

ISO 1996 Y RD 1367/2007: UNA CONFLUENCIA NECESARIA.

Antonio Pedrero González^{1*}

¹Universidad Politécnica de Madrid

RESUMEN

La familia de normas ISO 1996 constituye el marco de referencia en cuanto a la evaluación del ruido ambiental. Nacida como Recomendación ISO en 1971, en sus sucesivas ediciones ha ido incorporando los avances en el conocimiento sobre la medición y la posterior evaluación del ruido ambiental, y sus criterios son reconocidos y aceptados por la comunidad científica internacional.

Por otra parte, los procedimientos de medida especificados en el RD 1367/2007 se basan, fundamentalmente, en la experiencia previa en mediciones de ruido ambiental aportada por diversas instituciones, tanto de la administración pública como del sector privado, que colaboraron en su redacción. Estos criterios coinciden en algunos casos con los especificados en las últimas ediciones de las normas ISO 1996, pero en otros casos difieren significativamente.

En esta comunicación se analizan y se comparan ambas reglamentaciones, y se identifican los aspectos del RD 1367/2007 que se deberían adaptar a los criterios de las normas ISO 1996 para mejorar la representatividad de los resultados de las mediciones y su reproducibilidad.

ABSTRACT

The ISO 1996 family of standards constitutes the reference framework for the evaluation of environmental noise. Born as an ISO Recommendation in 1971, in its successive editions it has incorporated advances in knowledge about the measurement and subsequent evaluation of environmental noise, and its criteria are recognized and accepted by the international scientific community.

On the other hand, the measurement procedures specified in RD 1367/2007 are based, fundamentally, on the previous experience in environmental noise measurements provided by various institutions, both from the public administration and the private sector, that collaborated in its drafting. These criteria coincide in some cases with those specified in the latest editions of the ISO 1996 standards, but in other cases they differ significantly.

In this communication, both regulations are analyzed and compared, and the aspects of RD 1367/2007 that should be adapted to the criteria of the ISO 1996 standards are identified to improve the representativeness of the measurement results and their reproducibility.

Palabras Clave— Ruido ambiental, mediciones acústicas, incertidumbre de medida.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación acústica es uno de los problemas medioambientales más importantes de la sociedad actual. En contra de lo que podría pensarse, el ruido ambiental no es simplemente una cuestión de confort, sino que afecta de una manera importante la salud de las personas que lo sufren [1]. Para hacerse una idea de la magnitud del problema basta con decir que, en Europa, el 20 % de la población vive en zonas en las que los niveles sonoros son considerados perjudiciales para la salud y que provocan, como efectos más importantes, molestias severas a más de 22.000.000 de sus habitantes, alteraciones del sueño a más de 6.500.000 de personas, unas 48.000 cardiopatías y unos 12.000 casos de muerte prematura al año [2].

Por esta razón, las administraciones llevan décadas estableciendo políticas destinadas a reducir la contaminación acústica basadas en la gestión y el control del ruido en las zonas donde las personas realizan sus actividades habituales. Estas políticas necesitan herramientas de evaluación precisas para analizar la magnitud del problema y cuantificar las mejoras obtenidas en las acciones de control realizadas.

En la mayoría de las ocasiones, la evaluación del ruido ambiental se basa en mediciones acústicas realizadas por las propias administraciones o por empresas y profesionales en los que dichas administraciones delegan. Para que estas mediciones sean útiles para el fin previsto, sus resultados deben tener suficiente precisión, es decir, deben ser repetibles (dos resultados de medición realizados sobre el mismo ítem por el mismo operador deben ser compatibles entre sí) y reproducibles (dos resultados de medición realizados sobre el

* **Autor de contacto:** antonio.pedrero@upm.es

Copyright: ©2023 First author et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 3.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

mismo ítem por laboratorios o profesionales diferentes deben ser compatibles entre sí).

En metrología se entiende la compatibilidad como una propiedad de los resultados de medida tal que el valor absoluto de la diferencia de cualquier par de valores medidos sea inferior a la incertidumbre de dicha diferencia [3]. Los métodos y procedimientos de medición deben ser capaces, por tanto, de proporcionar resultados de medida correctos y con una incertidumbre de medida acotada que permita esta compatibilidad.

El objetivo de las mediciones de ruido ambiental es caracterizar el ambiente acústico en uno o más puntos basándose en la determinación de unos índices acústicos determinados. Por eso, las condiciones acústicas durante la medición deberían ser representativas de las condiciones habituales del entorno, tanto si se desean obtener los promedios a largo plazo como si se pretende determinar los niveles máximos.

La casuística, en este tipo de ensayos, es tan amplia que no es posible establecer un procedimiento de medida genérico que sirva en todos los casos, sino que es necesario definir, para cada ocasión, la estrategia de medida más adecuada. Esto requiere una mayor cualificación para las personas que realizan este tipo de ensayos que la que se necesita para otros tipos de mediciones acústicas.

Desde hace décadas, la comunidad científica internacional está tratando de establecer unas directrices generales para las mediciones de acústica ambiental que garanticen una buena reproducibilidad y que mantengan la incertidumbre de medida dentro de unos límites controlados. El resultado de este empeño es la familia de normas ISO 1996, que nacieron como ISO Recommendation en 1971 y que han ido adaptándose en sus sucesivas ediciones al avance del conocimiento científico sobre el tema y al desarrollo técnico de los aparatos de medida. En la actualidad, la norma consta de dos partes. La primera parte describe las magnitudes acústicas relevantes y los métodos generales de evaluación [4], y la segunda proporciona directrices para la medición de los niveles sonoros y establece los métodos para determinar la incertidumbre de medida en cada caso, en función del esfuerzo de medición adoptado por el usuario [5].

En España, los procedimientos para la medición del ruido ambiental surgieron en las primeras Ordenanzas Municipales, que datan de finales de los años 60. Estos procedimientos estaban indicados, fundamentalmente, para la evaluación los focos sonoros que generaban denuncias por parte de la población, que en los primeros tiempos eran básicamente los

locales de pública concurrencia. Dichas Ordenanzas, y sus protocolos de medición correspondientes, se fueron actualizando con el tiempo, pero los cambios tuvieron más que ver con las posibilidades técnicas que ofrecían los nuevos aparatos de medición (por ejemplo, el uso del L_{Aeq} en lugar de los niveles instantáneos Fast o Slow para valorar los niveles sonoros) que con proponer metodologías de medida apropiadas para caracterizar otros tipos de emisores acústicos.

El RD 1367/2007 [6] constituyó un hito importante en la evaluación y la gestión del ruido ambiental en España ya que unificó los criterios de evaluación en todo el territorio nacional. Este documento insiste en la necesidad de que las mediciones se adecuen a las características de los emisores acústicos para que la evaluación sea representativa de su comportamiento^{2,3} pero propone procedimientos de medición en los que establece unos criterios mínimos en cuanto al número y la duración de las mediciones, que son aplicados a rajatabla por la mayoría de los laboratorios de ensayo, independientemente de la naturaleza y de las características del foco sonoro evaluado. También se detectan en sus protocolos de medida algunos aspectos que se fundamentan más en las costumbres heredadas de las antiguas Ordenanzas Municipales que en el conocimiento técnico que se ha ido desarrollando a lo largo de los años.

La consecuencia es que, en general, la aplicación directa de los procedimientos de medida propuestos en el RD 1367/2007 produce resultados de medida con muy baja reproducibilidad, tal y como se constata en los ejercicios de intercomparación que se realizan periódicamente en España.

2. FACTORES QUE AFECTAN A LA DISPERSIÓN DE LOS RESULTADOS DE MEDIDA EN ENSAYOS DE RUIDO AMBIENTAL

Antes de analizar comparativamente los métodos de medida propuestos en las normativas objeto de estudio en esta comunicación, conviene establecer qué factores pueden hacer que dos mediciones diferentes realizadas sobre el mismo ítem, en un determinado punto de medida, arrojen resultados diferentes.

2.1. Condiciones de operación del foco sonoro

La emisión acústica de los focos sonoros no suele ser uniforme a lo largo del tiempo. En el ámbito industrial, la maquinaria puede tener distintos regímenes de

² ANEXO IV: “Cuando en la medición se apliquen métodos de muestreo del nivel de presión sonora, para cada periodo temporal de evaluación, día, tarde, noche, se seleccionarán, atendiendo a las características del ruido que se esté evaluando, el intervalo temporal de cada medida T_i , el número de medidas a realizar n y los intervalos temporales entre medidas, de forma que **el resultado de la medida sea representativo** de la valoración del índice que se está

evaluando en el periodo temporal de evaluación”.

³ ANEXO IV: “Para la determinación de los niveles sonoros promedios a largo plazo se deben obtener suficientes muestras independientes para **obtener una estimación representativa** del nivel sonoro promediado de largo plazo”.

funcionamiento, con diferentes características de emisión sonora cada uno de ellos. Esto no solo aplica a los focos sonoros de origen industrial. Por ejemplo, las infraestructuras de transporte tales como carreteras, vías férreas o aeropuertos, presentan diferentes características de tráfico a las distintas horas del día, o en los distintos días de la semana, o incluso en las diferentes épocas del año.

Si lo que queremos caracterizar es el promedio de la afección de estos focos sonoros es necesario evaluar todas sus condiciones de operación y tener en cuenta los tiempos de prevalencia de cada una de ellas. Por otra parte, si la intención es determinar la máxima afección, se debe elegir cuidadosamente la condición de máxima emisión y centrar en ella la evaluación.

2.2. Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas afectan de una manera importante a la propagación sonora en exteriores. Sus efectos han sido ampliamente estudiados y son bien conocidos [7]. De entre todos los factores meteorológicos, los más influyentes son los gradientes de temperatura y, sobre todo, la dirección y velocidad del viento. La combinación de ambos factores genera zonas de sombra en la dirección opuesta a la del viento en las que se producen grandes atenuaciones de la energía acústica. De la misma manera, se producen aumentos de los niveles sonoros cuando la propagación se produce en la dirección del viento, pero de magnitud muy inferior. Estos efectos son más importantes cuanto mayor es la distancia entre la fuente sonora y el punto de observación.

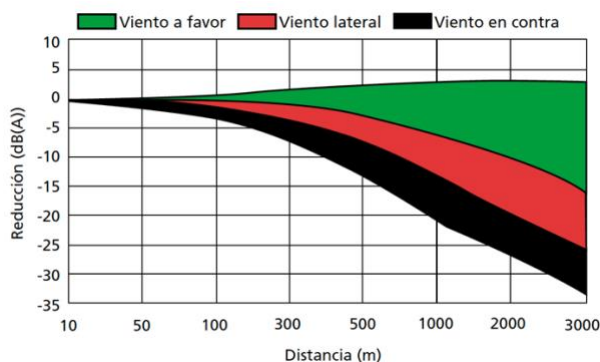


Figura 1. Efecto del viento en función de su dirección y de la distancia al punto de observación [8].

La Figura 1 ilustra estos conceptos. Por ejemplo, puede observarse que a una distancia de 1 km del foco sonoro se pueden producir atenuaciones de más de 20 dB cuando el viento sopla en contra de la dirección de propagación, mientras que la amplificación producida para esa distancia con el viento a favor no excede los 3 dB. Esta es la razón de que las mediciones acústicas sean más precisas en la

dirección del viento, en lo que se conoce como condiciones favorables de propagación.

3. MEDICIONES EN EXTERIORES

De lo expresado anteriormente se desprende que el resultado de una medición particular de los niveles sonoros sólo es representativo de las condiciones de operación y de las condiciones meteorológicas que se daban en el momento de la medición y podría ser muy diferente si se hubieran dado otras condiciones. Para obtener un resultado representativo del promedio a largo plazo del nivel de presión sonora se deben tener en cuenta todas las posibles condiciones de operación de los focos sonoros y todas las posibles condiciones meteorológicas.

En la experiencia de este autor, la mayoría de las evaluaciones realizadas según el RD 1367/2007 y los Documentos Normativos desarrollados a partir de él, adolecen de un análisis deficiente de estos aspectos a la hora de planificar las campañas de mediciones. Son pocas en las que se obtienen muestras en todas las condiciones de operación del foco sonoro y casi ninguna tiene en consideración las condiciones meteorológicas, probablemente porque no se hace referencia expresa a ellas en dichas reglamentaciones. Esto tiene como consecuencia un resultado sesgado a las condiciones específicas en las que se realizaron las mediciones, que podría no ser representativo de la afección producida por el foco sonoro evaluado.

Para obtener un resultado representativo del promedio a largo plazo del nivel de presión sonora, la norma ISO 1996 nos propone dos posibles estrategias: las mediciones a largo plazo y el muestreo a partir de mediciones a corto plazo. En el primer caso, la duración de la medición debería ser tal que contuviese **una muestra representativa** de las condiciones de operación (ventanas de operación) y meteorológicas (ventanas meteorológicas) posibles. En el segundo caso se deben tomar muestras en **todas y cada una** de las posibles combinaciones de ventanas de operación y ventanas meteorológicas, por ejemplo, cumplimentando una tabla como la de la Figura 2, en la que para cada una de las celdas habría que disponer de varias muestras independientes cuyos resultados se promediarían energéticamente.

Ventana meteorológica	1	2	3	4
Ventana de emisión				
1				
2				
N				

Figura 2. Estratificación de las condiciones de operación y de las condiciones meteorológicas durante las mediciones [5].

El resultado de la campaña de mediciones es el promedio de los niveles sonoros obtenidos las diferentes celdas, ponderado por la probabilidad de ocurrencia de las condiciones de operación y de las condiciones meteorológicas correspondientes. Las componentes de

incertidumbre debidas a las condiciones de operación, u_{sou} , y a las condiciones meteorológicas, u_{met} , se obtienen conjuntamente de la propia variabilidad de los resultados obtenidos.

Si lo que se pretende es determinar la máxima afección del foco sonoro se deberían realizar una o varias mediciones en las condiciones de operación de máxima radiación sonora y en condiciones favorables de propagación (ventanas meteorológicas M3 o M4 de la norma ISO 1996). La medición en otras condiciones meteorológicas (ventanas M1 o M2) podría infravalorar los niveles sonoros reales y además no permitiría determinar la incertidumbre de medida.

4. MEDICIONES EN INTERIORES

El nivel de presión sonora en el interior de los recintos se rige por los modos propios, que establecen patrones en los que se alternan máximos y mínimos de presión sonora a lo largo del recinto y que son diferentes para cada frecuencia. En frecuencias altas los modos están tan solapados que sus efectos se compensan entre sí, sin embargo, para medias y bajas frecuencias las diferencias del nivel de presión sonora entre diferentes puntos pueden ser importantes. El pretendido objetivo de buscar el punto de máxima afección en el interior de un recinto, que subyace en el RD 1367/2007, es una tarea prácticamente imposible cuando el contenido espectral de la señal sonora no es totalmente estable, ya que los patrones modales son diferentes en cada momento en función de las frecuencias de excitación del recinto y de sus amplitudes relativas en ese preciso momento.

Por esta razón, para caracterizar el nivel sonoro en un recinto no debería usarse el resultado de la medición en un único punto sino el promedio de un muestreo espacio-temporal del nivel sonoro en distintos puntos de dicho recinto. Se ha demostrado [9] que, para recintos de las dimensiones habituales de los edificios de uso residencial se obtiene un muestreo representativo del campo sonoro si se utilizan cinco posiciones de micrófono distribuidas aleatoriamente a lo largo del área en la que el campo sonoro puede asimilarse a un campo difuso, es decir, suficientemente alejadas de las superficies límite para evitar el conocido como efecto Waterhouse [10], y suficientemente alejadas de las posibles vías de transmisión sonora para evitar la preponderancia de la radiación directa. Este procedimiento, que se utiliza habitualmente para mediciones de aislamiento acústico donde la radiación de energía acústica es estacionaria, podría no ser apropiado para mediciones de ciertos focos sonoros habituales en acústica ambiental, sobre todo si producen eventos discretos de ruido que no sean fáciles de replicar durante la medida en cada una de las cinco posiciones de medida.

Con objeto de encontrar un procedimiento de medida en interiores que se adaptase a las particularidades de las mediciones de ruido ambiental y que garantizase una buena

reproducibilidad, se realizó un estudio que comparaba en términos de precisión, fundamentalmente en las bajas frecuencias, un gran número de procedimientos encontrados en diferentes normativas y documentos técnicos. Este estudio, que se plasmó en la recomendación NT No. 1347-97 [11], concluyó con una propuesta basada en tres puntos de medida, uno en esquina y dos en la zona de campo difuso, que ha sido adoptado en la mayoría de las normativas y reglamentaciones actuales, entre ellas la ISO 1996.

Otro de los aspectos controvertidos del procedimiento de medida en interiores del RD 1367/2007 son las indicaciones que se realizan sobre la elección de la ubicación de los puntos de medida. Se especifican unas distancias mínimas de 1 m a las paredes y a otros elementos reflectantes, 1,5 m a las ventanas y entre 1,2 y 1,5 m de altura sobre el suelo. Estas distancias, complementadas con una suficiente separación entre puntos de medida, son adecuadas para detectar el contenido de baja frecuencia del sonido recibido en la zona de campo difuso, pero son difíciles de respetar en algunas habitaciones de dimensiones reducidas. Lo que es cuestionable desde el punto de vista acústico es la alternativa que se propone cuando no se pueden cumplir estas distancias mínimas, que es realizar una única medición en el centro del recinto. El centro geométrico del recinto es un punto con un comportamiento acústico singular, ya que se producen máximos de todos los modos propios pares y nulos de todos los modos impares, por lo que no suele ser representativo del comportamiento acústico del recinto en su globalidad.

La norma ISO 1996 adopta la filosofía de la recomendación NT No. 1347-97 para mediciones en el interior de las edificaciones. La captación de la baja frecuencia en el micrófono de esquina, donde se producen máximos de todos los modos propios, relaja los requisitos de distancias entre los otros dos puntos de medida, así como sus distancias a las superficies límite y a las ventanas u otros elementos de transmisión, lo que hace más viable el cumplimiento con estas distancias mínimas en los recintos pequeños.

5. DURACIÓN DE LAS MEDICIONES

La duración de las mediciones afecta a la precisión de los resultados. Incluso cuando las señales acústicas que se quieren medir son estacionarias temporalmente se necesita un cierto tiempo de promediado para obtener una determinación correcta de los niveles eficaces de dichas señales. Este tiempo está condicionado por el ancho de banda de los filtros cuando se realiza análisis en frecuencia del sonido, como es el caso del análisis de componentes tonales en el RD 1367/2007, debiendo cumplirse que

$$BT \gg 1 \quad (1)$$

donde B es el ancho de banda del filtro, en Hz y T es el tiempo de integración.

Tal y como se ha comentado anteriormente, la mayoría de los focos sonoros que se contemplan en las mediciones de

acústica ambiental producen una emisión acústica que no es estacionaria, sino que presenta variaciones de nivel sonoro en función del tiempo. En las mediciones a corto plazo, el tiempo de medida debería ser suficientemente largo como para cubrir todas las variaciones significativas de la emisión del ruido en la ventana de operación correspondiente. Este tiempo puede ser muy diferente para distintos focos sonoros por lo que no es conveniente fijar el tiempo de medición a priori, sino que se debería observar durante la medición que el promedio temporal de la energía acústica (el L_{Aeq}) se ha estabilizado, dentro de un margen razonable, en el periodo de observación (Figura 3).

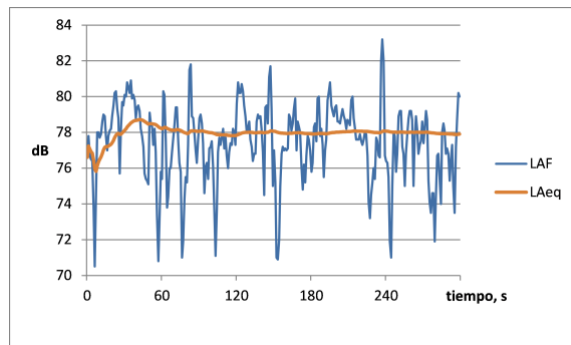


Figura 3. Ejemplo de la evolución temporal del L_{AF} y del L_{Aeq} para un ruido no estacionario.

Además, si las mediciones se realizan a distancias del foco sonoro para las que las condiciones climatológicas afectan a la propagación sonora, hay que tener en cuenta que dichas condiciones tampoco permanecen constantes, por lo que el tiempo mínimo de medida debería permitir promediar las condiciones meteorológicas reales. Para este caso la norma ISO 1996 especifica un tiempo mínimo de medición de 10 minutos.

A pesar de que el RD 1367/2007 expresa claramente que las indicaciones en cuanto a la duración de las mediciones son valores mínimos, muchos laboratorios aplican esos valores independientemente de la naturaleza del foco sonoro y de la posible influencia de las condiciones meteorológicas.

En cuanto a la medición del ruido producido por las infraestructuras de transporte, su duración se debería enfocar más a garantizar un determinado número de eventos en el periodo de medición que a fijar un tiempo de medida mínimo, ya que es el número de eventos considerados lo que condiciona la componente de incertidumbre debida a las condiciones de operación, u_{sou} .

En los casos en los que predominan los ruidos producidos por sucesos aislados, tales como pasos de trenes o sobrevuelos de aeronaves y se requiere evaluar la contribución de dichos sucesos al nivel sonoro total la estrategia de medida preferida es determinar los Niveles de Exposición Sonora (L_{AE}) de cada uno de los sucesos y calcular a partir de ellos el valor del L_{Aeq} en el periodo de referencia. Esto evita incluir en el resultado de la medición la

energía acústica que se produce en los periodos entre eventos, que, obviamente, no es atribuible al foco sonoro que se está evaluando.

6. INCERTIDUMBRE DE MEDIDA

El resultado de cualquier medición es solo una aproximación al valor verdadero de la magnitud que se quiere caracterizar, el mensurando. La incertidumbre de medida expresa la duda que se tiene de que dicho resultado represente al mensurando en términos del margen posible de variación y del nivel de confianza asociado a ese margen.

Si no se aporta la incertidumbre de medida, el resultado de la medición está incompleto ya que no se indican los intervalos en los que se podría encontrar el valor verdadero de la magnitud medida, de manera que dicho resultado no se podría emplear, por ejemplo, para evaluar si se cumple o se incumple un determinado límite.

Las mediciones de ruido ambiental están sujetas a diversos factores que condicionan la incertidumbre de medida. A diferencia de otros tipos de mediciones en los que se puede realizar una estimación genérica de la incertidumbre, sus componentes más importantes en los ensayos de acústica ambiental se deben a la naturaleza específica del foco sonoro a investigar y a las condiciones del entorno de medición. Esto hace que sea necesario estimar la incertidumbre para cada ensayo en particular.

Afortunadamente, en la actualidad existe un conocimiento suficiente de las principales componentes de incertidumbre en los ensayos de ruido ambiental y de cómo cuantificarlas. La versión en vigor de la norma ISO 1996-2 contiene la información necesaria a este respecto como para hacer una correcta estimación de la incertidumbre de medida en las condiciones habituales de este tipo de ensayos.

También existen directrices metrológicamente fundamentadas para realizar las declaraciones de conformidad con respecto a los valores límite. El documento ILAC G8:09/2019 [12] ofrece diferentes alternativas en las que se cuantifica el riesgo asociado a la decisión para cada una de ellas.

7. CONCLUSIONES

Las mediciones acústicas son la herramienta fundamental para la evaluación de la contaminación sonora. Dada la importancia de este aspecto para la salud de las personas, las mediciones tienen que ser lo más precisas posible en términos de repetibilidad como en términos de reproducibilidad.

Las mediciones de ruido ambiental son complejas ya que la casuística es tan amplia que no se puede establecer un procedimiento de medida general que sea apropiado en todos los casos. Por eso necesitan de un nivel competencia elevado para los técnicos que las llevan a cabo.

El RD 1367/2007 supuso un hito importante en la gestión y el control de la contaminación acústica ya que, entre otros aspectos, uniformizó los criterios de evaluación del ruido en todo el territorio nacional. Dichos criterios heredaron la experiencia previa en la realización de mediciones acústicas que las administraciones y los laboratorios habían ido adquiriendo durante décadas.

Por su parte, la familia de normas ISO 1996 se ha ido actualizando a lo largo del tiempo para adaptarse a los avances del conocimiento sobre mediciones de acústica ambiental y a las posibilidades técnicas de los nuevos equipos de medición. Esta familia de normas tiene como objetivo contribuir a la armonización internacional de los métodos de descripción, medición y evaluación del ruido ambiental, proporcionando a las autoridades criterios sólidos y científicamente contrastados para desarrollar normas nacionales y reglamentos, así como para establecer los límites de ruido correspondientes.

En estos años de aplicación del RD 1367/2007 se han detectado aspectos mejorables que podrían solventarse con la aplicación de los criterios de las versiones en vigor de las normas ISO 1996.

En cuanto a las medidas en exteriores, que en ocasiones adolecen de falta de representatividad a la hora de evaluar la afección sonora producida por los focos sonoros sujetos a evaluación, debería sistematizarse la estratificación de las condiciones de medición en función de las combinaciones de ventanas de operación y ventanas meteorológicas.

Las mediciones en interiores ganarían en reproducibilidad si se aplicase el método de tres puntos de medida, uno en esquina y dos en la zona del campo reverberante, siendo el resultado de la medición el promedio de las mediciones realizadas.

Con respecto a la duración de la medición, la indicación de valores mínimos expresada a lo largo del texto del RD 1367/2007 se ha tornado en contraproducente ya que en numerosas ocasiones se aplican incorrectamente, por no tener en cuenta las características particulares de emisión del foco sonoro evaluado y las del entorno de medición. Por otra parte, de debería prescribir, al menos como opción, la caracterización de los emisores acústicos que producen eventos sonoros aislados a partir de la medición del Nivel de Exposición Sonora, L_{AE} , de los eventos individuales.

Finalmente, es necesario mencionar la necesidad, por rigor metrológico, de estimar la incertidumbre de medida en los ensayos de ruido ambiental. Este es uno de los puntos clave de la norma ISO 1996-2, que proporciona información detallada de las componentes de incertidumbre mínimas que se deben considerar y de cómo cuantificarlas. La determinación de la incertidumbre de medida es la base para una correcta decisión sobre el cumplimiento o incumplimiento de los resultados de medición con respecto a los límites legales. A partir de ella, y aplicando los métodos apropiados para la declaración de conformidad [12], se podrá realizar una declaración de cumplimiento o incumplimiento

correcta en la que se conocen y se aceptan los riesgos de la decisión tomada, basados en las probabilidades de falsa aceptación y de falso rechazo.

8. REFERENCIAS

- [1] World Health Organization, *Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe*, World Health Organization. Regional Office for Europe, 2011.
- [2] E. Peris, *Environmental noise in Europe: 2020*, Eur. Environ. Agency, Copenhagen, 2020.
- [3] Centro Español de Metrología, *Vocabulario internacional de metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados*. 3ª Ed., JCGM, Madrid, 2012.
- [4] ISO 1996-1:2016, International Standards Organization, "Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures", Ginebra, 2016.
- [5] ISO 1996-2:2017, International Standards Organization, "Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 2: Determination of sound pressure levels", Ginebra, 2017.
- [6] Gobierno de España, "Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas", *BOE* nº 254. de 23/10/2007. Madrid, 2007.
- [7] J. E. Piercy, T. F. W. Embleton and L. C. Sutherland, "Review of noise propagation in the atmosphere", *J. Acoust. Soc. Am*, 61 (6): 1403–1418, 1977.
- [8] Bruel and Kjaer, *Ruido Ambiental*, Copenhagen, 2002.
- [9] Olesen, H.S. *Measurement of the acoustical properties of buildings - additional guidance*, Nordtest NT Technical Report 203. NT Project No. 963-91, Espoo, 1992.
- [10] Waterhouse, R.V., "Interference patterns in reverberant sound fields", *J. Acoust. Soc. Am*, 27 (2), 247–258, 1955.
- [11] Simmons, C. *Measurement of Sound Pressure Levels at Low Frequencies in Rooms. Comparison of Available Methods and Standards with Respect to Microphone Positions. Proposal for New Procedures*. NT Project No. 1347–97, Oslo, 1997.
- [12] ILAC G8:09/2019. *Guidelines on Decision Rules and Statements of Conformity*; International Laboratory Accreditation Cooperation: Silverwater, 2019