



FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

LA TECNOLOGÍA APLICADA A LA SIMPLIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE AISLAMIENTO ACÚSTICO ISO 16283

Fernández Gimeno, Jorge; Sánchez Mestres, Sebastián;
Brüel & Kjaer España, S.L.
Teide 5
San Sebastián de Los Reyes
España
Tel: +34 916590820
E-Mail: jorge.fernandez@bksv.com; sebastian.sanchez@bksv.com

Palabras Clave:

Instrumentación, tecnología, normativa ISO 16283

ABSTRACT

As the complexity of pertinent regulations increase, it is essential to design sustainable solutions that will reduce measurement time while maintaining compliance to standards and applicable legislations – in short, increase efficiency. While the technological development of acoustic measurement instrumentation has greatly simplified and facilitated the measurement process, Brüel & Kjaer is committed to developing entire solutions that respond to regulatory changes. As in the case of ISO 16283 [1], protocols were implemented that allowed low frequencies to be measured in a simple, direct way regardless of the user's experience, allowing greater confidence that potential regulatory conflicts would be detected and easily resolved.

RESUMEN

El desarrollo tecnológico en instrumentación de medida acústica permite simplificar y facilitar los procesos de medida. El aumento de la complejidad de la normativa de aplicación hace esencial diseñar soluciones sostenibles que permitan reducir los tiempos de medida, realizar las mediciones con mayor confianza detectando posibles conflictos con la normativa y, en definitiva, aumentar la eficiencia de trabajo. Brüel & Kjaer apuesta por instrumentos de medida que se adaptan continuamente a los cambios normativos, como sucede con las normas ISO 16283 [1], tanto en el procedimiento por defecto como el procedimiento a bajas frecuencias de manera simple, directa y que pueda ser aplicado por cualquier tipo de usuario.



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de las empresas tecnológicas relacionadas con las mediciones acústicas es el de responder de forma rápida a los cambios y nuevas necesidades de los mercados. Una de esas necesidades es el cambio o actualización de la normativa y el modo de afrontar los nuevos procedimientos de trabajo. Éste es el caso de la publicación hace unos años del conjunto de normativas ISO 16283.

En este sentido, son muchas las empresas desarrolladoras de soluciones las que proponen al mercado su interpretación de esta necesidad. En los tiempos actuales, desarrollar un nuevo software o nueva aplicación que permita realizar nuevos cálculos resulta sencillo, pero eso sólo es parte de la necesidad. El grado de competitividad del cliente puede verse afectado teniendo que incorporar nuevas herramientas y muchas de las cuales no utilizan realmente el potencial que la tecnología ofrece en este momento. Por ello, se convierten en herramientas sin valor y con un potencial de obsolescencia muy alto.

2. LA TECNOLOGÍA EN LOS SONÓMETROS BRÜEL & KJAER

Desde su fundación, Brüel & Kjaer ha desarrollado sonómetros y otros instrumentos de medida de ruido y vibraciones con el objetivo de cumplir con las exigencias de medida, pero también haciendo que las nuevas tecnologías de cada momento estén presentes y orientadas a mejorar el rendimiento y la rentabilidad de los clientes. En este sentido, los sonómetros 2250/2270 han sido herramientas que muchos usuarios llevan utilizando durante más de 10 años y que todavía hoy son usados con total confianza y, lo que es más importante, actualizados a las nuevas normativas. Si calculamos el retorno de esa inversión, podemos darnos cuenta de lo económico que puede resultar adoptar la tecnología adecuada y desarrollada pensando en el usuario.

A continuación, algunos de los aspectos que, aunque menos visibles, proporciona la tecnología a los sonómetros 2250 y 2270:

- **Modularidad:** anticiparse a futuras necesidades no consiste en adquirir más herramientas, sino en escoger la que pueda crecer a medida que también lo hacen nuestras necesidades. Como ejemplo, si usted realiza medidas de aislamiento acústico, pero puede necesitar medidas de ruido ambiental o de vibraciones, un equipo modular puede ser la mejor opción
- **Personalización:** cuando el sonómetro es utilizado por más de una persona, o para más de una tarea o incluso para más de una normativa, es esencial disponer de la capacidad de personalizar el equipo en función del usuario (Multiusuario), con plantillas predefinidas que reduzcan nuestro tiempo en la toma de decisiones y nos aporten la confianza de que no habrá ningún parámetro fuera de control para esa medición. Es posible introducir contraseñas para asegurar que no se realizan modificaciones no deseadas
- **Documentación de la medición:** los sonómetros 2250 y 2270 disponen de la capacidad de documentar sus mediciones desde el propio sonómetro. Las funciones de anotación de textos y comentarios de voz (o fotografías en el modelo 2270) son de gran utilidad y permiten prescindir de cuadernos de anotaciones de papel, que en ocasiones dificultan un trabajo ágil al tener las manos ocupadas. El sistema de anotaciones de texto se complementa con los Metadatos o etiquetas que el usuario puede configurar a voluntad con textos, números o listas para documentar aspectos repetitivos, como el operador, las condiciones de medida o cualquier otra variable que sea preciso recordar
- **Uso de su Smartphone:** su Smartphone puede ser ya el interfaz de trabajo con los sonómetros 2250 o 2270. Las ventajas del uso de un dispositivo personal son muchas, como por ejemplo el control remoto de su analizador, que le permite trabajar a distancia sin perturbar el campo sonoro. Pero también otros aspectos relacionados con la propia tecnología del Smartphone como una mayor comodidad al visualizar pantallas y parámetros, la posibilidad de documentar la medición con posición GPS, notas de texto, comentarios de voz u otros sonidos, fotografías o vídeos

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

- **Seguridad de los datos:** una vez realizada la medida, todas las mediciones y cálculos se almacenan en la memoria del equipo, pero también pueden almacenarse simultáneamente en la nube (**Cloud**) gratuita que ofrece Brüel & Kjaer a sus clientes. De esta forma, no es necesario volver a la oficina para descargar los datos. Éstos estarán disponibles unos segundos después de haber finalizado, pudiendo ser compartidos con sus compañeros casi en tiempo real
- **Cálculo *in-situ*:** disponer en la palma de la mano del resultado de la medición de aislamiento representa un gran valor y utilidad cuando se quiere asegurar la calidad de las medidas o el cumplimiento, o no, del aislamiento de una partición. Antes de abandonar el lugar de medida, puede asegurarse de que todo ha sido correcto o, en caso contrario, repetir alguna medición o aumentar el número de posiciones
- **Seguimiento de la normativa:** si una normativa está implementada en el instrumento, como la ISO 16283, es de gran ayuda que durante el proceso de medida el sonómetro realice avisos o indicaciones sobre aquellos aspectos que se alejan de lo exigido en la norma. En el siguiente apartado se mostrará con mayor detalle la importancia de visualizar los indicadores de estado para evitar cualquier error
- **Funcionalidades adicionales** aplicadas al proceso de medida, pensadas para ahorrar tiempo o mejorar la calidad global de las mediciones. Como ejemplos, tenemos la combinación de tareas evitando la repetición de medidas, medidas en paralelo/serie, medidas con 2 canales en el modelo 2270, indicadores de estado para evitar errores...

3. APLICACIÓN DE LA NORMA ISO 16283

Sabemos que hay tres tipos de mediciones de la acústica en edificios:

- **Aislamiento al ruido aéreo** es el aislamiento acústico de una sala (sala emisora) a otra sala (sala receptora)
- **Aislamiento al ruido de fachada** es el aislamiento acústico aéreo entre el espacio exterior a la sala y el interior de una sala receptora
- **Nivel de ruido de impacto** es el nivel acústico medido en la sala receptora procedente de una máquina de impactos normalizada situada en la sala emisora



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

De forma general, la evaluación de estas tareas se basa en mediciones espectrales de ruido en bandas de 1/1 octava o 1/3 de octava y en un margen de frecuencias máximo entre 50 - 5000 Hz. Se utiliza la siguiente nomenclatura para identificar qué estamos midiendo:

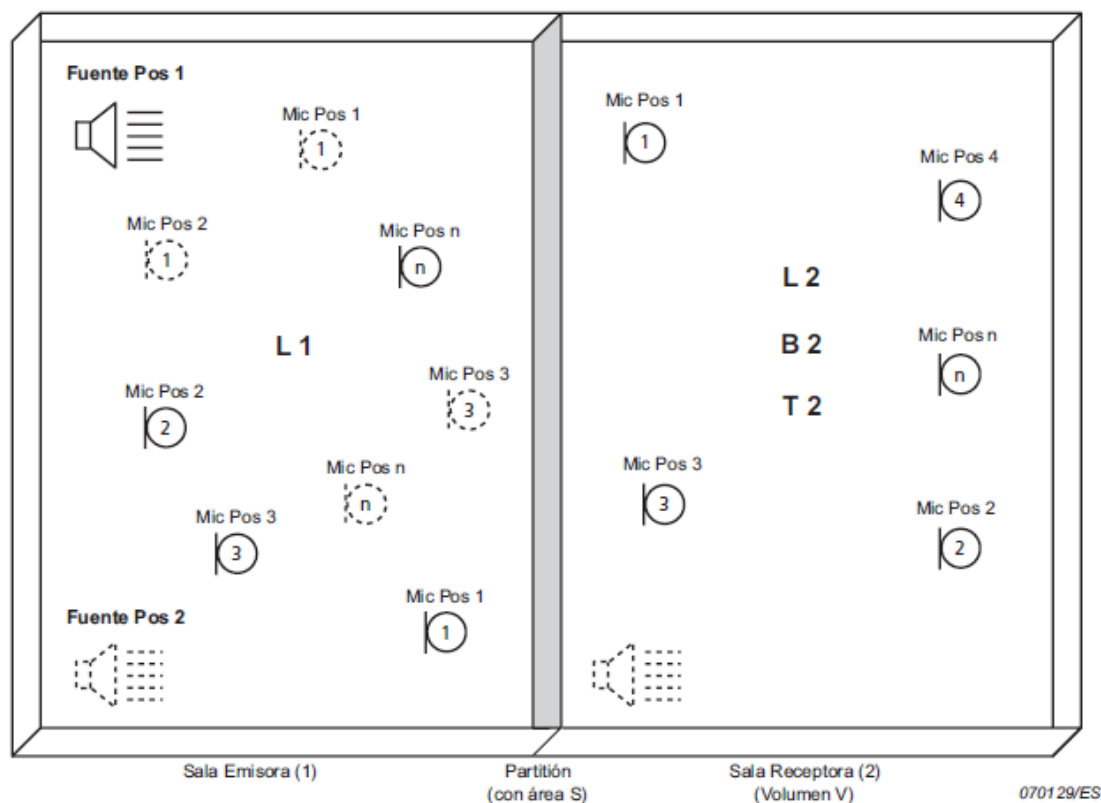
- **L1** se refiere a la medición de nivel acústico en una Sala Emisora (1). Se utilizan para el cálculo del aislamiento del ruido aéreo
- **L2** se refiere a la medición del nivel acústico en una Sala Receptora (2). Se utilizan para los cálculos de aislamiento del ruido aéreo e impacto acústico
- **B2** se refiere a la medición del ruido de fondo en un Sala Receptora (2). Se utilizan para las correcciones del nivel del ruido de fondo en los cálculos de nivel de aislamiento aéreo y del impacto acústico
- **T2** se refiere a la medición del tiempo de reverberación en una Sala Receptora (2). Se utilizan para cálculos de aislamiento a ruido aéreo y a impacto



La configuración típica de una medida de aislamiento sería la siguiente, en el que se indican diferentes posiciones de altavoz en la Sala Emisora (1) y las distintas posiciones de micrófono (medida) en ambas salas (Emisora y Receptora):

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

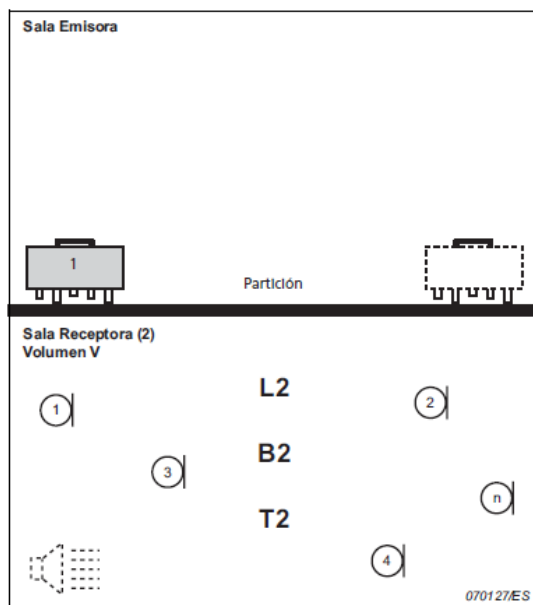
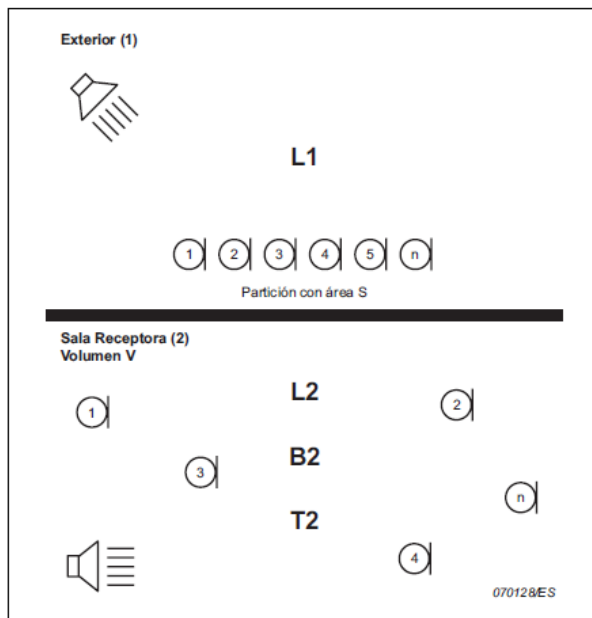


Aunque la norma plantea diversos procedimientos de medida, usando el procedimiento de posiciones fijas a distancias mínimas para el cálculo del aislamiento se utiliza el resultado promedio de los espectros, con las consideraciones que indica la normativa. En el caso de la normativa ISO 16283, el promediado de L1 y L2 se realiza por separado para cada posición de fuente, mientras que, en otras normativas, este promediado es conjunto independientemente de la posición de la fuente. Por ello, los equipos permiten preparar de antemano el **plan de trabajo** de manera que estén predefinidas tanto el número de posiciones de fuente como de micrófono, así como el orden de medida. De esta forma, el equipo calculará automáticamente los parámetros en la forma en que se han definido en la norma.

Para las mediciones de aislamiento de fachada o de ruido de impactos, las configuraciones de medida serían las siguientes:

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

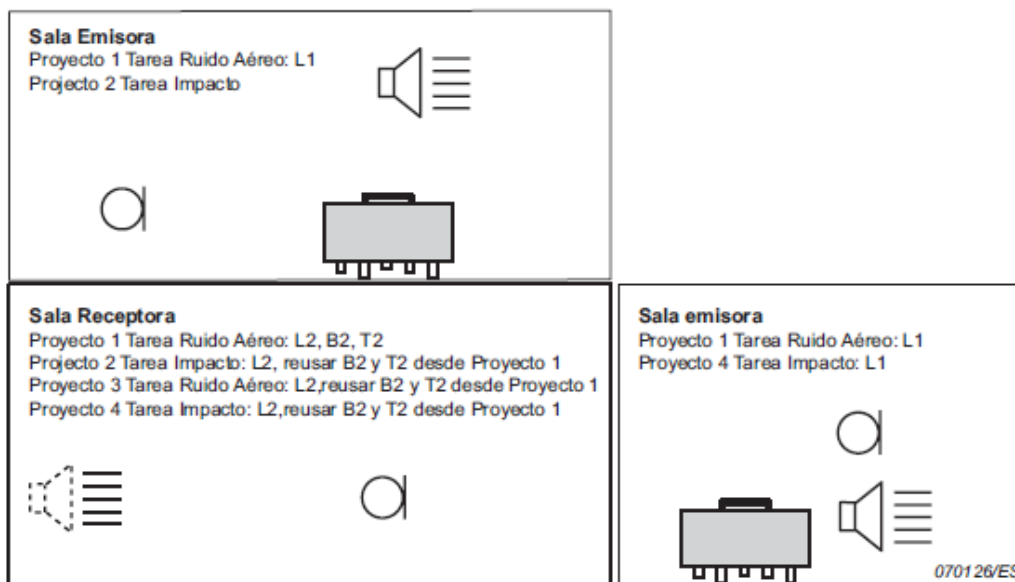


4. OPTIMIZACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE MEDIDA

Los equipos 2250/2270 permiten la **combinación de tareas y mediciones**. Esta característica es de inestimable ayuda cuando se realiza la medida para más de una partición de una habitación, cuando se realiza más de una tarea para la misma habitación o partición, o también cuando se miden varias habitaciones físicamente idénticas. En estos casos, algunos parámetros pueden medirse sólo una vez para reutilizarse en los cálculos de varias particiones, tareas o habitaciones. Se muestra un ejemplo en esta figura:

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre



La necesidad de una fiable base de datos es más que evidente. También es importante poder acceder a esta funcionalidad de manera sencilla e intuitiva.

Otra de las ventajas del uso de equipos como los 2250/2270 es la disponibilidad de un **generador interno** de ruido Rosa o ruido Blanco en el propio sonómetro. Se trata de una función muy apreciada por los usuarios ya que, con una simple conexión vía radio, podemos emitir el ruido desde el equipo hasta cualquier amplificador/altavoz y tener un control total sobre la emisión. De esta forma, podemos definir tanto el tiempo en que se emite el ruido (sincronizado con la medida), pero también añadiendo tiempos de escape o de emisión inicial. También podemos definir qué frecuencias o margen de frecuencias queremos emitir, e incluso realizar una pre-equalización con el fin de adaptar la emisión a las características del altavoz utilizado.

Cuando durante una medición tenemos la situación en que la relación señal-ruido de alguna banda de frecuencia es demasiado baja, el uso del generador interno nos aporta otra gran ventaja: las **medidas en serie**. Normalmente las mediciones de los espectros de ruido o tiempos de reverberación se realizan en paralelo, es decir, todas las bandas de frecuencia simultáneamente. Sin embargo, en ocasiones, el ruido de fondo (B2) es demasiado alto o la señal a medir (L2) es muy débil. Este hecho suele ocurrir en frecuencias bajas y por ello los 2250 y 2270 permiten realizar una medida en serie, únicamente de aquellas bandas de interés, concentrando la potencia de emisión del generador también solamente en esas frecuencias. De esta forma, al repetir la medición de esas bandas problemáticas, podemos aumentar la diferencia con el ruido de fondo y fusionar los resultados con la medida inicial. Este método puede usarse también para repetir mediciones de L1 y L2 dónde las bandas adyacentes de L1 no difieran en más de 8 dB como indica la norma ISO 16283 (o 6 dB en la ISO 140 [2]). Aplicando este método, podríamos incrementar el nivel en una banda de 1/3 de octava en hasta 10 dB.

Uno de los aspectos que ha más llamado la atención con la publicación de la norma ISO 16283 es la necesidad de realización de **medidas de baja frecuencia** (entre 50 y 80 Hz) cuando una o ambas salas tengan un volumen menor de 25 m³. En estas salas no es posible aproximar el campo sonoro a un campo difuso y se requieren unas mediciones adicionales particulares. Las funciones que requieren la medida de baja frecuencia son:

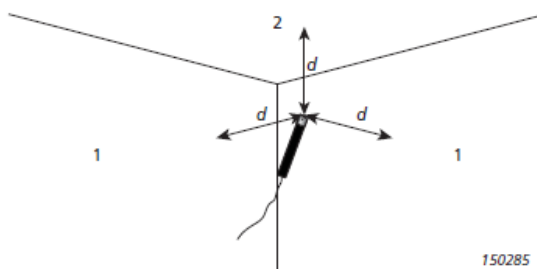
FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Function	Room Size	
	Source Room < 25 m ³	Receiving Room < 25 m ³
L1	Yes	No
L2	No	Yes
B2	No	Yes
T2	No	Yes

Las medidas consisten en:

- un conjunto de medidas de L1, como mínimo en 4 esquinas (dónde $V1 < 25 \text{ m}^3$)
o bien
- un conjunto de medidas de L2 y B2, como mínimo en 4 esquinas, y una medición de T2
que no sea medida en una esquina (cuando $V2 < 25 \text{ m}^3$)
o bien
- todas las mediciones anteriores cuando $V1$ y $V2 < 25 \text{ m}^3$

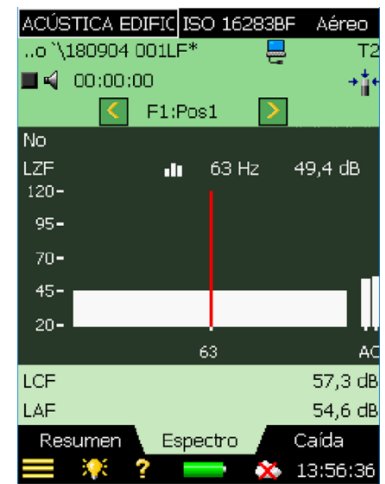
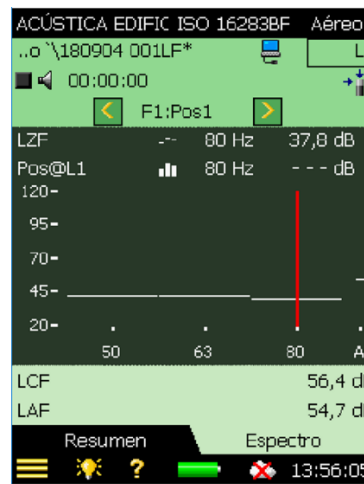
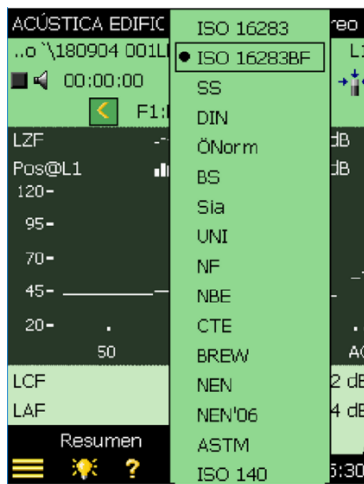


Para ello, los modelos 2250 y 2270 han incorporado una plantilla adicional de Baja Frecuencia para complementar la medición estándar. Esta plantilla toma el nombre ISO 16283BF y permite también realizar la medida del tiempo de reverberación en banda de 1/1 octava a 63 Hz, aunque las mediciones de los espectros de ruido estén en 1/3 de octava. Todas las mediciones se fusionan en el propio equipo para obtener el resultado que incluye esta corrección de bajas frecuencias.

A continuación, se puede ver la elección de la normativa ISO 16283BF (de entre todas las normativas posibles en la versión actual) y el rango de frecuencias que el propio equipo determina para la medida de L1 y T2:

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre



En algunos casos, resulta de gran utilidad la **medición con 2 canales**, pudiendo posicionar 2 micrófonos en los puntos de medida y que éstos midan de forma simultánea. Estas dos posiciones pueden estar dentro de la misma sala o uno en cada sala. En medidas de aislamiento de fachadas, dónde se utilice el ruido de tráfico, esta característica resulta prácticamente imprescindible y el modelo 2270 permite esta funcionalidad. La medida de 2 canales está disponible tanto en L1, L2, B2 o T2.

Durante el transcurso de las mediciones, disponer de **indicadores de calidad de la medida** [4], es de gran ayuda para tener controlados todos los detalles y exigencias de la normativa. Para mayor facilidad visual, los indicadores de calidad se asocian a emoticonos de color amarillo o rojo, en función de la gravedad del parámetro a controlar.

- Emoticono amarillo: 😊
- Emoticono rojo: 😡

En los equipos 2250/2270 hay alrededor de 30 indicadores de estado y en el espectro, pueden aparecer los pequeños emoticonos en alguna banda de frecuencia. Se puede seleccionar la banda de frecuencia con el cursor y pulsar el emoticono para ver la explicación. A continuación, mostramos algunos ejemplos de indicadores de calidad asociados a su emoticono:

Código de estado	Emoticono	Explicación	Descripción
M	😊	Entrada manual de datos	Tiempo de reverberación introducido por el usuario
y	😡	Excesivo ruido de fondo	El ruido de fondo para el tiempo de reverberación está por encima del punto más bajo de evaluación
k	😊	Caída no lineal	Coefficiente de correlación lineal es muy bajo (menor de 0.005 o $\xi(X_i) > 10\%$)
s	😊	Medido en serie	La banda de frecuencia ha sido medida usando ruido de banda limitada
L	😊	No se ha encontrado proyecto de ISO 16283BF	Es preciso calcular los parámetros de baja frecuencia según ISO 16283

FIA 2018

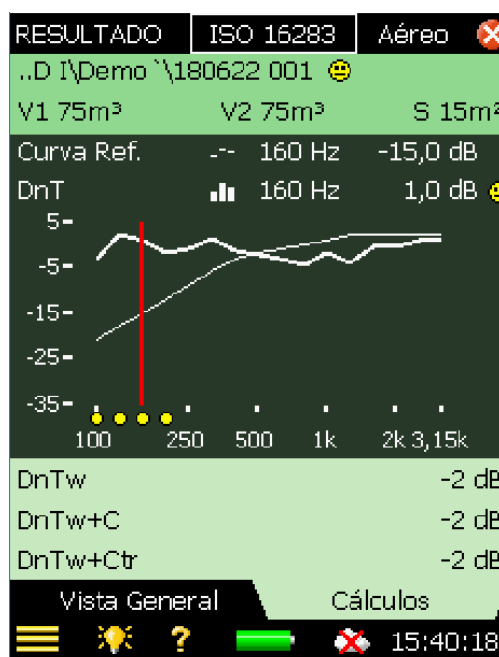
XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Estos indicadores permiten un control total de una medida que debe tener en cuenta aspectos de la normativa. Si no hay código de estado, no habrá emoticono. En el caso de que en una determinada banda de frecuencia exista la necesidad de varios indicadores de estado que requieran un emoticono amarillo, entonces aparecerá sólo uno amarillo. Sin embargo, si alguno de los indicadores requiriera un emoticono rojo, será el rojo el que aparezca como aviso en esa banda. La explicación se muestra de forma sencilla, simplemente punteando sobre el emoticono.

5. OBTENCIÓN DE RESULTADOS

El objetivo final de cualquier medición es obtener un **resultado** calculado en base a las mediciones y con los cálculos que requiera la normativa. Los cálculos se visualizan en forma de gráfica, o tabla para mayor detalle, y es posible escoger según la Tarea y Norma seleccionada. En el caso de aislamiento a ruido aéreo según ISO 16283, tendríamos la posibilidad de escoger:

- D
- Dn
- DnT
- R'
- R



Todos los datos, cálculos y resultados podrán trasladarse a un software de PC para poder procesar con mayor detalle cualquier proyecto. Los softwares de PC (como Qualifier 7830) permiten recalculer cualquier medición, plantear alternativas modificando datos, extraer conclusiones y, por supuesto, realizar informes normalizados según las normas ISO 717 [3], por ejemplo.

6. CONCLUSIONES

El cambio normativo en el procedimiento de medida de aislamiento acústico "in situ" ha obligado a un mayor esfuerzo por parte de todos los agentes del sector de la construcción para llegar a cumplir el nivel de aislamiento acústico exigido. Además, dicho cambio ha provocado



FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

muchas modificaciones a la hora de medir ya que la norma ISO 140 ha sido la norma de referencia durante muchos años, hasta la llegada de la norma ISO 16283.

Disponer de una instrumentación acústica que se va adaptando a la modificación normativa, simplifica y reduce el tiempo de adaptación. Además, los sonómetros de Brüel & Kjaer 2250/2270 permiten realizar el cálculo en la palma de la mano para tener en todo momento el resultado del aislamiento y poder tomar decisiones y conclusiones antes de abandonar el lugar de la medida. Todo ello con herramientas que validan y aseguran cada una de las mediciones, garantizando la fiabilidad de estas.

7. REFERENCIAS

- [1] ISO 16283-1:2014, Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation
- [2] ISO 140-4:1998, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building Elements – Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms
- [3] ISO 717-1:2013, Acoustics – rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation
- [4] Manual de Usuario software de Acústica de Edificios BZ-7228 – Brüel & Kjær