo simplificado de cálculo descrito en la norma UNE EN 12354, partes 1, 2 y 3. Asimismo, es capaz de realizar automáticamente la comprobación del cumplimiento de las exigencias del Código Técnico de la Edificación (CTE) y de los niveles de inmisión sonora provocada por el equipamiento del edificio, de acuerdo con la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, y sus desarrollos posteriores en los RD 1513/2005 y RD 1367/2007. [6]

La diferencia más notable a nivel de cálculo entre CYPESOUND CTE y AcoubatBIM by CYPE reside en que el primero emplea índices acústicos globales en lugar de en bandas de tercio de

octava tanto en la definición del comportamiento acústico de los diferentes elementos involucrados como en el análisis acústico. Esta simplificación es aceptada en base a los requisitos establecidos por el CTE DB HR y con ella se pretende no solicitar al usuario más información de la requerida por la normativa.

Aparte de un informe completo del cálculo, el programa genera automáticamente las fichas justificativas correspondientes a la opción general de aislamiento acústico de acuerdo con el Anejo K del CTE DB HR, con los valores pésimos encontrados en el edificio para cada combinación distinta de tipos de recinto, así como para los espacios con medianeras y con fachadas, cubiertas y suelos expuestos al exterior.

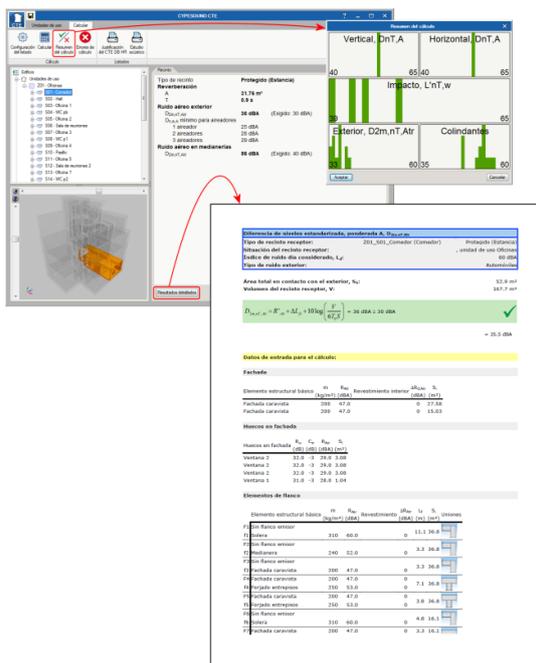


Figura 6. Resultados del estudio acústico de CYPESOUND CTE.

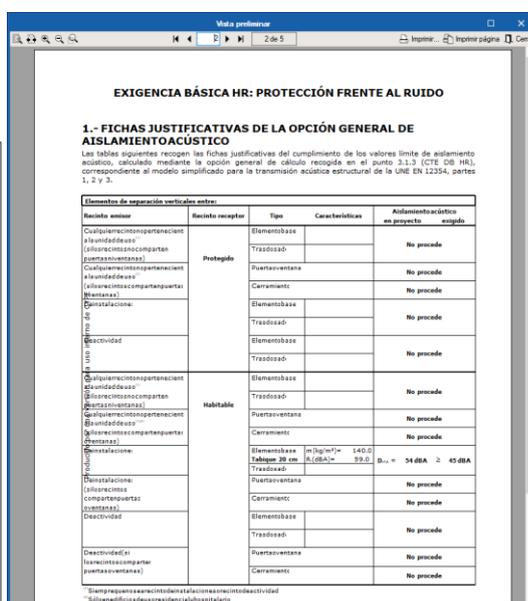


Figura 7. Ejemplo de la ficha justificativa de la opción general de aislamiento acústico del CTE DB HR.

## CONCLUSIONES

A pesar de que actualmente no existe una gran variedad de aplicaciones BIM en el mundo de la acústica podemos afirmar que esta filosofía de trabajo se está imponiendo cada vez con más fuerza como consecuencia del ahorro en tiempos y costes de diseño que proporciona a los profesionales. En esta reseña hemos hecho una sinopsis de las herramientas pioneras de análisis acústico que actualmente nos encontramos desarrollando con el propósito de sumarnos a este salto tecnológico que está dejando de ser considerado como un futuro cercano para convertirse en el método más eficiente del presente.

## REFERENCIAS

[1] «<http://www.cype.es/cypeingenieros/>,» [En línea].

[2] «<https://bimserver.center/>,» [En línea].

- [3] Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 1: Aislamiento acústico del ruido aéreo entre recintos, 2000.
- [4] «Documento básico de protección frente al ruido DB HR,» de Código Técnico de la Edificación.
- [5] «<https://boutique.cstb.fr/acoustique/4-acoubat.html>,» [En línea].
- [6] «<http://cypesound-cte.cype.es/>,» [En línea].