



## ESTADO DEL ARTE DE LA PRECISIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO GLOBAL DE FACHADAS UTILIZANDO EL RUIDO DE TRÁFICO COMO SEÑAL DE EXCITACIÓN, DE ACUERDO A NORMA UNE-EN ISO 140-5:1994

Juan Sancho Gil<sup>1</sup>, Lidia Reguero Cano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación  
Universidad Politécnica de Madrid

[jsancho@diac.upm.es](mailto:jsancho@diac.upm.es)

[liidiaregcan@gmail.com](mailto:liidiaregcan@gmail.com)

### Resumen

En este trabajo se hace un estudio de la precisión de los resultados obtenidos en la medición del aislamiento acústico a ruido aéreo global de fachadas, utilizando el ruido de tráfico como señal de excitación, de acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 140-5 *Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas*. Se exponen los resultados obtenidos en el ejercicio interlaboratorio *Fachada Tráfico-2015*. Se trata de una intercomparación (prueba de aptitud, PT), en la que han participado 8 laboratorios realizando 5 ensayos cada uno. A partir de los resultados obtenidos en esta PT, se dispone de una información muy valiosa del estado del arte de la precisión correspondiente a este método de ensayo.

**Palabras-clave:** Prueba de aptitud, precisión, intercomparación, repetibilidad, reproducibilidad.

### Abstract

This paper covers a research study about the accuracy of results which are obtained from measuring the insulation of airborne sound of façades by the global method. Traffic noise is used as arousal signal. The performed is in agreement with the standard ISO 140-5:1998 *Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades*. The results are exposed in the interlaboratory exercise *Fachada Tráfico-2015*. This exercise is an intercomparison (proficiency test, PT) in which eight laboratories are involved and five essays are developed by each one. As a result of this PT, valuable information is obtained, referred to the state of art of the accuracy belonging to this essay method.

**Keywords:** proficiency test, accuracy, intercomparison, repeatability, reproducibility.

**PACS no.** 43.58.+z



## 1 Introducción

Los elementos constructivos que conforman cada paramento de un edificio, particiones, fachadas, cubiertas, medianerías y suelos, deben tener, en conjunción con los elementos constructivos adyacentes, unas características tales que se cumplan unas exigencias mínimas en:

- Aislamiento acústico a ruido aéreo entre un recinto y el exterior
- Aislamiento acústico aéreo entre recintos
- Aislamiento acústico a ruidos de impacto
- En general, deben tomarse medidas para limitar los niveles de ruido y de vibraciones que las instalaciones puedan transmitir a los recintos destinados a áreas de elevada sensibilidad acústica.

En el ámbito de la acústica, la serie de normas ISO 16283 describen los métodos de medida del aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos.

En lo que respecta al aislamiento acústico a ruido aéreo entre un recinto y el exterior, actualmente existen varios métodos para medir el aislamiento acústico a ruido aéreo de fachadas y elementos de fachada, y están especificados en la Norma UNE-EN ISO 140-5:1999 *Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas* [1], que está siendo sometida a revisión por la ISO 16283-3. En esta Norma [1] se establecen dos métodos de medición del aislamiento acústico a ruido aéreo de fachadas: método para elementos y método global. Los métodos para elementos persiguen cuantificar el índice de reducción sonora de un elemento de fachada, por ejemplo una ventana. Los métodos globales pretenden valorar la diferencia exterior/interior en las condiciones de ruido existentes. Ambos pueden ser llevados a cabo mediante dos técnicas: usando un altavoz como fuente sonora artificial, o empleando como fuente sonora el ruido de tráfico existente en el lugar. Esta segunda técnica de ruido de tráfico es la menos empleada en la práctica habitual de los ensayos acústicos del ámbito de la edificación, debido a que pocas veces se reúnen las condiciones necesarias para su aplicación, a pesar de que la Norma comenta que, para el método global: '*Los métodos globales más precisos usan el ruido de tráfico como fuente de ruido*' [1].

En este artículo se hace especial hincapié en el estudio de la precisión que se puede obtener al aplicar el método de ensayo global con ruido de tráfico. En general, es importante disponer de datos de precisión de los métodos de ensayo, pues sirven de referencia a los laboratorios para evaluar la precisión de los resultados, cada vez que aplican el método de ensayo. Cuando las normas de ensayo no aportan datos concretos de precisión obtenidos en base a un *Round Robin*, pueden utilizarse como referencia básica datos obtenidos en pruebas de aptitud PT [2]. Estas pruebas de aptitud aportan datos de precisión, como son: la desviación típica de repetibilidad conjunta  $S_r$  y la desviación típica de reproducibilidad  $S_R$ . La Norma ISO 5725-2:1994 [3] proporciona la metodología para abordar el tratamiento estadístico de los resultados de los participantes con el fin de obtener estos datos de precisión.

En la actualidad, la precisión de los resultados del aislamiento acústico a ruido aéreo de fachadas, obtenidos al aplicar el método global con ruido de tráfico definido en la Norma UNE-EN ISO 140-5:1999, es desconocida [1]. Por este motivo, este artículo se centra en aportar datos prácticos sobre la precisión que puede alcanzarse al aplicar este método de ensayo.

Por otra parte, al tratarse de una prueba de aptitud, también se ofrece a los laboratorios participantes la evaluación del desempeño aplicando los métodos de análisis estadístico clásico, especificados en ISO 5725-2:1994 [3], y los métodos de análisis estadístico robusto, especificados en la ISO 13528:2005 [4].



Los autores de esta comunicación al congreso promueven la realización de un ejercicio interlaboratorio que cubra, en rangos medios de aislamiento, uno de los ensayos *in situ* menos utilizados en el ámbito de la acústica de la edificación, como es la medición del aislamiento acústico a ruido aéreo de fachadas por el método global utilizando el ruido de tráfico como señal de excitación, con el objetivo de obtener valores de precisión que sirvan de referencia para la aplicación de este método [2].

## 2 Estado del arte de la aplicación del método. Datos de precisión [2]

En Mayo de 1999 se publicó la Norma española UNE-EN ISO 140-5 *Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas*. Esta Norma es la versión oficial, en español, de la Norma europea EN ISO 140-5 de Agosto de 1998 que a su vez adopta íntegramente la Norma internacional ISO 140-5:1998. En el momento de su publicación, no se disponía de información relativa de la repetibilidad y reproducibilidad de los métodos de ensayo, cuando se emplea ruido de tráfico como fuente de excitación y que se describe en dicha Norma. Es por esto que, para obtener datos de precisión de este método, se realiza un ejercicio de intercomparación entre laboratorios, ya que no consta que, durante los años siguientes a la publicación de la Norma, se hayan realizado ejercicios interlaboratorio, para el caso de utilizar el ruido de tráfico como señal de excitación.

## 3 Metodología: limitaciones de la norma

El parámetro global es  $D_{tr,2m,nT}$  (dB), medido para fachada completa en bandas de tercio de octava en el rango de frecuencias 100 Hz a 5000 Hz, aunque la Norma [2] puede restringir el margen de frecuencias hasta 3150 Hz.

Algunos factores de influencia hacen que los niveles de ruido sean más estables (buena repetibilidad): menor muestreo espacial y el uso de una carretera con un nivel de ruido de tráfico rodado adecuado y estable.

Una serie de etapas previstas relacionadas con la supervisión, seguimiento y control del elemento de medición se consideran en una fase de control para asegurar la estabilidad del escenario de medida y la homogeneidad de los niveles sonoros.

En la intercomparación *Fachada Tráfico-2015*, cada laboratorio presentó los valores de la diferencia de niveles estandarizada de la fachada bajo estudio,  $D_{tr,2m,nT}$ , en bandas de tercio de octava desde 100 Hz hasta 5000 Hz ambas inclusive, el valor global  $D_{tr,2m,nT,w}$  obtenido según la Norma UNE-EN ISO 717-1:2013 [5] y el valor global ponderado A  $D_{tr,2m,nT,A}$  obtenido según el Documento Básico HR *Protección frente al ruido* del Código Técnico de Edificación [6]. Mediante tratamiento estadístico clásico de los resultados de los participantes se determinó el valor asignado y la precisión del ejercicio de intercomparación. El rendimiento de cada uno de los participantes se determinó mediante métodos de tratamiento estadístico clásico y robusto.



## 4 Evaluación estadística de la aptitud y rendimiento

Se emplean dos tipos de tratamiento estadístico de los datos:

- Tratamiento estadístico clásico basado en el método de cálculo descrito en la Norma ISO 5725-2 [3] mediante el cual se obtendrán los datos de la precisión del ejercicio y el desempeño de los participantes, una vez excluidos los laboratorios con resultados aberrantes.
- Tratamiento estadístico robusto basado en el método de cálculo descrito en la Norma ISO 13528 [4] mediante el cual se obtendrá el rendimiento de cada uno de los participantes.

### 4.1 Tratamiento estadístico clásico

Un método de ensayo siempre aporta parámetros indicativos de la precisión del método, siendo los más habituales, la repetibilidad y reproducibilidad, que se definen como diferencias críticas con un nivel de probabilidad del 95%. Como se ha indicado anteriormente, la Norma UNE-EN ISO 140-5 no aporta ninguno de estos datos [1] y, por tanto, para poder disponer de información sobre estos datos de precisión se llevó a cabo la prueba de aptitud *Fachada Tráfico-2015* [2].

Para obtener datos de precisión del ejercicio, el protocolo describe un tratamiento estadístico clásico basado en la Norma ISO 5725-2 [3]. Este método clásico está basado en estadística paramétrica, es decir, para poder aplicarlo los datos deben seguir una distribución estadística normal. Además el valor asignado es muy sensible a los resultados extremos, por lo que las pruebas de detección de valores discrepantes son imprescindibles. Las pruebas de valores discrepantes aplicadas son:

- Test de Cochran: basado en la medida de la repetibilidad, analiza datos con alta dispersión y detecta y elimina resultados con varianza intralaboratorio significativamente mayor que la del resto de participantes.
- Test de Grubbs simple: basado en la distancia entre valores extremos y la media, en unidades de desviación típica, detecta y elimina resultados extremos.

Aún con todo ello, debe prevalecer el juicio crítico del organizador para decidir qué valores son realmente anómalos.

Los resultados globales arrojados por este método son el valor asignado y los valores (o límites) de repetibilidad y reproducibilidad, expresados en términos de desviación típica.

- El valor asignado, una vez detectados los laboratorios con valores discrepantes, se calcula a partir de la media de los resultados obtenidos por los laboratorios no discrepantes, basado en la distribución de los datos de los participantes después de la verificación de la normalidad.
- Para definir la variabilidad, se calculan los valores de desviación típica de repetibilidad  $S_r$  y desviación típica de reproducibilidad  $S_R$ , con un nivel de probabilidad del 95%, expresado en términos de repetibilidad y reproducibilidad:

$$r = 2,8 \cdot S_r \quad R = 2,8 \cdot S_R \quad (1)$$

Para la evaluación del rendimiento de cada uno de los participantes se emplea el índice *Z-score* [4], una vez descartados los laboratorios con resultados discrepantes.



## 4.2 Tratamiento estadístico robusto

Para obtener el desempeño de cada uno de los laboratorios participantes, el protocolo describe un tratamiento estadístico robusto basado en la Norma ISO 13528:2005 [4].

Este método robusto es el que se emplea cuando no hay evidencias de que los datos siguen una distribución Gaussiana. La menor influencia de los valores extremos en la exactitud y dispersión de los resultados hace innecesaria la aplicación de pruebas de detección de valores discrepantes.

Los resultados globales obtenidos por este método son el valor asignado y la desviación estándar de reproducibilidad  $S_R$ . Ambos se calculan aplicando el Algoritmo A de análisis robusto especificado en el Anexo C de la Norma ISO 13528:2005 [4].

Para la evaluación del rendimiento de cada uno de los participantes se emplea el índice *Z-score* [4].

## 5 Resultados

En la Tabla 1 se muestran los resultados en tercios de octava y valores globales, del valor asignado en la intercomparación y los límites de repetibilidad  $r$  y reproducibilidad  $R$  obtenidos mediante la aplicación del método clásico, de acuerdo a la Norma ISO 5725-2 [3].

Tabla 1 – Resultados globales método clásico.

Frecuencia [Hz]	Valor asignado	Límite de Repetibilidad ( $r$ )	Límite de Reproducibilidad ( $R$ )
100	28,1	3,00	10,06
125	28,2	2,91	5,38
160	22,2	2,72	6,03
200	23,1	2,16	6,36
250	27,1	2,03	3,66
315	24,2	3,11	5,24
400	29,1	2,59	5,80
500	30,7	1,99	3,61
630	29,8	1,21	3,67
800	29,9	1,12	3,18
1000	28,9	1,10	2,90
1250	27,0	1,22	2,79
1600	26,1	1,22	3,47
2000	26,8	1,50	4,33
2500	28,9	2,96	4,85
3150	28,6	4,19	5,56
4000	30,3	4,27	7,39
5000	28,9	3,65	12,63
Dtr,2m,nT,w	28,3	1,36	2,95
Dtr,2m,nT,A	27,1	1,67	3,65



Un análisis inmediato de los datos presentados la Tabla 1, permite afirmar que los valores obtenidos en los tercios de octava de 4000 Hz y 5000 Hz son claramente poco precisos, especialmente el resultado correspondiente al tercio de octava de 5000 Hz. Los valores de repetibilidad y, sobre todo, los de reproducibilidad son muy elevados, lo que indica claramente una falta de precisión en estas bandas. Por otra parte, no se constató durante la realización de los ensayos la existencia de evidencias, de falta de estanqueidad en la fachada ensayada, para que el valor del aislamiento en 5000 Hz sea menor que el aislamiento en el tercio de 4000 Hz. En la banda de 100 Hz también se observa falta de precisión, dado el valor tan elevado de reproducibilidad, pero en este caso el valor obtenido es más parecido a de los valores típicos de precisión de este tipo de ensayos. Los resultados presentados en la Tabla 1 nos indican que las medidas de aislamiento de fachadas utilizando el tráfico como fuente de ruido, deberían limitarse hasta la banda de 3150 Hz.

En la Tabla 2 se muestran los resultados en tercios de octava y los valores globales, del valor asignado, la desviación típica de reproducibilidad y la incertidumbre del valor asignado obtenidos al aplicar el método robusto, dado por la Norma ISO 13528:2005 [4].

Tabla 2 – Resultados globales método robusto.

Frecuencia [Hz]	Valor asignado	Desviación estándar de reproducibilidad ( $S_R$ )	Incertidumbre
100	27,1	3,83	1,69
125	28,2	1,91	0,84
160	21,9	1,13	0,50
200	23,4	0,61	0,27
250	27,1	1,40	0,62
315	24,5	1,67	0,74
400	29,5	1,28	0,57
500	30,7	0,55	0,24
630	29,8	0,81	0,36
800	29,7	0,69	0,30
1000	28,9	0,86	0,38
1250	26,8	0,72	0,32
1600	26,0	1,11	0,49
2000	26,8	1,60	0,71
2500	28,9	1,64	0,73
3150	28,7	0,87	0,39
4000	29,7	3,16	1,40
5000	27,4	4,65	2,06
Dtr,2m,nT,w	28,1	0,66	0,29
Dtr,2m,nT,A	27,1	1,04	0,46

Si comparamos el valor asignado obtenido mediante el abordaje clásico y el obtenido mediante la aplicación de la estadística robusta, se puede afirmar que los resultados son prácticamente iguales en todos los tercios de octava, difiriendo ligeramente en la primera banda y en las dos últimas bandas, donde se dan los elevados valores de reproducibilidad e incertidumbre. En la Tabla 2 se ha añadido la columna correspondiente a la incertidumbre del valor asignado, en ella se ratifica nuevamente la falta de precisión en los tercios de octava de 4000 Hz y 5000 Hz.

## 6 Análisis de resultados

En este apartado se ha representado gráficamente, en la Figura 1 el valor del asignado del aislamiento acústico a ruido aéreo estandarizado de fachada,  $D_{Tr,2m,nT}$  en tercios de octava. Las dos curvas se corresponden con los valores asignados después de procesar los datos de los participantes, una de ellas se ha obtenido aplicando el método clásico y la otra aplicando el método de estadística robusta. El valor asignado por el método clásico se basa en el valor medio de los participantes después de eliminar los discrepantes, y el valor asignado mediante el método robusto se obtiene como valor de la mediana sin eliminar discrepantes.

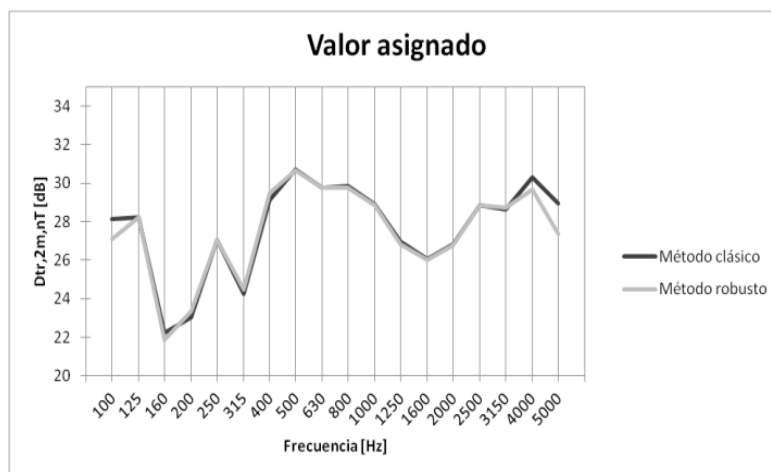


Figura 1 – Valor asignado del aislamiento acústico a ruido aéreo estandarizado de fachada,  $D_{Tr,2m,nT}$ , aplicando el método clásico y el método de estadística robusta.

En la Figura 1 se observa que los resultados son prácticamente idénticos salvo en el tercio de 100 Hz y en el tercio de 4000 Hz y 5000 Hz. En los tercios de octava donde coincide la media y la mediana nos informa que el conjunto de los datos se distribuyen de forma aproximadamente lineal. Debemos notar que aunque se trata de un conjunto de ocho datos correspondientes a ocho laboratorios, cada laboratorio realizó cinco ensayos completos. Tanto en los tercios de 100 Hz como en las andas de 4000 Hz y 5000 Hz los dos proporcionan resultados ligeramente diferentes, como consecuencia de falta de normalidad en la distribución de los datos, en baja frecuencia (tercio de 100 Hz) por falta de difusión y en alta frecuencia por falta de excitación, aparecen señales ajenas que perturban el campo y quedan fuera de control para los laboratorios.

Finalmente, en la Figura 2, se muestran los valores de la desviación estándar de reproducibilidad obtenidos al aplicar el método clásico y el método de estadística robusta.



Figura 2 – Desviación estándar de reproducibilidad  $S_R$  obtenida a través de método de análisis clásico y robusto.

En ambos casos se ha calculado la desviación estándar de reproducibilidad  $S_R$ , observarse que los valores de la desviación estándar de reproducibilidad es menor en todos los tercios de octava cuando se aplica el método el método robusto, salvo en los tercios de 100 Hz, 4000 Hz y 5000 Hz donde sale lo mismo. No se ha aplicado el test de *Grubbs doble*, lo que podría ampliar la eliminación en algún tercio de octava de algún participante adicional, lo que haría disminuir el valor de  $S_R$  obtenido por el método clásico. No obstante, lo más relevante es que el resultado obtenido por ambos métodos muestra una forma de representación de  $S_R$  en función de la frecuencia, que se aproxima a los valores clásicos de precisión esperados en las medidas de aislamiento. No obstante los dos valores exageradamente grandes en los tercios de octava de 4000 Hz y 5000 Hz manifiestan lo proclive de este método de excitación a la falta de precisión en alta frecuencia.

## 7 Conclusiones

Por último, en la Figura 3 se muestran los resultados de desviación de reproducibilidad  $S_R$ , obtenidos en los ejercicios de intercomparación AQUUS-2013\_3 [2] y AQUUS-2014\_4 [2], en los que se utilizó altavoz como señal de excitación, con los valores obtenidos en la intercomparación *Fachada Tráfico-2015*, en el que se ha utilizado el tráfico como señal de excitación.



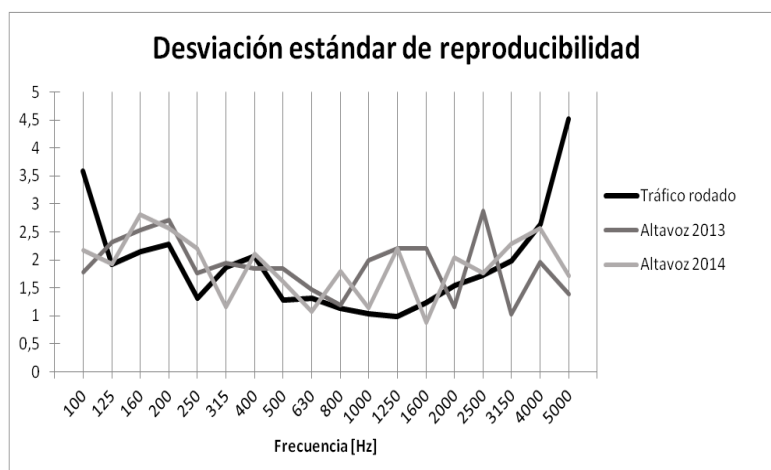


Figura 3 – Comparación de la desviación estándar de reproducibilidad  $S_R$  de los ensayos de aislamiento acústico de fachadas, obtenido utilizando tráfico y altavoz como fuente de excitación.

Como se puede observar, al utilizar como fuente sonora el tráfico rodado existente, se obtiene una desviación de reproducibilidad generalmente más baja que cuando se emplea el método del altavoz, salvo en la frecuencia más baja y las dos más altas del rango considerado. También debe reseñarse la forma aleatoria e imprevisible que adopta el valor de  $S_R$  en función de la frecuencia en el caso de excitación con altavoz, en contraposición con la forma clásica que adopta la curva de  $S_R$  al aplicar el ruido de tráfico como señal de excitación.

Por las razones indicadas a lo largo de este trabajo consideramos muy optimista poder aplicar el ruido de tráfico como señal de excitación para la medida de aislamiento de fachadas, en los tercios de 4000 Hz y 5000 Hz, pues en pocos casos vamos a ser capaces de realizar una medida de aislamiento con calidad adecuada en estos tercios, ya que el ruido de tráfico contiene muy poca energía en estos tercios de octava y a la vez los valores típicos de aislamiento de las fachadas es muy alto, por tanto concluimos que la excitación con ruido de tráfico es insuficiente para la medida aislamiento en estas dos bandas. La medida del ruido del ruido residual debido a actividades ajenas al tráfico es poco efectiva y depende mucho del momento en que se realiza el ensayo y de las actividades en el entorno, por tanto no es posible realizar una corrección efectiva del ruido de recepción en estas bandas. Por otra parte, en el tercio de 100 Hz debe cuidarse mucho la realización de la medida y optimizar la forma de corregir el nivel de recepción con el ruido residual ajeno al tráfico, de esta forma disminuye el valor de  $S_R$  hasta unos 2,5 dB.

En este primer ejercicio colaborativo entre laboratorios (PT) [2] hemos proporcionado los valores de precisión ( $S_R$ ) en función de la frecuencia que se pueden obtener aplicando el ruido de tráfico como señal de excitación para medida de aislamiento. También se ha indicado la limitación de la aplicación de este método hasta el tercio de octava de 3150 Hz. Por otra parte, también debemos reseñarla importancia de optimizar los métodos corrección del ruido residual, que puede mejorar la precisión en las bandas de baja frecuencia, muy deseable para este trabajo en el tercio de 100 Hz.

Los próximos pasos para la realización de las actividades relacionadas con el presente proyecto deben orientarse en el desarrollo de un estudio colaborativo para la evaluación de la actuación del método de medición, que permita el establecimiento fijar referencias de precisión de la experiencia adquirida en el campo de mediciones realizadas según ISO 140-5 empleando ruido de tráfico o la ISO 16283-3 que la sustituirá.

Por lo tanto, en este trabajo se propone un enfoque basado en el desarrollo de un ensayo colaborativo en condiciones controladas, que se centró en el método y no en el laboratorio.



Algunos puntos de interés que deben ser previstos se relacionan con la aplicabilidad y factibilidad del método, ya que un ensayo colaborativo requiere un esfuerzo sustancial.

El objetivo es proporcionar valores de referencia y actualizados para la evaluación de la repetibilidad y reproducibilidad en la medida de aislamiento acústico en edificios y elementos de construcción de fachadas, particularmente atractiva en aquellos ámbitos en los que no hay hoy en día ninguna referencia normativa o ésta es muy pobre. De esta manera, cumpliendo este ensayo colaborativo, los participantes futuros podrían tener algún tipo de valores de referencia para la evaluación de los criterios de precisión en este campo.

Además, estos valores de referencia deben comprobarse regularmente, así como el seguimiento de las condiciones prácticas de aplicación, de tal manera que los valores de reproducibilidad pueden usarse también verificar el correcto funcionamiento de los procedimientos de ensayo de cualquier laboratorio implicado en este ámbito de la medición acústica.

## Agradecimientos

Agradecer a los laboratorios acústicos participantes su involucración en la intercomparación *Fachada Tráfico – 2015*, con mención especial a Manuel Villanueva, de Margarida Acústica SL, que colaboró en la gestión de la intercomparación realizando los ensayos de control de calidad y seguimiento.

## Referencias

- [1] International Organization for Standardization, ISO 140-5: *Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of facade elements and facades*, Geneva, Switzerland, 1998.
- [2] José Luis Martínez, José Alberto Trujillo, José Silván, Pedro Rosario y Juan Sancho, State of field measurement of facade sound insulation in buildings: evaluation of proficiency testing data according to ISO 140-5:1998, *Accreditation and Quality Assurance*, 2015.
- [3] International Organization for Standardization, ISO 5725-2: *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method*, Geneva, Switzerland, 1994.
- [4] International Organization for Standardization, ISO 13528: *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons*, Geneva, Switzerland, 2005.
- [5] International Organization for Standardization, ISO 717-1: *Acoustics-rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation*, Geneva, Switzerland, 2013.
- [6] Ministerio de Vivienda, Real Decreto 1371/2007, *Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*, Madrid, 2007.