

CORRECCIÓN POR TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE LOS VALORES DE INMISIÓN DE RUIDO – COMPARATIVA ENTRE DIFERENTES MÉTODOS.

Teresa Carrascal García^{1}*

Belén Casla Herguedas¹

Amelia Romero Fernández¹

¹ Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. IETcc – CSIC. Madrid. España

RESUMEN

En una medición de niveles de presión sonora en un recinto convencional, tal como un dormitorio, pueden encontrarse diferencias de varios decibelios dependiendo de si el recinto está amueblado o no. Este efecto se debe a la absorción acústica y a la difracción debidas al mobiliario o a la existencia de paramentos absorbentes.

Las normas UNE-EN ISO 16032 y UNE-EN ISO 10052 contienen sendos métodos para la medición del nivel de presión sonora de equipos de instalaciones en edificios y permiten el uso de la corrección por tiempo de reverberación o índice de reverberación, que estandariza las mediciones del nivel de presión sonora al tiempo de reverberación de 0,5s.

La normativa española, el RD 1367/2007 y la mayoría de los decretos autonómicos y ordenanzas de aplicación en la evaluación de los niveles de inmisión, ya sea transmitidos por actividades o por instalaciones en el interior de los edificios, no contempla este tipo de corrección. Esta ponencia compara los valores del índice de reverberación obtenido para un total de 180 recintos de viviendas utilizando diferentes métodos, además de analizar los pros y contras de su utilización.

ABSTRACT

When testing the sound pressure levels in ordinary rooms, such as bedrooms, differences of several dB may be found depending on whether the room is furnished or not. This effect is a consequence of the combined effect of acoustic absorption and scattering due to furniture or it may be caused by the existence of absorbent walls and ceilings.

Standards ISO 16032 and ISO 10052 contain separate methods for measuring the sound pressure level of building services in buildings and allow a correction for reverberation time or reverberation index, which standardizes the measurements to the reference reverberation time of 0.5s.

Spanish regulations, RD 1367/2007 and the majority of regional decrees and ordinances applicable to the evaluation

of inmission noise due to activities or service equipment inside buildings, do not include any correction of this type. This paper compares the values of the reverberation time index obtained for 180 rooms in dwellings using different methods, in addition to analyzing the advantages and disadvantages of its use.

Palabras Clave—Tiempo de reverberación, niveles de presión sonora, ruido de instalaciones, corrección por tiempo de reverberación, RD 1367/2007

1. INTRODUCCIÓN

En una medición de niveles de presión sonora en un recinto, se pueden encontrar diferencias de varios decibelios dependiendo de si el recinto está amueblado o no. Este efecto se debe a la absorción acústica y a la difracción debidas al mobiliario.

En el caso concreto de la verificación de exigencias reglamentarias, tales como las del RD 1367/2007[1] o de otros decretos autonómicos y ordenanzas tales como [2] [3] [4], la medición de los niveles de inmisión sonora debidos a las instalaciones de los edificios suele realizarse en dos circunstancias:

1. Mediciones de control de obra terminada con los recintos vacíos y sin ocupar, previos a las correspondientes licencias de primera ocupación;
2. Inspecciones en las que los recintos suelen estar amueblados y en las condiciones finales de utilización.

Salvo en el caso del decreto de 176/2009[5] de Cataluña, ni en el RD 1367/2007, ni en otros decretos autonómicos se especifica una corrección para recintos amueblados en el caso de mediciones de niveles de inmisión de ruido de instalaciones que corrija el efecto de sobrevalorar los resultados de una medición de niveles de presión sonora interiores cuando el recinto está vacío.

* **Autor de contacto:** tcarrascal@ietcc.csic.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.

Algunos países europeos[6] emplean los índices de presión sonora estandarizados a un tiempo de reverberación de referencia de 0,5s, tales como $L_{Aeq,nT}$, $L_{ASmax,nT}$ o $L_{AFmax,nT}$, descritos en las normas UNE-EN ISO 16032[7] y UNE-EN ISO 10052[8].

La norma UNE-EN ISO 16032[7] especifica el método de ingeniería para la medición del nivel de presión sonora de equipos y redes de instalaciones en los edificios, por otra parte, la UNE-EN ISO 10052[8] describe el método de control para la inspección de características acústicas de los edificios con el fin de simplificar la medida de los niveles de presión sonora. Ambas normas son el procedimiento de medición de referencia para ruido de instalaciones en el interior de los edificios en varios países europeos. [6] [9] [10].

El objetivo de esta comunicación es el análisis de las diferentes opciones para corregir los niveles de ruido por tiempo de reverberación encontradas en la literatura. Se compararán los valores del índice de reverberación obtenido para un total de 180 recintos de viviendas utilizando cada uno de los diferentes métodos propuestos. Los cálculos están basados en los resultados de mediciones del tiempo de reverberación efectuadas en los edificios desde el año 2003 hasta la fecha.

Éste es un trabajo de investigación prenortativa, que tiene la misión de servir de apoyo para el Grupo de trabajo para la revisión técnica del RD 1367/2007, liderado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) y en concreto para el subgrupo SG05 Indicadores acústicos y evaluación de los mismos.

2. CORRECCIÓN POR TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Tras el estudio de las normas UNE-EN ISO 16032[7] y UNE-EN ISO 10052[8] y la revisión del decreto 176/2009[5] de Cataluña, se proponen las siguientes 4 opciones para la corrección por tiempo de reverberación aplicables a las mediciones de niveles de presión sonora transmitidos por las instalaciones al espacio interior de los edificios:

1. La corrección de la UNE-EN ISO 16032, que estandariza la medida a un tiempo de reverberación de referencia de 0,5 s, según la siguiente expresión:

$$L_{eq,nT} = L_{eq} - 10lg \frac{T}{T_0} \quad (1)$$

Donde:

$L_{eq,nT}$ es el nivel continuo equivalente de presión sonora normalizado al tiempo de reverberación, dB;

L_{eq} es nivel continuo equivalente de presión sonora transmitido por una instalación determinada y corregido por ruido de fondo, dB;

T es el tiempo de reverberación medido según la UNE-EN ISO 3382-2[11], aplicado para tercios de octava en las bandas de frecuencia de 50 a 5000 Hz, s;

T_0 es el tiempo de reverberación de referencia, $T_0=0,5s$;

Según el borrador ISO DIS 16032: 2023[12], la corrección por T no debe aplicarse a recintos sin amueblar, en los que haya un paramento muy absorbente, por ejemplo, un techo acústico, con el resto de superficies muy reflectantes, para evitar correcciones erróneas debido a tiempos de reverberación altos causados por las reflexiones tardías en las paredes, al mismo tiempo que los niveles de presión sonora se reducen debido a la absorción acústica del paramento más absorbente.

2. Aplicar el índice de reverberación, k , recogido en la norma UNE-EN ISO 10052[8], donde el tiempo de reverberación se obtiene mediante mediciones, según las ecuaciones 2 y 3 :

$$L_{Aeq,nT} = L_{Aeq} - k \quad (2)$$

$$k = 10lg \frac{(T_{500} + T_{1000} + T_{2000})}{3} \quad (3)$$

Donde:

$L_{Aeq,nT}$ es el nivel global continuo equivalente de presión sonora ponderado A, normalizado al tiempo de reverberación, dB;

L_{Aeq} es nivel global continuo equivalente de presión sonora ponderado A transmitido por una instalación determinada y corregido por ruido de fondo, dB;

k es el índice de reverberación;

T es el tiempo de reverberación medido según la norma UNE-EN ISO 3382-2[11] para las bandas de octava de 500, 1000 y 2000Hz.

T_0 es el tiempo de reverberación de referencia, $T_0=0,5s$;

3. Aplicar el índice de reverberación, k , usando tabulaciones para las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz, como propone la norma UNE-EN ISO 10052[8], que contiene una serie de tabulaciones de k aplicables a recintos amueblados y sin amueblar hasta un volumen de 150 m³. Las tablas permiten estimar el índice k por octavas desde 125 a 2000Hz, que es elegido en función de las características de los recintos objeto de ensayo.

Los valores de k de la tabla 4 de la UNE-EN ISO 10052 se basan en tiempos de reverberación obtenidos en varios países europeos desde 1960 a 1980. Según dicha norma, la desviación típica de los índices calculados de estos datos es de 1 dB aproximadamente.

4. Aplicar un valor por defecto fijo a las mediciones de nivel de presión sonora en el interior, como es el caso del Decreto 176/2009 de Cataluña, que sustrae 3 dB a los niveles medidos si “la habitación está vacía, sin

mobiliario, y no tiene ningún tratamiento absorbente en el techo”.

Estos 3 dB que se sustraen corresponden a aplicar un tiempo de reverberación de 1 s.

3. METODOLOGÍA

Esta ponencia expone y compara los resultados obtenidos al aplicar las 4 opciones de corrección por tiempo de reverberación descritas en el apartado 2 a un total de 180 recintos de viviendas, que eran salones y dormitorios, cuya geometría, tiempo de reverberación y tipo de paramentos eran conocidos. Para cada uno de los 180 recintos se ha calculado k , índice de reverberación y los resultados se muestran en la figura 4.

Los ensayos empleados fueron en parte encargados y en parte realizados por la Unidad de Calidad en la Construcción del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja desde el año 2003 hasta la fecha con el objeto de conocer el aislamiento acústico a ruido aéreo y de impactos de los edificios, D_{nT} y L'_{nT} . En dichas mediciones, deben realizarse además ensayos de tiempo de reverberación en los recintos receptores, por lo que se disponían de resultados de T desde 100 a 5000 Hz de los recintos. Los ensayos se realizaron conforme a la norma UNE-EN ISO 3382-2: 2008[11] y su versión previa UNE-EN ISO 3382:2001[13], ya anulada

3.1. Muestra analizada

La muestra estaba compuesta por un total de 180 recintos, con volúmenes comprendidos entre 17 y 102 m³. Se trataba de salones y dormitorios sin amueblar.

Respecto a los elementos constructivos, todos contaban con forjados unidireccionales de hormigón con entrevigado cerámico o de hormigón, que podríamos asimilar a un forjado homogéneo. En cuanto a las particiones que delimitaban los recintos, 71 recintos, 41% del total, presentaban particiones de ladrillo hueco revestidas con un enlucido de yeso, asimismo como trasdosados de fachada de ladrillo. El resto de los recintos, estaban compuestos por particiones y trasdosados de fachada cuyo acabado final era una o varias placas de yeso laminado sujetas a una perfilería autoportante metálica con lana mineral en la cámara.

La figura 1 muestra la distribución de tiempos de reverberación en los recintos, establecido como el promedio para las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz, cuyo promedio es de 1,4 s.

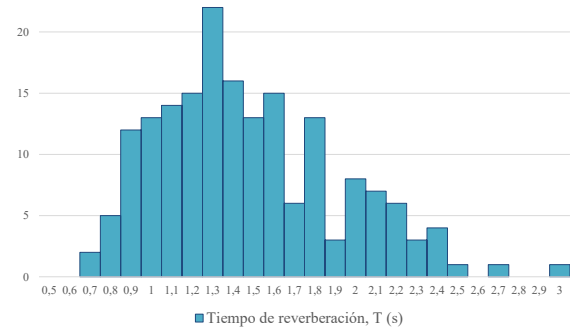


Figura 1. Histograma de tiempos de reverberación.

La figura 2 muestra la dispersión de los valores de T en relación a los volúmenes de los recintos. Los puntos azules corresponden con recintos en los que las particiones y trasdosados de fachada estaban formadas por una o varias placas de yeso laminado sujetas a una perfilería autoportante metálica con lana mineral en la cámara, lo que se ha denominado en la figura como “*entramado autoportante*”. Los puntos rojos corresponden con recintos cuyas particiones y fachadas eran de ladrillo hueco enlucido al interior. Con una línea de trazos verdes se ha marcado el valor de T_0 de 0,5 s que es el tiempo de reverberación de referencia en las normas UNE-EN ISO 16032 y UNE-EN ISO 10052. Todos los recintos superan este valor de 0,5 s.

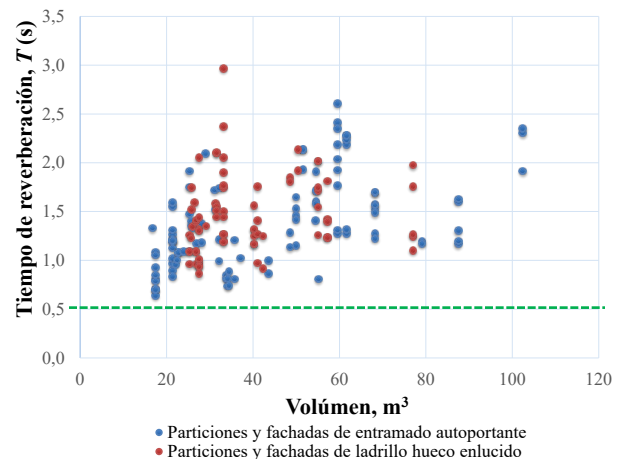


Figura 2. Dispersión de los valores de T en relación al volumen de los recintos.

3.2. Procedimiento de cálculo de k para cada opción

Para las opciones 2, 3 y 4 descritas en el apartado 2, k , índice de reverberación, es una corrección que se resta a los valores globales del nivel de presión sonora obtenidos en una medición, sin embargo, en el caso de la aplicación de la UNE-EN ISO 16032, primera opción del apartado 2, la corrección por tiempo de reverberación se aplica a cada una de las bandas de tercio de octava de 50 a 5000 Hz.

Para facilitar la comparación entre los valores que toma k según la primera opción (UNE-EN ISO 16032) y las opciones 2, 3 y 4, para la primera opción se ha hallado k , como la resta entre el valor L_{Aeq} , nivel global continuo equivalente de presión sonora ponderado A, y el valor $L_{Aeq,nT}$, nivel global continuo equivalente de presión sonora ponderado A, normalizado al tiempo de reverberación, ecuación 4.

$$k = L_{Aeq} - L_{Aeq,T} = 10 \left(\lg \sum 10^{\frac{L_{Aeq}(\frac{1}{3} \text{ oct})}{10}} - \lg \sum 10^{\frac{L_{Aeq,T}(\frac{1}{3} \text{ oct})}{10}} \right) \quad (4)$$

Los valores globales de L_{Aeq} y $L_{Aeq,nT}$ en cada uno de los recintos se han calculado a partir de valores de tercio de octava del resultado de una estimación de los valores de nivel de presión sonora producidos por la radiación de una rejilla de impulsión de aire en cada uno de los recintos.

Para el cálculo de este nivel de presión sonora en cada uno de los recintos producido, se ha partido de las mediciones reales de una instalación de ventilación de una vivienda que estaba formada por una serie de conductos que impulsaban el aire desde la unidad de recuperación de calor a los recintos protegidos. A partir de los datos de presión sonora medidos en un punto de un recinto, se ha obtenido el nivel de potencia sonora, L_w de la rejilla según la expresión 5, empleando el índice de directividad, Q , la distancia a la rejilla, r , y la constante de la sala, R , valores que eran conocidos.

$$L_w = L_p - 10 \lg \left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right] \quad (5)$$

La figura 3 muestra un esquema de la ubicación de la rejilla en las mediciones que fueron objeto de estudio en otra comunicación[14].

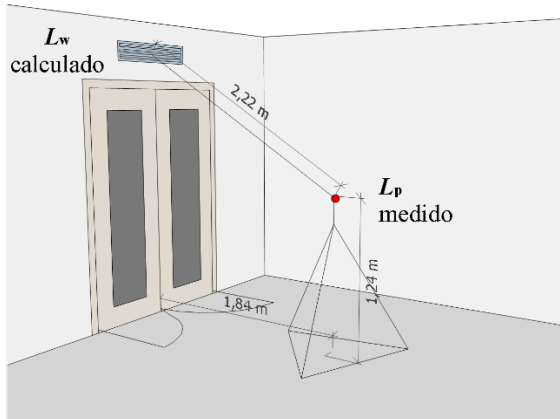


Figura 3. Posición de la boca de impulsión (rejilla) y sonómetro, representado como una esfera roja, en las mediciones de niveles de presión sonora en [14], que se tomaron de referencia para el cálculo de la potencia acústica de una boca de impulsión de aire.

Tabla 1. Niveles de potencia acústica en octavas calculados para una boca de impulsión de aire en una vivienda.

f [Hz]	L_w [dB]
125	34,7
250	34,9
500	21,5
1000	15,4
2000	10,6
4000	13,6

Una vez obtenido el nivel de potencia de la rejilla, mostrado en la tabla 1, se ha aplicado ese nivel de potencia a cada uno de los 180 recintos según la ecuación 6, que es una simplificación de la ecuación 5 para el caso de que $\frac{4}{R} \gg \frac{Q}{4\pi r^2}$ [15] en el que la atenuación por distancia es despreciable.

$$L_p = L_w - 10 \lg V + 10 \lg T + 14 \quad (6)$$

Donde V y T son el volumen del recinto receptor y el tiempo de reverberación de cada recinto respectivamente, que son datos conocidos para cada uno de los 180 recintos.

Una vez calculados los niveles de presión acústica producidos por la radiación de una rejilla en cada uno de los 180 recintos, ecuación 6, se han corregido por tiempo de reverberación en las bandas de tercio de octavas de 100 a 5000 Hz según la ecuación 1. La diferencia entre el valor global corregido y sin corregir de los niveles de presión sonora continuos equivalentes es k , índice de reverberación, según la ecuación 4.

De todos los tipos de instalaciones posibles, se ha elegido una rejilla de impulsión, puesto que es una fuente de ruido aéreo y su componente estructural es despreciable.

Para la opción 2, k se ha calculado a partir de los valores medidos de T para las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz.

Para la opción 3, se ha aplicado la tabla 4 de la norma UNE-EN ISO 10052 y en el caso de la opción 4, k toma un valor fijo de 3 dB.

4. RESULTADOS

La figura 4 muestra los valores de k , índice de reverberación, para cada una de las 4 opciones.

- **Opción 1**, representada en azul en la figura 4, que consiste en aplicar la corrección por T a los valores de tercio de octava desde 100 a 5000 Hz en las mediciones del nivel de presión sonora, siguiendo el procedimiento de la UNE-EN ISO 16032. (La UNE-EN ISO 16032 indica que la corrección por reverberación se aplique para los valores de T desde 50 a 5000 Hz. Sin embargo, en este trabajo sólo se disponen valores de T desde 100 a 5000 Hz).

Figura 4. Valores del índice de reverberación, k , obtenido para cada recinto mediante cada una de las 4 opciones analizadas

5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CADA OPCIÓN

Las correcciones de las opciones 1 y 2 son las que presentan un mayor grado de exactitud, ya que se basan en mediciones del tiempo de reverberación de los recintos y no en estimaciones. Sin embargo, al precisar de la medición de T , requieren del equipamiento necesario y alargan el procedimiento de ensayo del nivel de presión sonora transmitido por cualquier instalación en un recinto interior.

En cuanto a las opciones 3 y 4, al estar basadas en valores tabulados o fijos, son fáciles de implementar, ya que no requieren de ningún tipo de ensayo. Aun así, la facilidad de aplicación tiene como contrapartida una menor exactitud.

Por otro lado, en lo que respecta a la integración de cualquiera de estas 4 opciones con el procedimiento de medida y evaluación de ruido de actividades o instalaciones del RD1367/2007[1], cualquiera de las opciones que aplican índices de reverberación globales, opciones 2, 3 y 4, son fáciles de integrar, puesto que el resto de correcciones por componentes (baja frecuencia, K_f , impulsividad, K_i , y tonalidad, K_t) del RD 1367/2007 se aplican a los valores globales de L_{Aeq} corregidos por ruido de fondo. En la primera opción se debe aplicar la corrección por tiempo de reverberación al nivel de presión sonora corregido por ruido de fondo desde 50 a 5000Hz, para obtener después un valor global al cual habría que sumar las correcciones por bajas frecuencias, impulsividad y tonos emergentes (K_f , K_i y K_t).

6. CONCLUSIONES

En las mediciones del nivel de presión sonora de un recinto, pueden encontrarse diferencias de varios decibelios dependiendo de si el recinto está o no amueblado debido a la absorción y la difracción de los muebles. En el procedimiento de medida y evaluación del RD 1367/2007[1] para emisores concretos, como actividades o instalaciones no existe ninguna corrección que tenga en cuenta este efecto, sin embargo, hay situaciones en las que la evaluación de los emisores se va a producir con los recintos sin amueblar.

En esta comunicación se han analizado las posibles correcciones por tiempo reverberación existentes en las normas UNE-EN ISO 16032[7], UNE-EN ISO 10052[8] y en algunos decretos autonómicos, de los cuales, sólo el 176/2009[5] de Cataluña establece dicha corrección.

Se han propuesto 4 opciones de índice de reverberación, k , de aplicación sobre los resultados de una medición de los niveles de presión acústica transmitidos por las instalaciones del edificio:

- **Opción 1:** Normalizar las medidas de nivel de presión sonora a un tiempo de reverberación de referencia de 0,5s desde 50 a 5000 Hz para valores de tercio de octava según UNE-EN ISO 16032[7].
- **Opción 2:** Aplicar el índice de reverberación, k , obtenido según mediciones de T de 500, 1000 y

2000 Hz de forma global sobre los valores de L_{Aeq} , según se indica en la norma UNE-EN ISO 10052.

- **Opción 3:** Aplicar valores tabulados del índice de reverberación, k , según la norma UNE-EN ISO 10052.
- **Opción 4:** Aplicar un valor fijo para el índice de reverberación, k , para recintos sin amueblar, $k = 3$ dB.

Se han calculado y comparado los resultados obtenidos al aplicar cada una de las 4 opciones de corrección por tiempo de reverberación a un total de 180 recintos de viviendas, que eran salones y dormitorios, cuya geometría, tiempo de reverberación y tipo de paramentos eran conocidos. Se trataba de recintos vacíos sin muebles, con volúmenes comprendidos entre 17 y 102 m³. El tiempo de reverberación medio obtenido era de 1,4 s, mayor que $T_0 = 0,5$ s de referencia de las normas estudiadas.

En cuanto a los resultados de k de cada opción, la tabla 4 muestra que las opciones 1 y 2 son las más precisas, ya que se basan en mediciones del tiempo de reverberación de los recintos. La máxima diferencia entre la aplicación de la opción 1 y la 2 es de 1,8 dB.

En el caso de la opción 3, las diferencias entre los valores de k obtenidos a partir de mediciones (opciones 1 y 2) y los valores tabulados de la UNE-EN ISO 10052 son mayores, llegando al máximo de 3,5 dB.

Finalmente, $k = 3$ queda por debajo de la mayoría de los valores medidos y tabulados, siendo un valor conservador en la mayoría de los casos, excepto en aquellos de menor volumen, para los que un valor de 3 dB está sobrevalorado.

Esta comunicación no aborda si el tiempo de reverberación de los recintos amueblados es cercano a 0,5 s.

Finalmente, estos trabajos de investigación prenormativa servirán de apoyo al grupo técnico para la revisión del RD 1367/2007, en concreto al SG05 Índices acústicos y evaluación de los mismos.

6. REFERENCIAS

- [1] Ministerio de la Presidencia, RD 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 23/10/2007), vol. 254. 2007, pp. 42952-42973. [En línea]. Disponible en: http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-18397
- [2] Gobierno Vasco, Decreto 213/2012, de 16 de octubre, de contaminación acústica de la Comunidad Autónoma del País Vasco., vol. 222. 2013. [En línea]. Disponible en: <https://www.legegunea.euskadi.eus/eli/es-pv/d/2012/10/16/213/dof/spa/html/webleg00-confich/es/>
- [3] Junta de Andalucía, Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía, y se modifica el Decreto 357/2010, de 3 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección de la Calidad del Cielo Nocturno frente a la contaminación lumínica y el

establecimiento de medidas de ahorro y eficiencia energética., vol. BOJA 24. 2012, pp. 7-37. [En línea]. Disponible en:

<https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documentos/20151/427498/contaminacion+acustica.pdf/cf4d1534-4ff8-eff8-07c9-bf7f1227c5c7?t=1467628174000>

- [4] Junta de Castilla y León, LEY 5/2009, de 4 de junio, del Ruido de Castilla y León., vol. BOCYL 107. 2009, p. Suplemento al nº 107. 2-36. [En línea]. Disponible en: <http://www.jcyl.es/web/jcyl/binarios/800/1014/Ley%20del%20ruido.pdf?blobheader=application%2Fpdf%3Bcharset%3DUTF-8&blobnocache=true>
- [5] Generalitat de Catalunya, Decreto 176/2009, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 16/2002, de 28 de junio, de protección contra la contaminación acústica, y se adaptan sus anexos, vol. DOGC 5506, n.º D 176/2009. 2009, pp. 85734-85797.
- [6] Carrascal García, Teresa, A. Romero Fernández, y M. B. Casla Herguedas, «Noise from Building Services: Comparison of Technical Requirements in Sixteen Countries», en Proceedings of the Forum Acusticum FA2020 Conference, dic. 2020, p. 255. doi: 10.48465/fa.2020.0210.
- [7] UNE-EN ISO 16032: 2005. Acústica. Medición del nivel de presión sonora de los equipos técnicos en los edificios - Método de peritaje (ISO 16032:2004).
- [8] AENOR, UNE-EN ISO 10052:2022 Acústica. Mediciones in situ del aislamiento a ruido aéreo, ruido de impactos y ruido de equipos técnicos. Método de control. (ISO 10052:2021). Madrid: AENOR, 2022.
- [9] B. Rasmussen y T. Carrascal García, «Noise from ventilation systems in dwellings - Regulations and field test procedures in selected countries in Europe», INTER-NOISE NOISE-CON Congr. Conf. Proc., vol. 265, n.º 1, pp. 6221-6229, feb. 2023, doi: 10.3397/IN_2022_0926.
- [10] B. Rasmussen, T. Carrascal, y S. Secchi, «A Comparative Study of Acoustic Regulations for Hospital Bedrooms in Selected Countries in Europe», Buildings, vol. 13, n.º 3, Art. n.º 3, mar. 2023, doi: 10.3390/buildings13030578.
- [11] AENOR, UNE-EN ISO 3382-2:2008. Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios (ISO 3382-2:2008). Madrid: AENOR, 2008.
- [12] ISO, ISO DIS 16032, 2023 Edition, April 20, 2023 : Acoustics — Measurement of sound pressure level from service equipment or activities in buildings — Engineering method. 2023.
- [13] UNE, Acústica. Medición del tiempo de reverberación de recintos con referencia a otros parámetros acústicos. (ISO 3382:1997) (Anulada). Madrid, España: UNE, 2001.
- [14] T. Carrascal, A. R. Fernández, y B. C. Herguedas, «Applying Spanish Acoustic Regulations to Mechanical Ventilation with Heat Recovery Systems - Case Study», en Proceedings of InterNoise22, Institute of Noise Control Engineering, 2022, pp. 2271-2280(10). doi: https://doi.org/10.3397/IN_2022_0325.
- [15] VDI. Verein Deutscher Ingenieure, VDI 2081. Blatt 1 / Part 1. Noise generation and noise reduction in air-conditioning systems. Düsseldorf. Alemania: VDI. Verein Deutscher Ingenieure, 2001.