

# Silencio en el trabajo, ruido en casa: caso de estudio



**Andreas Niermann**

Sto SE & Co KGaA, Stuehlingen. Alemania

a.niermann@sto.com

PACS: 43.55

## Resumen

Son muchas las normativas que tratan sobre el impacto del ruido demasiado alto en el trabajo, ya sea en oficinas, fábricas o similares, a fin de limitar el estrés, incrementar la productividad y proteger la salud. Para las viviendas particulares, la acústica estructural se regula en lo referente a la transmisión de ruido aéreo y de impacto, además del ruido procedente del exterior. Las viviendas particulares no están sujetas a la limitación del ruido que generan los residentes en sus propias habitaciones. Después de una dura jornada laboral, uno espera llegar a casa para descansar. Sin embargo, en muchos casos, los ruidos que generamos nosotros mismos impiden relajarnos. Hay una considerable diferencia entre la calidad acústica de la “sala de estar de la abuela” y una cocina-comedor unida a un salón grande de diseño moderno. Superficies que reflejan el sonido, ventanas de gran tamaño, muebles de diseño y un volumen alto conducen irremisiblemente a un hogar ruidoso. Por el contrario, en una sala llena de cortinas, alfombras y sofás con gruesos acolchados, el confort acústico es mayor. Este caso de estudio se propone mostrar ambos tipos: un hogar ruidoso y uno silencioso. Presentamos el efecto acústico de una solución técnica invisible y un posible enfoque para reducir la transmisión sonora a través de una escalera abierta en hogares particulares.

**Palabras clave:** Acondicionamiento acústico. Absorción acústica, Tiempo de reverberación, Estética con acústica, Techo acústico continuo.

## Abstract

Plenty of normative handle too high noise impact at work, either in offices, factories or similar, in order to limit stress, increase productivity and for health protection. For private homes, structural acoustics becomes regulated, concerning air borne and tapping noise transmission plus noise from the outside. Private homes are not subject to limitation of noise, produced by residents in their own rooms. After a working day full of effort, you are looking forward to a home to recover. In many cases, however, self-produced noise inhibits to relax. There is a remarkable difference in the acoustical quality between “grandma’s living room” and a designed modern eat-in kitchen plus large living room. Sound reflecting surfaces, large windows, designed furniture and big volume result in a noisy home. In contrary to that, in a room full of curtains, carpets and thick upholstered sofas the acoustical comfort is higher. This case study shows both, a noisy home and a silent one. The acoustical effect of an invisible technical solution and an approach to reduce sound transmission through an open staircase for private homes are presented.

**Keywords:** Acoustic conditioning, Sound absorption, Reverberation time, Aesthetics with acoustics, Seamless acoustics ceiling.

## 1. Introducción

Desde hace décadas, hay prácticamente en todo el mundo normativas y reglamentos que rigen la protección contra el ruido en los edificios, a menudo a través de requisitos impuestos por la ley. La principal preocupación es la protección de la salud, pero también aislar las dis-

tintas las viviendas de edificios de varias plantas frente a la transmisión sonora indeseada de las viviendas adyacentes y, naturalmente, conferir un cierto estándar acústico a los edificios y los espacios de trabajo. Los valores relacionados con ello suelen consistir en limitar la transmisión del sonido a través del aire, el ruido por impactos, el ruido del equipamiento técnico de los edificios y el

ruido del tráfico procedente del exterior. Este tema no se considerará aquí, ya que las disciplinas citadas están suficientemente estudiadas.

En el caso de las oficinas, las salas de reuniones y auditorios o similares, se definen recomendaciones sobre acústica arquitectónica que se completan con propuestas de aplicación y distribución de superficies reflexivas y absorbentes dentro de un espacio dado. Los principales valores en cuestión son el tiempo de reverberación, el nivel de ruido de fondo y la inteligibilidad del habla. Todos los requisitos se deben elegir y aplicar en referencia a la finalidad deseada de los edificios y sus salas, a fin de conseguir el nivel más adecuado de calidad y funcionalidad.

Sin embargo, por contradictorio que parezca, en el caso de los hogares particulares no existen requisitos tipificados acerca de las condiciones acústicas del propio entorno donde vivimos. Todas las medidas adoptadas son de carácter voluntario tanto para el propietario como para el arquitecto. A continuación pasamos a describir una situación típica.

## 2. Requisitos y recomendaciones

Las normativas nacionales, como la DIN 4109 alemana [1], definen el nivel máximo de presión sonora provocado por las instalaciones de agua y de saneamiento y por las demás instalaciones técnicas que hay en el interior de los edificios. Para salas de estar y dormitorios de viviendas, así como para salas en oficinas o escuelas, además de para estudios y su ventilación, el valor máximo permitido es  $L_{A,F,m\acute{a}x} = 30 \dots 35$  dB(A), véanse las tablas 9 y 10 de [1]. Todos los demás requisitos de conformidad con el capítulo 1 de la norma DIN 4109 [1] no son aplicables al aislamiento acústico en nuestro espacio vital o de trabajo particular propio.

No existen requisitos para el sonido producido por nosotros mismos y el ruido existente en los hogares particulares –específicamente para las salas de estar– sino que solo se ofrecen recomendaciones opcionales. Especialmente la norma DIN 18041 [2], excluye para estudios y viviendas todo requisito relativo a criterios acústicos, como el tiempo de reverberación. La responsabilidad de establecer una calidad adecuada le sigue correspondiendo al propietario.

Desafortunadamente, no existe una conciencia sobre las ventajas del tratamiento acústico en viviendas particulares que puede dar lugar a unas condiciones acústicas adaptadas. Tanto el inversor como el arquitecto suelen hacer caso omiso a estos temas durante la planificación y la construcción.

Por tanto, es difícil encontrar alguna evaluación de la mejor calidad posible o algún nivel con el que realizar una

comparación. En cualquier caso, tenemos la normativa alemana ya derogada DIN 52219 [3], que nos da una idea del tiempo de reverberación y el área de absorción que se pueden considerar como estándar en las viviendas particulares. Sobre la base de una evaluación de muchas mediciones antiguas realizadas *in situ*, la normativa expresa una recomendación para medir con un procedimiento abreviado el ruido emitido por las instalaciones de agua y saneamiento. El área de absorción acústica equivalente  $A_{eq}$  se puede estimar de la manera siguiente:

$$A_{eq} \cong 0,8 \times S_{suelo} \quad (1)$$

Esto incluye  $A_{eq}$  (área de absorción acústica equivalente en  $m^2$ ) y  $S_{suelo}$  (superficie del suelo en  $m^2$  de la habitación estándar de un apartamento). Si suponemos una habitación de tamaño mediano de  $S_{suelo} = 20$   $m^2$ , obtenemos como resultado un área de absorción de  $A_{eq} = 16$   $m^2$ . Con una altura interior de 2,5 m y un volumen de  $V = 50$   $m^3$ , la fórmula de Sabine arroja un tiempo de reverberación de  $T = 0,5$  s.

Si tenemos pensado usar el salón como home cinema, existen recomendaciones –por supuesto, voluntarias– acerca del ruido de fondo y el tiempo de reverberación; por ejemplo, en el manual de diseño de THX [4] se indica lo siguiente: *La reverberación siempre está presente en los cines, y debe controlarse dentro de unos límites razonables que permitan una buena articulación y la consiguiente inteligibilidad en toda la sala. Una reverberación demasiado alta hace que se confundan las sílabas unas con otras y afecta también a la música y los efectos sonoros. Una reverberación demasiado baja puede hacer audibles los efectos de reflexiones discretas de nivel bajo. La cantidad óptima de reverberación varía en función del volumen del cine.*

Si consideramos nuestro salón como un cine doméstico o *home cinema*, con pantalla plana y sistema de sonido multicanal, para habitaciones de 50  $m^2$  y un volumen de entre 100  $m^3$  y 150  $m^3$  aprox., en [4] un tiempo de reverberación de entre 0,25 s y 0,30 s se recomienda seguir la norma de THX. En consecuencia, un tiempo de reverberación más largo no es propicio para la reproducción de películas o música con alta calidad.

Por tanto, sigue siendo potestad y responsabilidad de los propietarios y los arquitectos tratar las salas de estar particulares con medidas de reducción del ruido para mejorar el confort acústico en viviendas

## 3. Transferencia a la arquitectura actual

La situación real de las viviendas particulares ya no refleja solo habitaciones pequeñas, sino que también las hay de 50  $m^2$  o más. Es habitual, especialmente en

viviendas unifamiliares y casas adosadas, tener una cocina-comedor unida a la sala de estar formando un único volumen, en muchos casos incluso conectado directamente con una escalera abierta de varias plantas. Esto da lugar a un volumen mucho mayor que el de las casas construidas hace décadas. La combinación con superficies principalmente reflexivas acústicamente, como suelos de madera, suelos de piedra, baldosas de cerámica, ventanas grandes, cartón yeso, paredes de ladrillo visto, interiores minimalistas con muebles y cortinas de baja capacidad de absorción acústica, asientos de piel y cortinas finas de gasa, no hace sino agravar la situación acústica. Las viviendas se hacen más ruidosas y, en consecuencia, la gran cantidad de material con capacidad de absorción acústica que se daba por supuesto antiguamente en las salas de estar queda más o menos invalidada en la situación actual.

En casas con vano de escalera abierto, la transmisión sonora desde la sala de estar hasta los dormitorios en el primer o el segundo piso no sale precisamente beneficiada si en la sala de estar hay mucho eco y es muy ruidosa.

Desafortunadamente, la gente habla más alto en una habitación con más reverberación que en una habitación más anecoica, algo que se produce fundamentalmente durante reuniones familiares o similares, lo que deteriora la situación.

#### 4. Condiciones de vida ruidosas

En el caso de estudio interno de Sto [5] se midió el sonido típico en una cocina abierta conectada al salón en una situación como la de una comida en familia. Adicionalmente, se utilizó la máquina más ruidosa, en este caso un robot multiusos de cocina picando frutos secos. La sala examinada presenta techo de hormigón, mobiliario

estándar, bandejas de cerámica en una superficie de suelo de aprox. 27 m<sup>2</sup> y un volumen de aprox. 65 m<sup>3</sup>. El valor medio medido del tiempo de reverberación es  $T = 0,4 \dots 0,8$  segundos, dependiendo de la frecuencia

En la figura 1 podemos ver la situación acústica en una cocina-comedor abierta durante una comida con cuatro personas, expresada como una gráfica de nivel de presión sonora  $L_{A,F}$ /dB vs. tiempo. Se constataron niveles máximos de hasta  $L_{A,F} = 85,5$  dB(A) inducidos por los impactos de la vajilla de porcelana y las risas de los niños. La conversación estándar y el sonido de la radio generan  $L_{A,F} = 35 \dots 39$  dB(A). El valor medio del período mostrado es  $L_{A,eq} = 61,2$  dB(A). Con un nivel de ruido de fondo de  $L_{A,eq} = 26$  dB(A), toda incidencia sonora es significativamente más ruidosa.

En las oficinas, una situación acústica como esta sería inaceptable, ya que se considera inadecuada y demasiado ruidosa para la concentración que requiere el trabajo de oficina. La conclusión es que el entorno laboral de una oficina —debido al tratamiento acústico que imponen las normativas de la construcción— es más silencioso que una vivienda particular convencional moderna.

Son extremadamente ruidosas las máquinas de cocina, como p. ej. un robot multiusos picando avellanas. Se detectó un nivel sonoro máximo de  $L_{A,F,máx} = 103,5$  dB(A), y el proceso de picado se mantiene a aprox.  $L_{A,F} = 83$  dB(A); véase la figura 2. En un entorno laboral sería obligatorio llevar protección auditiva al usar este dispositivo. Este nivel superaría cualquier requisito legal relativo al ruido en oficinas.

No obstante, está claro que uno no pica avellanas todos los días, así que también se midió una herramienta de cocina más convencional. Al preparar un *espresso*

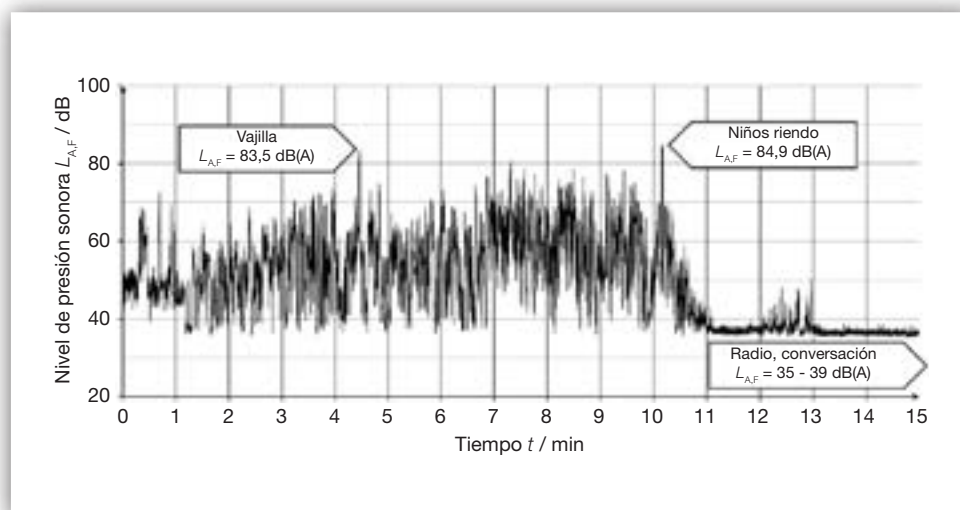
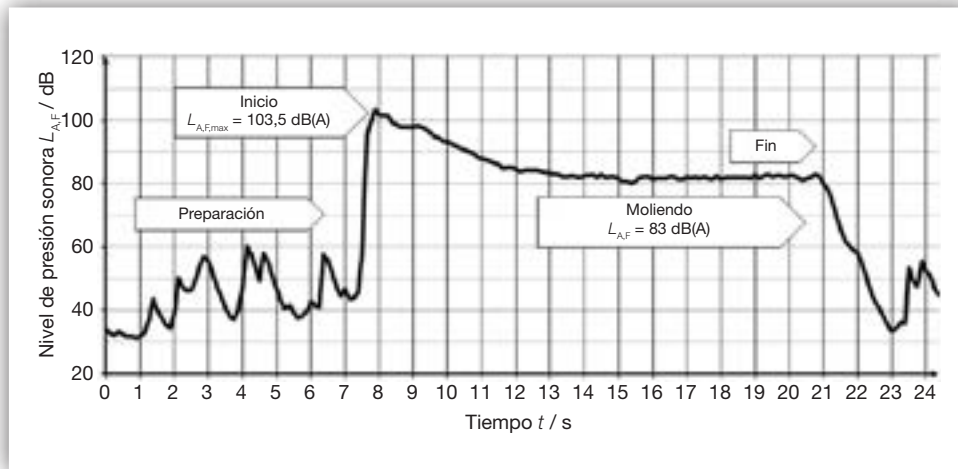


Figura 1. Situación acústica durante un almuerzo en una cocina-comedor de 27 m<sup>2</sup>/65 m<sup>3</sup>.



**Figura 2.** Robot multiusos picando avellanas en una cocina-comedor de 27 m<sup>2</sup>/65 m<sup>3</sup>.

italiano con la correspondiente máquina completamente automática, los valores medidos confirman que para disfrutar de un delicioso café hay que pasar primero por un procedimiento muy ruidoso.

El nivel máximo en la posición del usuario alcanza  $L_{A,F,max} = 75,8$  dB(A), mientras que se detectó un valor medio del proceso en su conjunto de aprox.  $L_{A,eq} = 55$  dB(A) y el proceso de molienda se sitúa en  $L_{A,eq} = 64$  dB(A); véase la figura 3 para conocer los resultados detallados. 80 segundos de ruido solo para disfrutar un *espresso* de 50 ml puede constituir un auténtico reto acústico para todas las personas que se encuentran en la habitación.

¿Qué sucedería entonces si tenemos una fiesta (de cumpleaños) con familiares y amigos que nos piden un café?

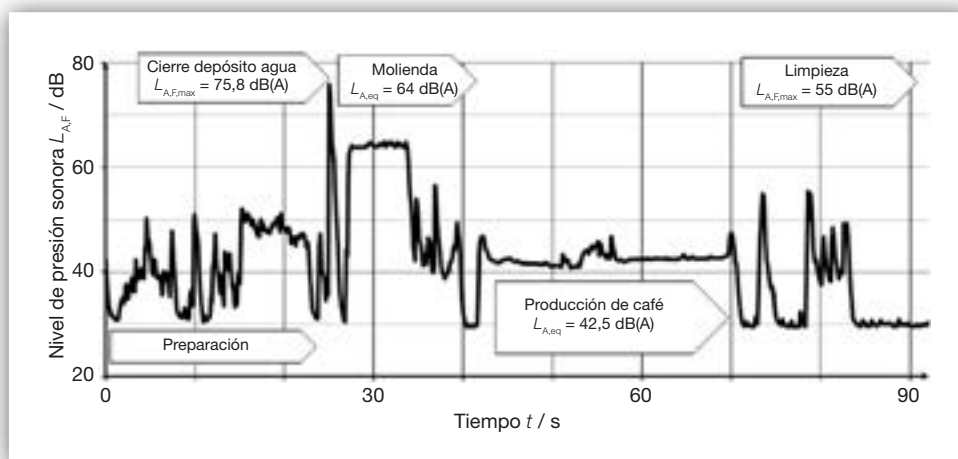
En resumen, podemos constatar que la vida cotidiana en las viviendas particulares puede llegar a ser muy ruidosa y molesta, especialmente si la comparamos con el

ambiente de oficina más silencioso y bien regulado al que estamos acostumbrados durante el trabajo. Algunas medidas para reducir el ruido serían más que bienvenidas.

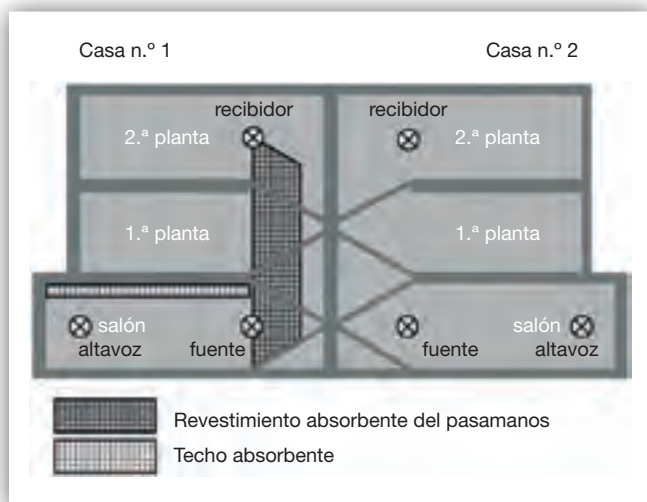
### 5. Comparación entre diferentes salones

El caso de estudio de Sto, llevado a cabo en marzo y abril de 2017 [6], también aborda la acústica dentro de dos zonas de una casa adosada dispuestas a modo de espejo invertido. Las diferencias en cuanto a construcción entre los salones de la planta baja de cada casa son una cocina-comedor abierta (casa n.º 1) frente a una cocina cerrada (casa n.º 2).

El salón de la casa n.º 1 presenta una superficie de unos 50 m<sup>2</sup> con un volumen de aprox. 130 m<sup>3</sup>, incluido salón, cocina-comedor y entrada. El salón de la casa n.º 2 presenta aprox. 41 m<sup>2</sup> y un volumen más reducido de 112 m<sup>3</sup> debido a la cocina cerrada. La figura 4 muestra esquemáticamente la sección vertical.



**Figura 3.** Preparación de un espresso italiano con una máquina específica completamente automática.



**Figura 4.** Sección vertical esquemática de una casa adosada; posición de las fuentes de sonido y los micrófonos para la medición.

Ambos salones estaban amueblados prácticamente de la misma forma, cada uno con un sofá de cinco plazas, mesa de comedor, suelo de madera, cortinas finas de gasa, una única alfombra y algunos elementos decorativos; véase la figura 5.

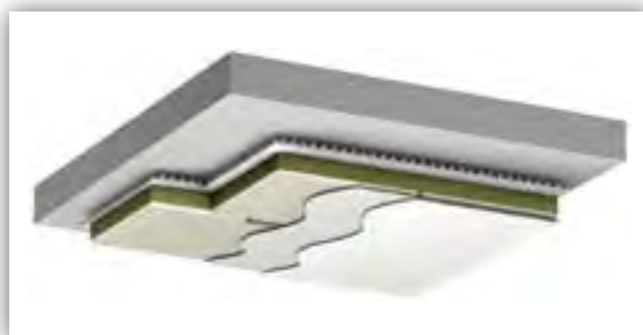
## 6. Solución técnica

La medida adecuada para reducir el ruido consiste en aumentar el área de absorción acústica. En el mercado hay diferentes tipos de absorbentes y sistemas de absorción. Los paneles de pared o los elementos suspendidos absorbentes parecen la variante más sencilla, pero ejercen un impacto sobre el interiorismo.

Los techos suspendidos requieren una altura constructiva y en la mayoría de los casos ofrecen una imagen técnica, p. ej. con sistemas registrables, que no resulta muy adecuada para una vivienda particular y parece con-



**Figura 5.** Vista del salón n.º 1, con cocina abierta, entrada, cocina y vano de escalera



**Figura 6.** Vista esquemática de sistema de techo de 50 mm absorbente sin juntas StoSilent Direct.

tradecir la idea del arquitecto de unas habitaciones abiertas con superficies limpias, blancas y luminosas.

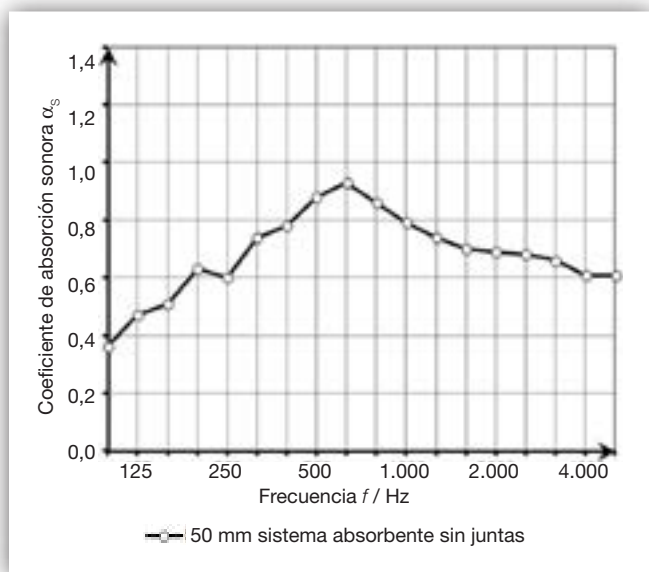
La jugada maestra son unos sistemas sin juntas visibles que al mismo tiempo son absorbentes.

En la casa n.º 1 de nuestro estudio se aplicó una solución invisible (figura 5). La principal diferencia entre los salones de la casa 1 y la casa 2 no se puede ver, pero sí se escucha inmediatamente al entrar. La casa 1 está equipada con un sistema de techo con absorción acústica directamente pegado StoSilent Direct (figura 6), revestido con revoco acústico StoSilent Top Finish, que se extiende por todo el salón, además de la cocina-comedor y el área de entrada; véanse las figuras 4 y 5 para obtener más detalles. El lado inferior de los descansillos de la escalera en la primera y segunda planta también se revistió con este sistema.

A diferencia de los elementos libremente suspendidos (islas acústicas), este sistema despliega una alta absorción especialmente a frecuencias medias y bajas, lo que supone una ventaja en comparación con los sistemas estándar. El gradiente hacia frecuencias superiores no resulta desfavorable, ya que el mobiliario ofrece absorción acústica especialmente a frecuencias altas, pero no a frecuencias medias y bajas.

El sistema StoSilent Direct de techo consta de un adhesivo, una placa de lana de roca y vidrio expandido, tratamiento de juntas, todo ello revestido con revoco acústico. El rendimiento acústico se confirma en el correspondiente informe independiente [6] con  $\alpha_w = 0,75$  según las normas EN ISO 354 [7] y EN ISO 11654 [8]. La figura 7 muestra en detalle el resultado del test para la configuración tipo A.

Parece obvio que lo mejor sería instalar un sistema de techo con la máxima absorción acústica, Clase A según la norma EN ISO 11654 [8]. Sin embargo, se recomienda encarecidamente no hacerlo, ya que un techo 100 % absorbente al sonido intensifica los ecos de las vibraciones (reflexión acústica múltiple entre superficies



**Figura 7.** Absorción acústica según la norma EN ISO 354 para sistema de techo de 50 mm directamente pegado StoSilent Direct.

paralelas, paredes, etc.) hasta un nivel molesto. Por tanto, según demuestra la experiencia de muchos proyectos exitosos, la mejor opción es un techo con  $\alpha_w = 0,70...0,80$ .

Además del techo absorbente, la rejilla de separación del pasamanos de acero en la casa n.º 1 se revistió con una capa doble de tablero de fibra de PE de 8 mm especial de alta absorción, fijado a lo largo de toda la construcción separadora de acero desde la planta baja hasta la segunda planta, a fin de crear un “silenciador de escalera” (figura 8).

## 7. Medición y resultados

Para comparar la situación acústica en ambas casas adosadas, se realizaron las siguientes mediciones:



**Figura 8.** Vista cenital del vano de la escalera, pasamanos de acero revestido con tableros de fibra de PE.

- nivel de ruido de fondo en ambos salones
- tiempo de reverberación en ambos salones
- propagación del sonido en los salones, desde la fuente sonora hasta el micrófono, distancia de 5 m
- transmisión del sonido desde la planta baja hasta el vano de escalera, 2.ª planta

### 7.1. Nivel de ruido de fondo

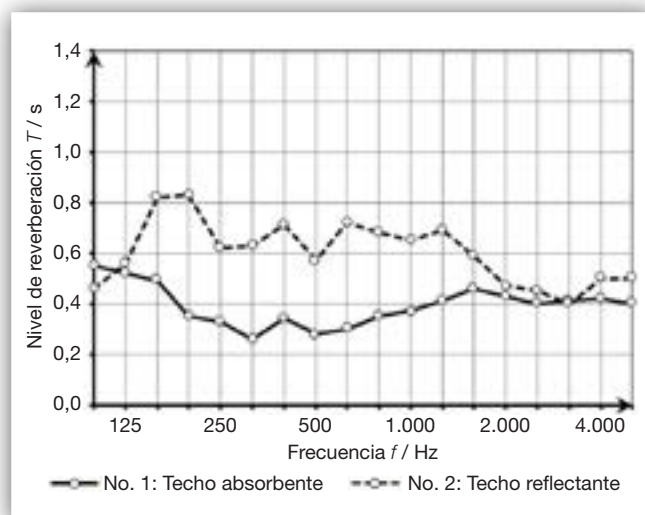
El nivel de ruido de fondo se midió en ambos salones, con un resultado de  $L_{A,F} = 25...27$  dB(A). No hay ninguna diferencia entre la habitación con y sin techo absorbente, ya que solo hay incidencia del sonido desde el exterior a través de la fachada y las ventanas.

La primera impresión, es decir, que hay más silencio en la casa n.º 1 que en la casa n.º 2, se puede confirmar midiendo el tiempo de reverberación; véase la figura 9.

### 7.2. Tiempo de reverberación

En el salón de la casa n.º 1, el valor medio del tiempo de reverberación es de aprox. 0,39 segundos, a diferencia de los 0,6 segundos que se registran en el salón de la casa n.º 2. A partir de 2000 Hz y frecuencias superiores, no hay ninguna diferencia reseñable en el tiempo de reverberación. Esto se debe fundamentalmente al alto nivel de absorción acústica de todos los muebles, las cortinas y la alfombra. El área adicional de absorción del sistema de techo absorbente StoSilent Direct ejerce un menor efecto si la habitación ya está amortiguada acústicamente.

Gracias al techo absorbente, la relación entre la superficie del suelo y el área de absorción  $A_{ed}/S_{suelo}$  se puede incrementar en un mínimo de un 60 % hasta alcanzar más del doble respecto a los valores que se obtienen solo con



**Figura 9.** Tiempo de reverberación T en los salones de las casas n.º 1 y n.º 2, techo absorbente vs. techo reflexivo.

techo de hormigón. Esto se puede calcular usando la fórmula de Sabine, es decir, poniendo en relación el volumen de la habitación y los tiempos de reverberación medidos.

La reducción teórica del ruido provocada por el techo absorbente tal como se ha presentado anteriormente se puede calcular obteniendo valores de  $\Delta L_{\text{absorción}} = 3...4$  dB. En teoría, todo el ruido emitido desde fuentes sonoras con una potencia de sonido constante (como la cafetera, el lavavajillas, etc.) se reducirá en este margen de 3...4 dB en el campo acústico difuso de la habitación. Naturalmente, para el usuario de un electrodoméstico o un robot de cocina, esta reducción carece de efecto si se encuentra cerca del aparato (campo cercano). Para cualquier otra persona que se encuentre más bien alejada de la fuente sonora, se trata de una reducción considerable.

A primera vista parece un valor más bien bajo, pero por suerte las personas adaptan su potencia sonora al hablar a la situación acústica en la que perciben estar. Con el comportamiento inconsciente de la gente de actuar y hablar de una forma más silenciosa en un entorno más anecoico y por tanto menos ruidoso, se contribuye a un mayor confort y a una situación más propicia para relajarse. Lazarus describe este efecto de forma detallada [9].

La primera reacción de quienes visitan la casa n.º 1 a menudo experimentan “algo diferente” a lo que están acostumbrados en otros edificios. La gran ventaja, confirmada por el propietario, es que su propia familia y sus invitados se comportan de forma más silenciosa, hablan más bajo y se sienten menos estresados que en el salón de su vecino con techo reflectante.

También se registra un efecto considerable sobre la forma de comunicación interna de la familia, en general más relajada y silenciosa. Este salón da lugar a un confort considerablemente más alto, perfecto para relajarse y descansar del trabajo.

Al usar el televisor con altavoces externos, la situación en el salón de la casa n.º 1, con un tiempo de reverberación de 0,39 segundos e inferior (véase la figura 9), encaja mucho mejor p. ej. con el estándar de THX que en el salón que solo tiene techo de hormigón. Esto permite aprovechar al máximo la calidad que ofrece el equipamiento multimedia de gama alta.

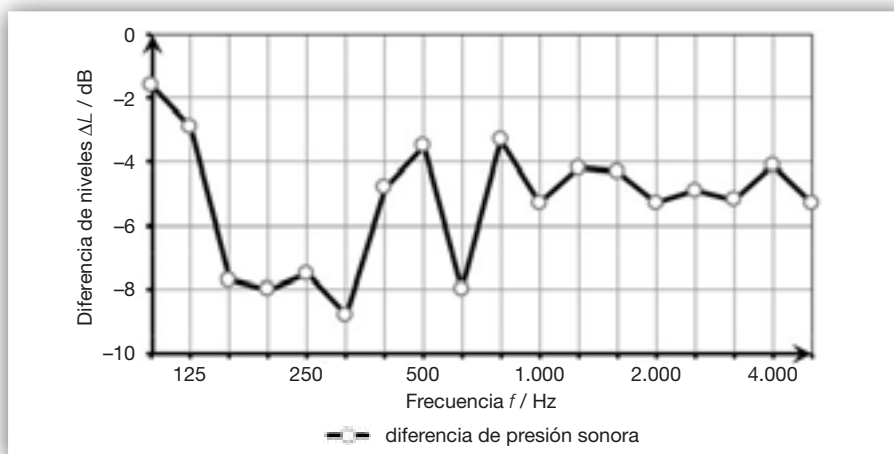
### 7.3. Propagación del sonido

La ganancia de calidad acústica motivada por el techo absorbente se puede confirmar adicionalmente si observamos la propagación del sonido a través del salón.

Para verificar este efecto, se midió en ambos salones el nivel de presión sonora a una distancia de 5 m de un altavoz, calibrado para un nivel de potencia sonora de campo cercano; véanse las figuras 4 y 5 para conocer la posición de los instrumentos. Se eligió este procedimiento porque es prácticamente imposible crear y reproducir como fuente sonora el ruido y el sonido típicos de la gente en su vida cotidiana en ambas condiciones (con y sin techo absorbente). La figura 10 muestra la diferencia entre el nivel de presión sonora con techo absorbente menos el nivel con techo de hormigón. El valor medio de la ganancia es de aprox.  $\Delta L = -5...-6$  dB, de forma que el valor máximo es de aprox.  $\Delta L = -8$  dB (diferencia entre los salones 1 y 2). Nota: la dependencia de la frecuencia no es uniforme o plana.

Esto se puede deber a las reflexiones múltiples entre las paredes paralelas y, naturalmente, a la comparación inusual de los resultados que se dan en diferentes habitaciones.

De esto se derivan unos mejores resultados de confort acústico, sustentados por unos tiempos de reverberación más cortos y por la modificación inconsciente del comportamiento humano: un hogar silencioso y personas silenciosas en un entorno más relajante.



**Figura 10.** Diferencia en el nivel de presión sonora entre la fuente y el receptor, 5 m de distancia; salón 1 (techo absorbente) menos salón 2 (techo de hormigón).

#### 7.4. Transmisión del sonido

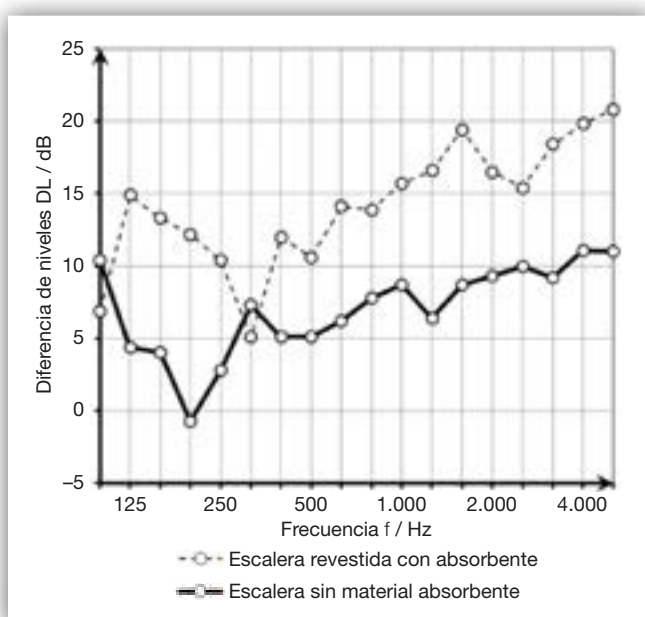
Por último, se examinó la transmisión del sonido desde el salón de la planta baja a través del vano de escalera hasta el pequeño pasillo que hay frente a los dormitorios de la segunda planta. En la figura 8 se muestra el revestimiento absorbente del pasamanos. En la casa n.º 2 había una rejilla de metal abierta a lo largo del pasamanos sin paneles absorbentes y no había sistema absorbente bajo los descansillos.

Para la medición, la fuente sonora se colocó lejos de la escalera en el salón. El nivel de la fuente se midió en la entrada abierta de la escalera; el nivel de recepción se midió en el descansillo de la escalera abierta en la segunda planta. En la figura 11 se muestran los resultados. La superposición de ambas curvas en  $f = 315$  Hz se puede achacar al formato de la escalera. La dimensión abierta de la escalera se corresponde con la longitud de la onda sonora.

El valor medio de la ganancia generada por el revestimiento absorbente es de aprox.  $\Delta L = 7$  dB, mientras que el valor máximo es de aprox.  $\Delta L = 10$  dB o más (diferencia entre las casas 1 y 2). El efecto positivo de esta sencilla medición es que una conversación vespertina en el salón resulta mucho menos molesta p. ej. para los niños que están durmiendo arriba en su dormitorio, ¡y sin necesidad de ninguna puerta de separación adicional!

### 8. Conclusión

Las medidas de absorción acústica, como los sistemas de techo con revestimiento continuo, reducen el ruido y acortan el tiempo de reverberación en la sala



**Figura 11.** Diferencia en el nivel de presión sonora entre la planta baja y la primera planta a través de una escalera abierta, con y sin revestimiento absorbente en el pasamanos.

acondicionada. Los salones grandes, combinados con una cocina-comedor abierta y la zona de entrada, reaccionan positivamente ante elementos absorbentes adicionales. Hay una considerable reducción adicional del ruido comunicativo, ya que las personas reaccionan inconscientemente hablando más bajo en una sala menos ecoica. La calidad aparente de una vivienda particular se puede mejorar hasta alcanzar otro nivel muy superior.

Medidas sencillas, como un revestimiento absorbente en el pasamanos de la escalera abierta, incrementan la separación acústica entre el ruidoso salón de la planta baja y las habitaciones tranquilas de las plantas superiores, y lo hacen sin necesidad de ninguna puerta de separación adicional.

El mercado ofrece soluciones diseñadas para cumplir incluso exigencias ambiciosas tanto del propietario como del arquitecto. La mejor solución es un techo que sea al mismo tiempo “invisible” y con absorción acústica que no ejerce ningún impacto negativo sobre el diseño de la sala. Unos paneles de pared absorbentes adicionales mejorarían la situación acústica.

En general, una vivienda más silenciosa ayuda a recuperarse del trabajo, a incrementar el confort y el bienestar y a ganar calidad de vida en el hogar.

### 9. Referencias

- [1] DIN 4109 Aislamiento acústico en edificios – Parte 1: Requisitos mínimos 7-2016.
- [2] DIN 18041: Calidad acústica en salas – Especificaciones e instrucciones para el diseño acústico de salas 3-2016.
- [3] DIN 52219: Test de acústica de edificios; mediciones de campo del ruido emitido por las instalaciones de agua y de saneamiento 07-1993.
- [4] THX Ltd. Professional Services: Manual de diseño para arquitectos, ingenieros, instaladores y propietarios, 6.ª edición, septiembre de 2008.
- [5] Caso de estudio de Sto 2017 - Informe de mediciones internas, Sto SE & Co. KGaA, A. Niermann.
- [6] Informe del test M100960/15 of 2015-01015 Sto SE & Co. KGaA.
- [7] EN ISO 354: Acústica. Medición de la absorción acústica en una sala con reverberación 12-2003.
- [8] EN ISO 11654: Acústica - Absorciones sonoras para su uso en edificios, calificación de la absorción acústica 7-1997.
- [9] H. Lazarus, “Prediction of Verbal Communication in Noise - A Review: Part 1”, Applied Acoustics 19, 439-464, (1986).



PLATAFORMA DE SOFTWARE FLEXIBLE

# EL SOFTWARE DE SONIDO Y VIBRACIONES QUE TRABAJA IGUAL QUE USTED



## BK CONNECT™ – UNA PLATAFORMA DE SOFTWARE FLEXIBLE DISEÑADA PENSANDO EN SUS NECESIDADES Y TAREAS

BK Connect es la nueva plataforma de análisis de sonido y vibraciones de Brüel & Kjær. Ofrece muchas funciones y prestaciones innovadoras pero, sobre todo, tiene un diseño adaptado a los flujos de trabajo, las tareas y las necesidades de los usuarios. **Para acceder a lo que cada uno necesita, cuando lo necesita.** Es una plataforma fácil de usar, que simplifica los procesos de ensayo y análisis. El usuario trabaja de forma más inteligente, con un alto grado de flexibilidad y un **riesgo de error muy reducido.**

### Ahora introducimos los Applets de BK Connect:

herramientas específicas para tareas específicas, a un precio imbatible.  
Vea más en [bkconnect.bksv.com/es/applets/](http://bkconnect.bksv.com/es/applets/)



**Brüel & Kjær** 

BEYOND MEASURE

**Brüel & Kjær España S.L.**

C/ Teide 5 (Madrid) · 28703 San Sebastián de los Reyes  
Teléfono: +34 91 659 08 20 · Fax: +34 91 659 08 24  
[bruelkjaer@bksv.com](mailto:bruelkjaer@bksv.com)

[www.bksv.com/bkconnect-es](http://www.bksv.com/bkconnect-es)

# ¿NECESITA SIMPLIFICAR LA MEDICIÓN Y EL ANÁLISIS DE RUIDO?

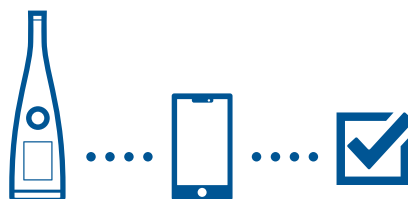
## HECHO



Sea cual sea su sector, seguro que necesita un sonómetro que no dé problemas y que haga el trabajo más rápido y de forma más sencilla. El nuevo B&K 2245 le ofrece total confianza y control, con aplicaciones móviles de cómodo manejo y una funcionalidad adaptada a sus tareas. Con análisis sobre el terreno, fotografías adjuntas, manipulación inteligente de datos desde su PC y mucho más.

Si quiere simplificar su trabajo diario, visite [www.bksv.com/es-es/2245](http://www.bksv.com/es-es/2245)

**LE PRESENTAMOS UN NUEVO SONÓMETRO DISEÑADO A SU MEDIDA.**



**Brüel & Kjær** 

BEYOND MEASURE

**Brüel & Kjær España S.L.**

C/ Teide 5 - S.S. de los Reyes - Madrid - España

Teléfono: +34 91 659 08 20 · Fax: +34 91 659 02 24

[bruelkjaer@bksv.com](mailto:bruelkjaer@bksv.com)