



FIA 2020/22

XII CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA
XXIX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Florianópolis, SC, Brasil

Evaluación del aislamiento acústico a ruido aéreo y ruido de impacto en edificios residenciales de obra nueva en diferentes ciudades de Bolivia

Rolón, Sebastián¹; Zeballos, Ignacio¹

¹ Departamento de I+D+i ACÚSTICA S.R.L., Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, sebastian@acustica.bo,
ignacio@acustica.bo

Resumen

Durante los últimos diez años, nuestro departamento de I+D+i ha realizando una amplia cantidad de medidas de aislamiento acústico insitu en edificios de viviendas de obra nueva en diferentes ciudades de Bolivia. Las particiones analizadas incluyen diferentes tipologías de medianeras y de pisos flotantes con ciertas diferencias entre las composiciones constructivas, muchas de ellas innovadoras a nivel local. Se analiza la aplicación de lana de roca de alta densidad y polietileno reticulado en pisos así como láminas multicapa y lana de roca de densidad media en muros dobles cerámicos. El estudio presenta los resultados de las medidas insitu por ISO 140-4 e ISO 140-7 y la correspondiente evaluación con los resultados de predicción de aislamiento a ruido aéreo y ruido de impacto por ISO 12354 a través de la herramienta Sonarchitect.

Los resultados muestran la importancia del seguimiento de la obra y el control de detalles singulares en la etapa de ejecución para conseguir alcanzar los valores proyectados mediante cálculo.

Palabras clave: aislamiento acústico, ISO 140, mediciones, ruido aéreo, ruido de impacto.

PACS: 43.55.-n, 43.15.+s

Abstract

During the last ten years our R+D+i department has carried out a large number of on-site acoustic insulation measures in new residential buildings in different cities in Bolivia. The analyzed partitions include different types of dividing walls and floating floors with certain differences between the constructive compositions, many of them innovative at the local level. The application of hi-density rock wool and cross-linked polyethylene in floors as well as multilayer sheets and medium-density rock wool in double ceramic walls is analyzed. The study presents the results of the in situ measurements by ISO 140-4 and ISO 140-7 and the corresponding evaluation with the prediction results of airborne noise insulation and impact noise by ISO 12354 through the Sonarchitect tool.

Keywords: acoustic insulation, ISO 140, measurements, airborne noise, impact noise.



1. INTRODUCCIÓN

A partir del año 2009 nuestra organización impulsa el concepto de bienestar acústico en viviendas como parte de una propuesta de evolución de las características constructivas locales. Se introduce el concepto de contrapiso flotante sin contacto rígido con la losa o forjado así como el desacople de los muros cerámicos.

Al momento Bolivia no cuenta con normativa ni regulaciones referidas a niveles mínimos de aislamiento acústico en espacios habitables. La calidad acústica de las edificaciones residenciales depende únicamente de los gestores del proyecto y su grado de conciencia respecto al ruido como un problema de habitabilidad en departamentos.

Este trabajo reúne ensayos y simulaciones acústicas realizadas en edificios construidos entre 2011 y 2021 en las ciudades de La Paz y Santa Cruz de la Sierra. El estudio contempla edificios que incorporaron soluciones acústicas en piso (elementos divisorios horizontales, EDV) y muros (elementos divisorios verticales, EDV).

Los ensayos in situ se han realizado conforme a las normas UNE-EN ISO 140, partes 4 [1] y 7 [2], normas vigentes el momento de las mediciones. Las simulaciones se realizaron conforme a la norma UNE-EN ISO 12354 partes 1[3] y 2 [4]. La evaluación de resultados de ensayos y simulaciones se realizaron en base a la Diferencia de niveles estandarizada, $D_{nT,w}$, y del Nivel de presión de ruido de impactos estandarizado, $L'_{nT,w}$.

2. CASOS DE ESTUDIO

Para el estudio fueron seleccionados 109 ensayos realizados en 27 edificios construidos con sistemas constructivos similares en cuanto a materialidad y espesores de los elementos base de cada elemento divisorio horizontal y elemento divisorio vertical. Los elementos constructivos que conforman los espacios de ensayo se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipología constructiva y número de ensayos.

ID	Sistema constructivo	No. de ensayos Ruido Impacto	No. de ensayos Ruido aéreo
A.EDH	Losa 25+5 con lámina de polietileno reticulado Impactodan5 5mm, contrapiso de 5cm.	123	39
B.EDH	Losa 25+5 con panel de lana de roca Rockpanel30 de 30mm 128Kg/m3, contrapiso de 5cm.	54	43
C.EDH	Losa 25+5, contrapiso de 5cm.	32	12
A.EDV	Doble ladrillo cerámico estándar de 6 huecos, cavidad con panel de lana de roca Rockwall40 de 40mm y banda elástica inferior.	-	54
B.EDV	Doble ladrillo cerámico estándar de 6 huecos, cavidad con panel de lana de roca Acustidan16/4 de 20mm y banda elástica inferior.	-	37
C.EDV	Muro de ladrillo simple estándar de 6 huecos.	-	19



Los ensayos de aislamiento acústico a ruido aéreo se realizaron tanto para recintos superpuestos como para recintos adyacentes. Los ensayos de aislamiento a ruido de impacto se realizaron en recintos superpuestos. Todas las mediciones del estudio contemplan espacios habitables y protegidos (salas / dormitorios) de unidades de distinto propietario.

3. EVALUACIONES IN SITU

Los ensayos de aislamiento acústico realizados se llevaron a cabo por el Laboratorio Móvil de Evaluaciones Acústicas de nuestra organización, como parte del proceso constante de registro y clasificación de la calidad acústica alcanzada por diferentes proyectos inmobiliarios de las cinco principales ciudades de Bolivia.

3.1 Ensayos de aislamiento a ruido de impacto

La metodología empleada para los ensayos de aislamiento acústico a ruido de impacto entre los espacios evaluados es conforme a la norma UNE-EN ISO 140-7.

El parámetro usado para la determinación del aislamiento a ruido de impacto ha sido el Nivel de presión de Ruido de Impacto estandarizado ($L'_{n,T}$) definida mediante la expresión:

$$L'_{n,T} = L_1 + 10 \cdot \lg \frac{T}{T_0}$$

Donde,

- L : nivel de presión acústica medio en el recinto receptor cuando el suelo es excitado por la máquina de impactos normalizada. (dB)
- T : tiempo de reverberación en el recinto receptor (s)
- T_0 : tiempo de reverberación de referencia. $T_0 = 0,5$ s. para viviendas.

3.1.1 Aislamiento acústico a ruido de impacto en elementos divisorios horizontales

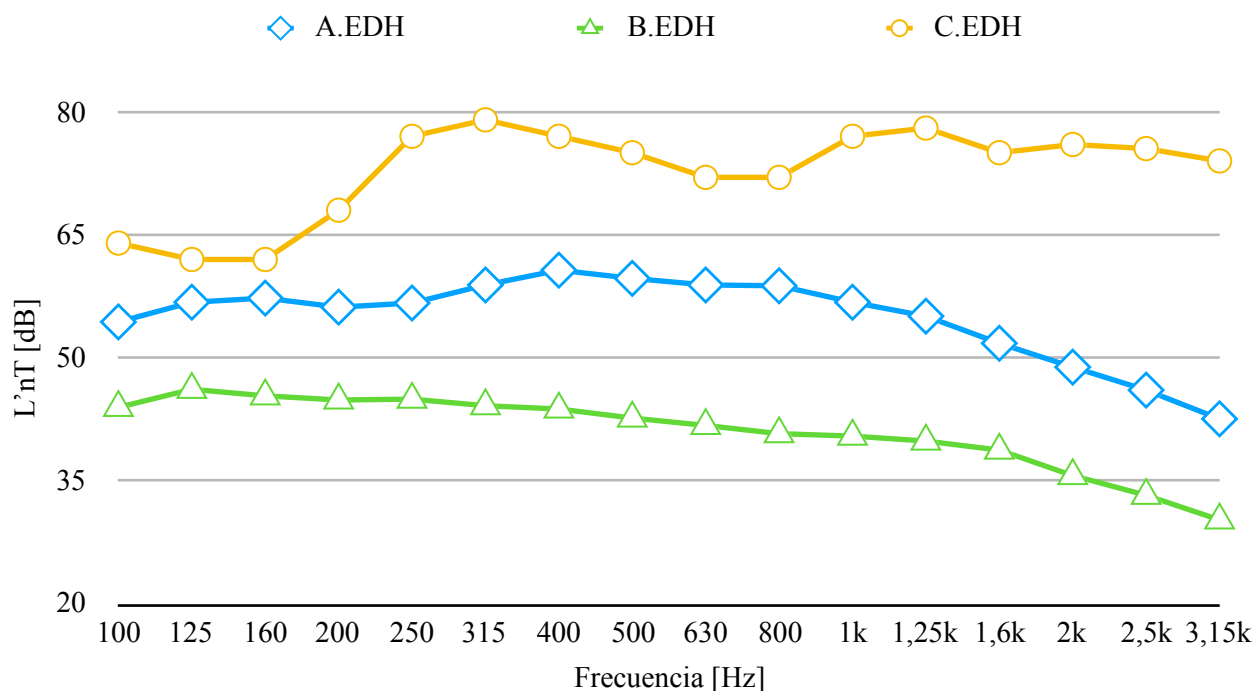
Se presentan los resultados globales y espectrales de niveles de ruido de impacto.

Tabla 2. Valores promedio de aislamiento a ruido de impacto en elementos divisorios horizontales (EDH-Im)

Sistema constructivo	No. de ensayos	Promedio $L'_{n,Tw}$	Máx.	Min.
Losa 25+5 con lámina de polietileno reticulado Impactodan5 5mm, contrapiso de 5cm.	123	59,2	72	55,4
Losa 25+5 con panel de lana de roca Rockpanel30 de 30mm, contrapiso de 5cm.	54	43,7	54	43
Losa 25+5, contrapiso de 5cm.	32	80,4	83	76



Figura 1. Promedio de los espectros de aislamiento a ruido de impacto de los casos estudiados.



3.2 Ensayos de aislamiento a ruido aéreo

La metodología empleada para los ensayos de aislamiento acústico a ruido aéreo entre los espacios evaluados es conforme a la norma UNE-EN ISO 140-4.

El parámetro usado para la determinación del aislamiento a ruido aéreo ha sido la Diferencia de niveles estandarizada (DnT) definida mediante la expresión:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg \frac{T}{T_0}$$

Donde,

- L_1 : nivel de presión acústica medio en el recinto emisor (dB)
- L_2 : nivel de presión acústica medio en el recinto receptor, corregido por ruido de fondo (dB)
- T : tiempo de reverberación en el recinto receptor (s)
- T_0 : tiempo de reverberación de referencia. $T_0 = 0,5$ s. para viviendas.

3.2.1 Aislamiento acústico a ruido aéreo en elementos divisorios horizontales

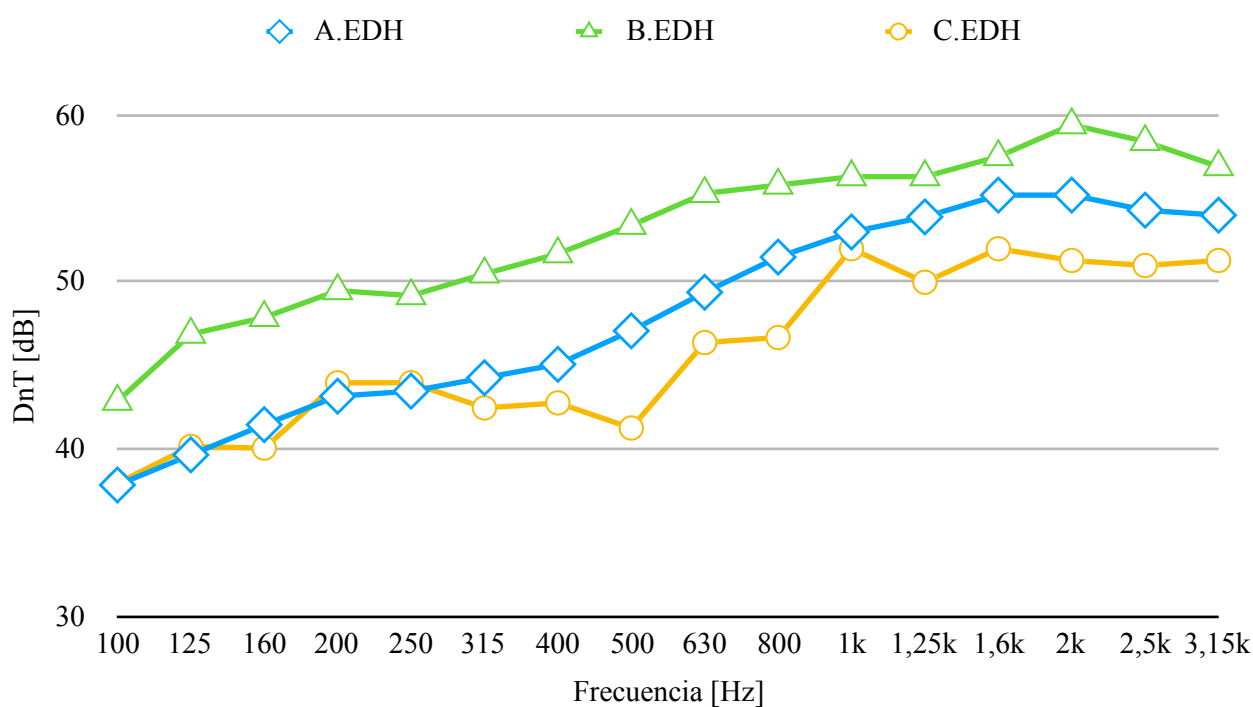
Se presentan los resultados globales y espectrales de niveles de ruido de aéreo (Tabla 3 y Figura 2).



Tabla 3: Valores promedio de aislamiento a ruido de impacto en elementos divisorios horizontales (EDH-Ae).

Sistema constructivo	No. de ensayos	Promedio DnTw	Máx.	Min.
Losa 25+5 con lámina de polietileno reticulado Impactodan5 5mm, contrapiso de 5cm.	39	50,9	55	47
Losa 25+5 con panel de lana de roca Rockpanel30 de 30mm, contrapiso de 5cm.	43	55,4	58	49
Losa 25+5, contrapiso de 5cm.	12	48,5	51	45

Figura 2. Promedio de los espectros de aislamiento a ruido de aéreo de los casos estudiados.



3.2.2 Aislamiento acústico a ruido aéreo en elementos divisorios verticales

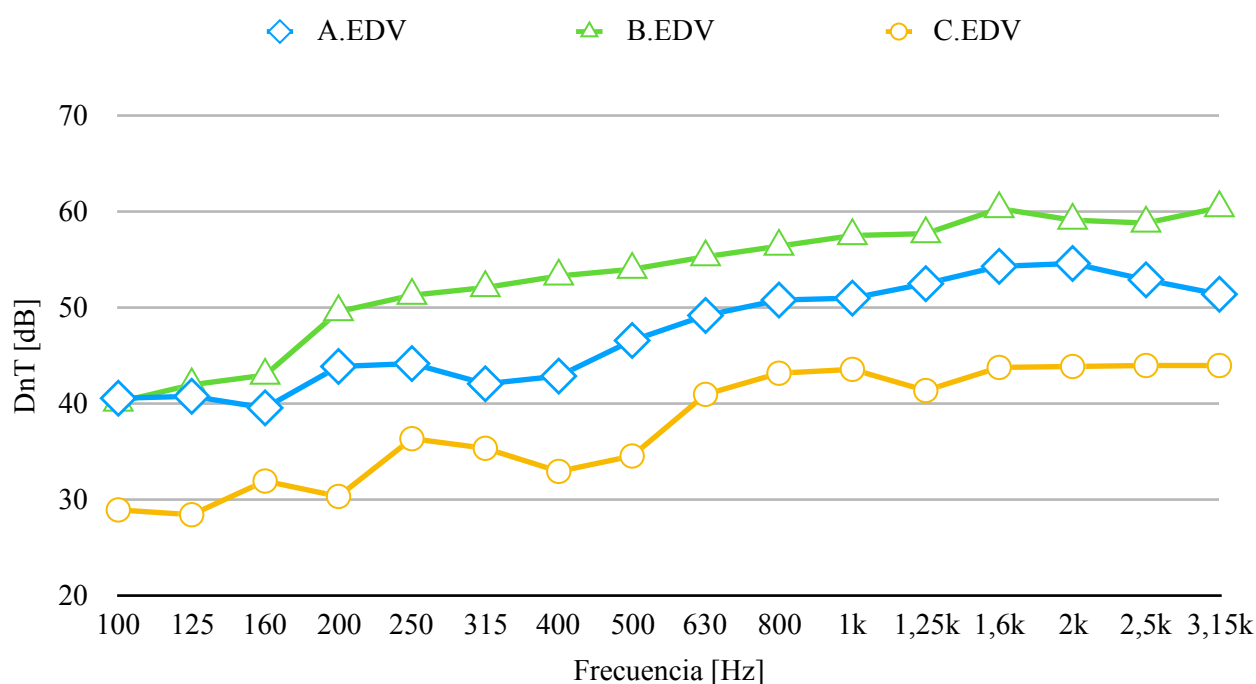
Se presentan los resultados globales y espectrales de niveles de ruido de aéreo (Tabla 4 y Figura 3).



Tabla 4: Valores promedio de aislamiento a ruido de impacto en elementos divisorios verticales (EDV-Ae).

Sistema constructivo	No. de ensayos	Promedio DnTw	Máx.	Min.
Doble ladrillo cerámico estándar de 6 huecos, cavidad con panel de lana de roca Rockwall40 de 40mm y banda elástica inferior.	54	49,8	53	50
Doble ladrillo cerámico estándar de 6 huecos, cavidad con panel de lana de roca Acustidan16/4 de 20mm y banda elástica inferior.	37	57,1	66	75
Muro de ladrillo simple estándar de 6 huecos.	19	39,1	41	32

Figura 3. Promedio de los espectros de aislamiento a ruido de aéreo de los casos estudiados.



4. MODELACIÓN ISO 12354

De los 145 casos evaluados mediante ensayos acústicos, se realizó modelación acústica de 56 casos.

Para la modelación de cada caso se utilizó la herramienta de cálculo de aislamiento acústico SONarchitect [7], el cual realiza el cálculo de los valores de aislamiento acústico en bandas de tercio de octava de acuerdo a los procedimientos de la norma UNE EN ISO 12354.

El modelado de cada caso se ha realizado siguiendo la geometría real de los recintos de ensayo, considerando las juntas y uniones entre los elementos divisorios. Se han utilizado los valores del Índice de Reducción Acústica R_w obtenidos en laboratorio por cada sistema constructivo evaluado, aplicando ciertos ajustes en los elementos de piso



de acuerdo a lo indicado en la norma UNE-EN ISO 12354-1 referida al tratamiento de elementos constructivos de los cuales no se tiene información precisa. En los casos presentados en este trabajo, se han realizado los cálculos con diferentes elementos de separación horizontales y verticales, eligiendo los datos con los cuales se obtenía la mejor estimación de aislamiento acústico.

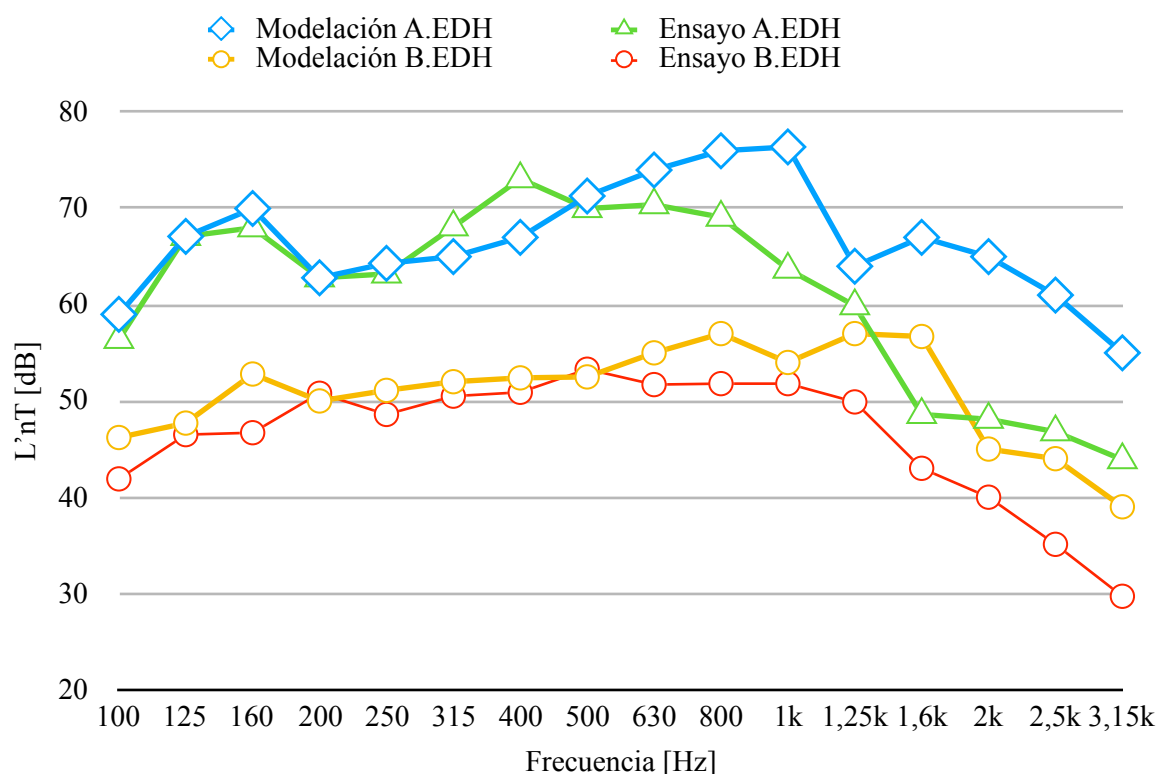
4.1 Aislamiento acústico a ruido de impacto en elementos divisorios horizontales

La comparación de resultados de ensayos y modelación se presentan en la Tabla 5 y Figura 4.

Tabla 5: Valores medidos y modelados de aislamiento a ruido de impacto en elementos divisorios horizontales (EDH-Im).

Sistema constructivo	No. de modelos	L'nTw Medido	L'nTw Calculado
Losa 25+5 con lámina de polietilano reticulado Impactodan5 5mm, contrapiso de 5cm.	15	66	67
Losa 25+5 con panel de lana de roca Rockpanel30 de 30mm, contrapiso de 5cm.	11	51	51

Figura 4: Espectros medidos y modelados de aislamiento a ruido aéreo en elementos divisorios horizontales (EDH-Im).





4.2 Aislamiento acústico a ruido aéreo en elementos divisorios horizontales y verticales

La comparación de resultados de ensayos y modelación se presentan en la Tabla 6 y Figura 5.

Tabla 6: Valores medidos y modelados de aislamiento a ruido aéreo en elementos divisorios horizontales (EDH-Ae).

Sistema constructivo	No. de modelos	DnTw Medido	DnTw Calculado
Losa 25+5 con lámina de polietilano reticulado Impactodan5 5mm, contrapiso de 5cm.	15	52	55
Losa 25+5 con panel de lana de roca Rockpanel30 de 30mm, contrapiso de 5cm.	11	58	62

Figura 5: Espectros medidos y modelados de aislamiento a ruido aéreo en elementos divisorios horizontales (EDH-Ae).

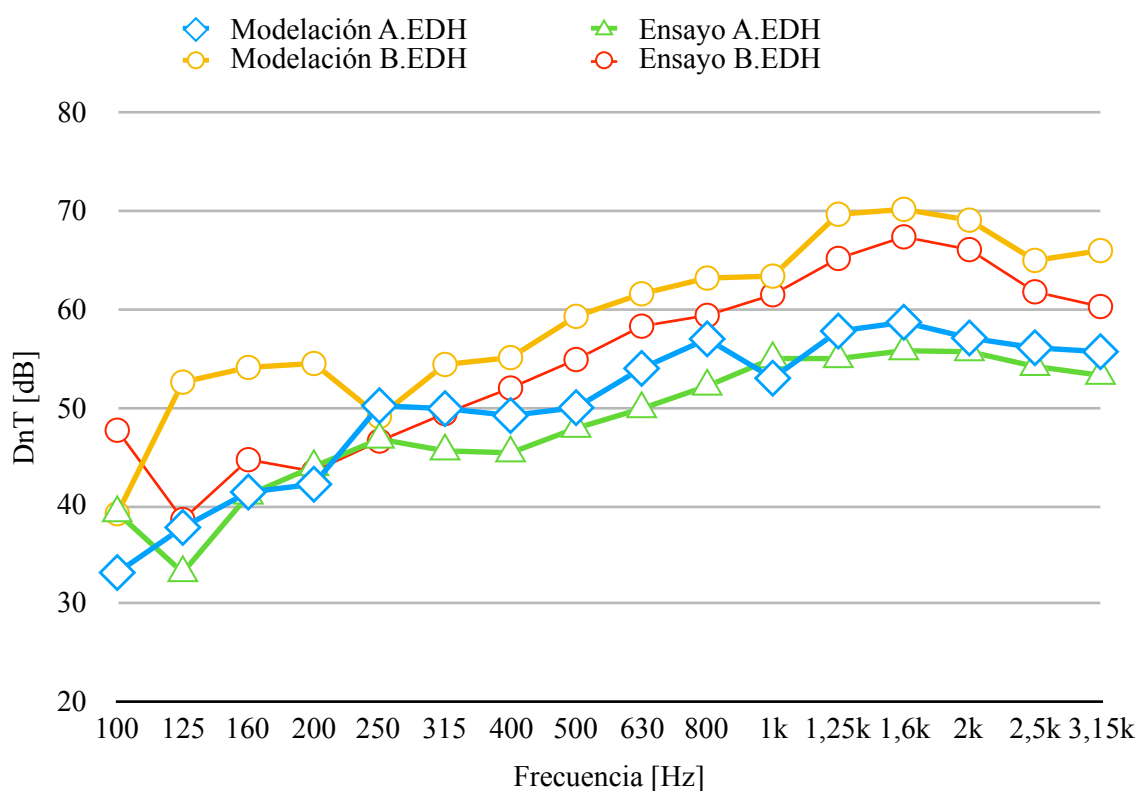
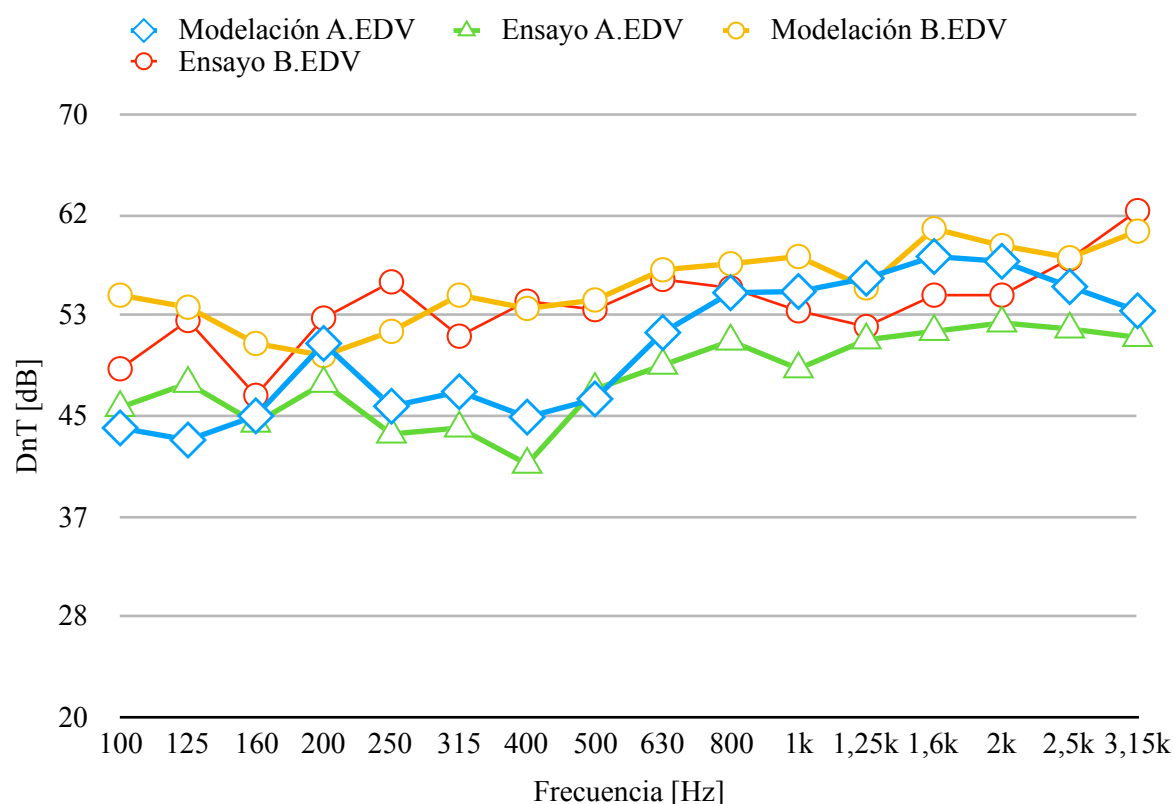




Tabla 7: Valores medidos y modelados de aislamiento a ruido aéreo en elementos divisorios horizontales (EDV-Ae).

Sistema constructivo	No. de modelos	DnTw Medido	DnTw Calculado
Doble ladrillo cerámico estándar de 6 huecos, cavidad con panel de lana de roca Rockwall40 de 40mm y banda elástica inferior.	21	48	52
Doble ladrillo cerámico estándar de 6 huecos, cavidad con panel de lana de roca Acustidan16/4 de 20mm y banda elástica inferior.	8	52	57

Figura 6: Espectros medidos y modelados de aislamiento a ruido aéreo en elementos divisorios verticales (EDV-Ae).



5. CONCLUSIONES

Los resultados de los ensayos a ruido de impacto muestran diferencias de hasta 16dB entre sistemas de piso flotante con panel de lana de roca y lámina de polietileno reticulado, con una diferencia de 19dB respecto a pisos sin desacople del forjado. Si bien la geometría de los espacios y la técnica constructiva es variable para cada caso, se aprecia una tendencia a los valores promedio, con los valores más desfavorables en los casos de ejecuciones de obra con importantes cantidades de uniones rígidas entre el contrapiso y el forjado base. En cuanto al ruido aéreo en elementos divisorios horizontales, se aprecia el incremento de hasta 7dB para el caso de piso flotante sobre



paneles de lana de roca, valores equivalentes al esperado con el uso de cielo falso con lana mineral en el piso inferior. Esta valoración permite visualizar una clara ventaja en su uso tanto para protección a ruido aéreo como para ruido de impacto, algo que no ocurre con la lámina de polietileno reticulado cuyo aporte a ruido aéreo es reducido ni tampoco con la ejecución de cielos falsos, cuyo aporte a ruido de impacto es bajo.

Los resultados de aislamiento a ruido aéreo horizontal muestran mejoras de hasta 10dB con la aplicación de muros dobles con cavidad rellena de lana de roca de densidad media y 5dB adicionales con el uso de material bicapa como relleno.

Por otro lado, las simulaciones presentan diferencias de hasta 5dB comparadas con ensayos insitu para casos de aislamiento a ruido aéreo horizontal y 3dB para el caso de ruido aéreo vertical. Finalmente, para el caso de ruido de impacto se presentan valores muy similares entre simulación y ensayo posiblemente por usar datos de entrada de mayor precisión que los casos de ruido aéreo.

REFERENCIAS

- [1] UNE-EN ISO140-4. Acústica. Medición insitu del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.
- [2] UNE-EN ISO140-7. Acústica. Medición insitu del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.
- [3] UNE-EN ISO 12354-1. Acústica de edificios. Estimación del rendimiento acústico de los edificios a partir del rendimiento de los elementos. Parte 1: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos.
- [4] UNE-EN ISO 12354-2. Acústica de edificios. Estimación del rendimiento acústico de los edificios a partir del rendimiento de los elementos. Parte 2: Aislamiento acústico a ruido de impactos entre recintos.
- [5] UNE-EN ISO 717-1. Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.
- [6] UNE-EN ISO 717-2. Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos.
- [7] SONarchitect ISO. Sound of numbers S.L.