

VISIÓN DE LAS NECESIDADES TÉCNICAS Y REGULATORIAS EN MATERIA DE ACÚSTICA EN LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

Ana Esther Espinel Valdivieso ¹, Marco Lora Espinel ²,
Ángel Arenaz Gombau ³, José Ignacio Riesco García ⁴

¹ Audiotec Ingeniería Acústica S.A., Valladolid, España, ana.espinel@audiotec.es

² Audiotec Ingeniería Acústica S.A., Valladolid, España, marco.lora@audiotec.es

³ Audiotec Ingeniería Acústica S.A., Valladolid, España, angel.arenaz@audiotec.es

⁴ Audiotec Ingeniería Acústica S.A., Valladolid, España, ignacio.riesco@audiotec.es

Resumen

Audiotec, como centro tecnológico especializado en acústica y con laboratorios acreditados por ENAC para la realización de ensayos acústicos en edificios y en cámaras normalizadas, pone a disposición del sector una experiencia consolidada en la caracterización de materiales, sistemas constructivos y soluciones edificatorias.

Sobre la base del conocimiento acumulado durante más de 25 años de actividad técnica, este artículo expone la necesidad de adecuar el marco regulatorio de las prestaciones acústicas a las particularidades de la construcción industrializada.

El análisis se centra en identificar los factores técnicos y normativos que deben ser considerados en la caracterización de elementos y componentes industrializados, con el objetivo de reforzar la calidad, la trazabilidad y la fiabilidad de sus prestaciones acústicas. Desde esta perspectiva, se plantea la conveniencia de avanzar hacia criterios regulatorios y metodológicos que faciliten la integración de estos sistemas en la edificación, favoreciendo su escalabilidad bajo estándares técnicos rigurosos y plenamente compatibles con las exigencias del entorno construido.

Palabras Clave: Construcción industrializada (CI), desacoplamiento, comportamiento dinámico, repetitividad.

1 Introducción y justificación

El sector de la edificación se encuentra inmerso en un cambio de paradigma debido a la necesidad de optimizar plazos de ejecución, mitigar la escasez de mano de obra cualificada, reducir la huella de carbono y controlar de manera estricta los costes financieros. En este escenario, la construcción industrializada —tanto en su vertiente bidimensional (paneles 2D) como tridimensional (módulos volumétricos 3D)— se posiciona como la alternativa técnica más viable frente a la construcción tradicional.

Sin embargo, el despliegue masivo y la escalabilidad de este modelo chocan con un marco normativo y reglamentario diseñado históricamente por y para la obra ejecutada in situ. En España, el Código Técnico de la Edificación, específicamente en su Documento Básico de Protección frente al Ruido (CTE DB-HR), establece exigencias orientadas a sistemas constructivos continuos y pesados (fábricas de ladrillo, hormigón convencional) o de entramado autoportante tradicional.

La industrialización introduce nuevos retos físicos: discontinuidades estructurales, uniones secas, ensambles mecánicos y una alta dependencia del comportamiento de amortiguadores o bandas elásticas. Cuando un modelo constructivo cambia su física de transmisión, la regulación debe evolucionar en paralelo. Este artículo aborda, desde la experiencia empírica de Audiotec como Centro Tecnológico acústico, la desconexión actual entre el marco regulatorio y la realidad de la construcción modular 3D, proponiendo vías de actualización normativa para garantizar la calidad acústica del parque edificado del futuro.

2 El vacío regulatorio en la construcción industrializada

El principal conflicto normativo radica en que las exigencias vigentes se evalúan en base al cumplimiento de soluciones globales en el edificio terminado (D_nT,w para ruido aéreo y $L'nT,w$ para ruido de impactos), delegando el éxito a métodos de cálculo (como los de la norma UNE-EN ISO 12354) basados en la transmisión por flancos de encuentros rígidos y homogéneos.

Los vacíos más críticos identificados se resumen en tres ejes:

La caracterización del nudo o unión: En un edificio de módulos 3D, el encuentro entre módulos genera un espacio intersticial y unos puntos de apoyo mecánicos específicos. La transmisión de vibraciones a través de estos nudos (caracterizada tradicionalmente por el índice de reducción vibratoria, K_{ij}) carece de una base de datos estandarizada en la normativa para uniones industrializadas secas.

La paradoja del laboratorio vs. la obra: Un módulo acústicamente excelente ensayado de forma aislada en un laboratorio puede fracasar drásticamente al aplicarse en obra si el sistema de estanqueidad de las juntas de obra se degrada o si los puentes acústicos no se ejecutan con tolerancias milimétricas. La ley actual no define cómo certificar un componente modular con marcado CE de forma unitaria garantizando su comportamiento en conjunto.

Ausencia de un protocolo de control de calidad adaptado a fábrica: Los planes de control de calidad actuales exigen ensayos in situ al finalizar la obra. En un entorno industrializado, el control de calidad debe trasladarse también a la línea de montaje (fábrica), permitiendo la corrección de fisuras y potenciales puentes acústicos antes del transporte y ensamblaje en obra, lo cual no está contemplado en las metodologías administrativas vigentes.

3 Metodología: conectando técnica y normativa

Para conectar la realidad técnica del laboratorio y las exigencias de la normativa, el enfoque metodológico de Audiotec se estructura en tres fases de análisis basadas en su conocimiento del sector.

1. Análisis de patologías de la obra tradicional: Identificación de los fallos acústicos habituales in situ (puentes acústicos, variabilidad de la mano de obra, fallos de sellado) para entender qué ventajas aporta el entorno controlado de una fábrica.

2. Protocolos de caracterización de elementos: Definición de los ensayos de laboratorio mecánicos y acústicos necesarios bajo estándares internacionales (series UNE-EN ISO 10140 y UNE-EN ISO 717) para determinar los índices de aislamiento a ruido aéreo (R_w) y de impactos (L_n,w) de los nuevos componentes industrializados.

3. Modelización y predicción de transmisiones indirectas: Evaluación de la aplicabilidad de los métodos de cálculo normativos actuales (como la norma UNE-EN ISO 12354) a las realidades estructurales de los edificios industrializados (uniones atornilladas, bandas de desolidarización, imprimaciones elásticas, etc.).

3.1 Análisis del aislamiento y del comportamiento dinámico

El sistema modular 3D demuestra una ventaja acústica notable tanto en ruido aéreo como en impactos. Esto se debe al principio físico del desacoplamiento. Al no existir un puente estructural rígido continuo entre las viviendas (gracias al espacio existente entre módulos vecinos y al potencial uso de elastómeros o elementos elásticos en los nudos de apoyo), las transmisiones indirectas o por flancos —que suelen influir en el aislamiento acústico en la obra tradicional— quedan mitigadas.

3.2 La repetitividad como factor de calidad industrial

Con las soluciones industrializadas se mejorará la repetitividad de los resultados obtenidos tras la ejecución de las mismas soluciones constructivas en distintos entornos permitiendo su análisis y posterior mejora en fábrica.

4. Análisis técnico y factores críticos detectados

A partir de la experiencia de Audiotec en la caracterización de sistemas constructivos, se han identificado factores técnicos esenciales sobre los que el marco regulatorio debe poner el foco:

- El comportamiento de las juntas e intersticios: En la construcción industrializada, el aislamiento no solo depende del elemento horizontal y/o vertical, sino del control y calidad que se realiza en el proceso de fabricación y su posterior recepción técnica en el ensamblaje con otros módulos y/o otros elementos constructivos. Una mala estanqueidad en estos puntos críticos influye en el resultado del aislamiento a ruido aéreo y de impacto. Nuestra propuesta para la adaptación de la normativa actual considera que se debe regular la caracterización de los elementos de conexión como un elemento constructivo más.
- El desacoplamiento estructural (vibraciones): A diferencia de la rigidez de la obra tradicional, los sistemas industrializados permiten introducir de forma sistemática bandas elastoméricas en los apoyos. Técnicamente, esto ofrece un rendimiento extraordinario frente al ruido de impactos y la transmisión de vibraciones por flancos, un beneficio que las herramientas de cálculo normativo actuales no logran cuantificar con precisión.
- La reducción de la dispersión de resultados: Consideramos que el control de calidad en los procesos de fabricación reducirá drásticamente la incertidumbre vinculada a la ejecución. Mientras que la construcción tradicional ofrece una alta dispersión de resultados en obra, debida especialmente al factor humano y a la falta de formación en la instalación de aislamientos, en el proceso industrializado la cadena de controles asegura que la calidad de cada componente sea constante, lo que fundamenta la necesidad de un cambio reglamentario en el control de calidad de productos industrializados (módulos de uso, cerramientos, etc.).

5 Propuesta de mejoras al modelo regulatorio

Para garantizar la calidad de las prestaciones acústicas de los edificios industrializados y fomentar su escalabilidad, este estudio incide en la necesidad de actualizar el marco normativo bajo las siguientes directrices:

1. Creación de un marco de certificación acústica para edificios de construcción industrializada (homologación de procesos): si un sistema industrializado demuestra que sus procesos de fabricación son estables y repetibles, con datos técnicos obtenidos mediante un muestreo planificado, la normativa debería valorar ese control de calidad en origen (fábrica). Ello permitiría reducir el número de ensayos in situ, establecer un plan de muestreo más eficiente y emitir un informe técnico acústico del edificio que incluya tanto los datos de caracterización de cada elemento o módulo constructivo como los resultados obtenidos en los ensayos de aislamiento a ruido aéreo y de impacto al final de la obra.

2. Normalización de métodos de cálculo para uniones autoportantes de construcción seca: Es indispensable actualizar los métodos de cálculo incluyendo los índices de reducción vibratoria (Kij) específicos para todos los encuentros atornillados, perfiles ligeros y juntas elásticas, permitiendo a los arquitectos proyectar con más fiabilidad.

3. Es necesario definir protocolos de ensayo para componentes avanzados y soluciones industrializadas. Tanto la normativa técnica utilizada por los laboratorios de ensayos acústicos para la caracterización y certificación de productos, como las exigencias reglamentarias (CTE DB-HR) deben actualizarse para crear referentes aplicables a soluciones modulares complejas (fachadas ligeras integradas, particiones horizontales y verticales, unidades de uso específico y unidades de instalaciones preensambladas), garantizando su idoneidad técnica para su incorporación al mercado de la edificación.

4. Debe tenerse en cuenta la norma de certificación acústica de edificios como herramienta complementaria para evaluar y reforzar la trazabilidad, la comparabilidad de resultados y la confianza técnica en los procesos constructivos industrializados.

6 Ventajas y desventajas de la construcción industrializada

Desde una perspectiva técnica, económica y operativa, la construcción industrializada presenta un conjunto de ventajas relevantes frente a la edificación tradicional, aunque también incorpora limitaciones y retos específicos que deben ser considerados en su implantación, y para los que debe profundizarse su análisis y evaluación. La valoración equilibrada de ambos aspectos resulta esencial para comprender su verdadero potencial de escalabilidad y para orientar adecuadamente la evolución del marco normativo y de control de calidad.

1. Ventajas. Entre sus principales fortalezas destacan la reducción de los plazos de ejecución gracias a la fabricación en paralelo con las tareas de obra, el mayor control de calidad derivado de la producción en entornos estables y repetitivos, la disminución de la dependencia de mano de obra intensiva en obra y una mayor previsibilidad económica al reducirse imprevistos y desviaciones. Asimismo, este modelo puede contribuir a la sostenibilidad mediante una mejor optimización de materiales, una reducción de residuos y un menor impacto asociado a desplazamientos y procesos auxiliares. Desde el punto de vista de las prestaciones, la repetitividad del proceso industrial favorece una mayor regularidad en el comportamiento técnico de los sistemas, incluidas las prestaciones acústicas, térmicas y de estanqueidad.

2. Desventajas. No obstante, la construcción industrializada exige una definición temprana y precisa del diseño, lo que reduce el margen para modificaciones durante la ejecución. También presenta condicionantes logísticos asociados al transporte, acopio y montaje de módulos o componentes de gran formato, así como una fuerte dependencia de la coordinación entre proyecto, fabricación y ensamblaje. A ello se suma la posible dependencia tecnológica y productiva del fabricante, la necesidad de inversión inicial en la investigación y desarrollo de sistemas y procesos, y la especial sensibilidad de las prestaciones finales vinculada a la correcta resolución de juntas, encuentros y uniones. Finalmente, en determinados ámbitos persisten vacíos regulatorios y metodológicos que dificultan la plena integración de estos sistemas en los procedimientos normativos convencionales.

7 Conclusiones

La experiencia adquirida por el Centro Tecnológico de Audiotec en el análisis de la construcción tradicional constituye la base necesaria para detectar los puntos de mejora del modelo industrializado. Las conclusiones de este paper señalan que:

- La construcción industrializada posee el potencial técnico para superar las prestaciones acústicas tradicionales, gracias al control de los procesos en fábrica y a la capacidad intrínseca de desacoplamiento de las estructuras ligeras y modulares.
- Para asegurar la escalabilidad del sector, es urgente disponer de más información que correlacione los resultados de los ensayos acústicos realizados a los elementos constructivos obtenidos en fábrica, y las exigencias globales que deberá tener el edificio terminado, aportando para ello herramientas de cálculo avanzadas que caractericen las uniones entre este tipo de elementos durante la ejecución.
- Con el fin de unificar criterios y dar garantías a todos los agentes del sector, es imprescindible fomentar la investigación en esta materia. Disponer de datos precisos permitirá evaluar el comportamiento de los sistemas constructivos en obra, con especial atención a sus uniones, y facilitará el desarrollo de guías de buenas prácticas efectivas que unifiquen los criterios a emplear.
- La regulación y normativa que se desarrolle al respecto no debe ser un freno, sino un motor de calidad y prestigio. El paso de una edificación artesanal a una industrializada exige un marco reglamentario moderno que reconozca la repetitividad industrial y traslade el control de calidad acústica desde la línea de producción en fábrica hasta la obra.

8 Referencias

- [1] Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana. (2019). Código Técnico de la Edificación (CTE).
- [2] Documento Básico de Protección frente al Ruido (DB-HR). Gobierno de España.
- [3] European Commission. (2011). Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products. (Reglamento Europeo de Productos de Construcción - Mercado CE)
- [4] UNE-EN ISO 10140-1:2022. Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 1: Reglas de aplicación para productos específicos.
- [5] UNE-EN ISO 10140-2:2022. Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 2: Medición del aislamiento a ruido aéreo.
- [6] UNE-EN ISO 717-1:2021. Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.

- [7] UNE-EN ISO 717-2:2021. Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos
- [8] UNE-EN ISO 16283-1:2015. Acústica. Medición en el campo del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo. (Incluye la enmienda Amd 1:2018 para bajas frecuencias).
- [9] UNE-EN ISO 16283-2:2021. Acústica. Medición en el campo del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos.
- [10] UNE-EN ISO 12354-1:2018. Acústica de la edificación. Estimación de las prestaciones acústicas de los edificios a partir de las prestaciones de los elementos. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo entre recintos.
- [11] UNE-EN ISO 12354-2:2018. Acústica de la edificación. Estimación de las prestaciones acústicas de los edificios a partir de las prestaciones de los elementos. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos entre recintos.
- [12] UNE-EN ISO 10848-1:2018. Acústica. Medición en laboratorio y en el campo de la transmisión por flancos del ruido aéreo, el ruido de impactos y el ruido de los equipos de servicio entre recintos adyacentes. Parte 1: Documento marco.
- [13] Villacorta, J. J., & Del Rey, R. (2023). Desafíos en la caracterización acústica de sistemas modulares 3D mediante el uso de elastómeros estructurales. *Revista de Acústica*, 54(1-2), 12-25.
- Gullard, J., & Hopkins, C. (2020). Airborne and impact sound insulation of modular 3D lightweight building systems: Comparison between prediction models and field measurements. *Applied Acoustics*, 164, 107-124.
- [14] Roozen, N. B., & Muellner, H. (2022). Vibro-acoustic performance of dry-joined modular structures: The role of the structural coupling parameter (K_{ij}). *Building and Environment*, 211, 108-122.
- [15] Asociación Española de la Construcción Industrializada (VÍA ÁGORA). (2024). Libro Blanco de la Construcción Industrializada: Calidad, Sostenibilidad y Procesos Repetibles. Madrid.