

EVALUACIÓN DE LAS PRESTACIONES ACÚSTICAS EN ENTORNOS DE APRENDIZAJE: UN CASO PRÁCTICO

PACS: 43.50.Qp, 43.55.Gx

San Martín, R.; Valencia, A.; Ezcurra, A.; Arana, M.
Universidad Pública de Navarra. Departamento de Física.
Campus de Arrosadía.
31006. Pamplona. Spain
Tel.: 948 168 451
Fax: 948 169 565
E-mail: ricardo.sanmartin@unavarra.es

Palabras Clave: entornos de aprendizaje, monitorización acústica, niveles de ruido, escuelas.

ABSTRACT

Although most research on sound landscapes has been carried out on a relatively large urban scale, the concept can be applied to smaller contexts. This paper presents the results of a pilot study carried out in a public primary school building. From the perspective of acoustic comfort and the appropriateness of the space to the intended use, relevant acoustic parameters are identified. Measurement procedures as well as the results obtained for external levels of ambient noise, indoor levels of background noise, insulation performance and reverberation times are described.

RESUMEN

Aunque la mayoría de las investigaciones sobre paisajes sonoros se han llevado a cabo en una escala urbana relativamente grande, el concepto puede aplicarse a contextos más pequeños. En esta comunicación se presentan los resultados de un estudio piloto realizado en un edificio público de educación primaria. Desde la perspectiva del confort acústico y de la adecuación del espacio al uso al que está destinado, se identifican parámetros acústicos relevantes y se discuten tanto los procedimientos de medida como los resultados obtenidos para niveles exteriores de ruido ambiental, niveles interiores de ruido de fondo, prestaciones de aislamiento y acondicionamiento.

1. INTRODUCCIÓN

La escuela de educación infantil y primaria, donde los niños de entre 3 y 12 años pasan la mitad del tiempo que están despiertos, es probablemente el primer espacio arquitectónico con el que se relacionan que tiene una función claramente definida. La creación de un entorno sonoro confortable es fundamental para la adquisición de hábitos de aprendizaje que se manifestarán en posteriores etapas educativas. La acústica de estos espacios debe promocionar un entorno

de aprendizaje relajado, donde puedan desarrollarse sin injerencias las diferentes actividades educativas [1].

Normalmente la educación formal se lleva a cabo en aulas, donde el proceso de aprendizaje requiere una comunicación verbal intensiva entre estudiantes y profesores. Escuchar y comprender son las actividades predominantes, por lo que es necesario discriminar la palabra hablada de la gran variedad de otros estímulos irrelevantes presentes en el paisaje sonoro. Estas interferencias incluyen ruidos externos, como el tráfico u obras realizadas en calles contiguas, ruidos provenientes de aulas y pasillos adyacentes, como personas hablando o caminando, ruidos internos propios de cada aula procedentes de aparatos de aire acondicionado, calefacción, proyectores... Además, en educación primaria y sobre todo infantil, es el ruido generado por los propios compañeros de clase la principal fuente de ruido presente en las aulas [2]. En estas situaciones, está demostrado que la presencia de altos niveles de ruido afecta adversamente la percepción del habla, la lectura, la comprensión del lenguaje, la cognición, la concentración y el propio desarrollo psicosocial del niño.

Por otro lado, existe también un aprendizaje informal, aquél que surge de la propia interacción entre individuos. En este caso, no debe subestimarse la capacidad del espacio físico de definir cómo se desarrolla dicho aprendizaje [3]. Puede reunir a la gente, puede fomentar la exploración, la colaboración, la discusión... o propagar un mensaje tácito de silencio y desconexión. Además, los niños de hoy en día tienen actitudes y expectativas que difieren de las de los niños de hace incluso 10 años atrás. Pero los espacios de aprendizaje suelen reflejar el enfoque educativo de su tiempo, por lo que espacios diseñados hace 50 años no es probable que encajen perfectamente con los requisitos actuales. Muchos educadores que hoy día favorecen un aprendizaje activo, participativo y experimental, enfocado en el estudiante, se encuentran con recintos con un único punto focal situado en la parte delantera que sugiere cómo se va a desarrollar la interacción. Sin embargo, este método de enseñanza, al menos en educación infantil, ya no es mayoritario. En el siglo XXI se han popularizado nuevos métodos pedagógicos que exigen aulas polivalentes, con espacios amplios y diáfanos, y cambios en el mobiliario tradicional. Además, la presencia cada vez más habitual de nuevas tecnologías es también una variable que influirá en el diseño de las aulas del futuro, donde los espacios físicos se complementarán con espacios virtuales creados con dispositivos.

Estos cambios en los espacios de aprendizaje también van a provocar cambios en su rendimiento acústico. Adoptar para una escuela un estilo de aula abierta con espacios polivalentes sin duda proporciona determinadas ventajas educativas. Este tipo de espacios permite realizar una mayor variedad de actividades, facilitando el trabajo colaborativo. Ayudan a compartir ideas y experiencias no sólo entre estudiantes, sino también entre educadores. Además, crean una atmósfera de trabajo más similar a la vivida en el hogar y son percibidos como menos autoritarios, generando un mayor sentimiento de seguridad en el niño. Sin embargo, provocado por la presencia de una mayor cantidad de niños realizando tareas diferentes en un espacio de mayor volumen, los niveles de ruido fluctuante y los tiempos de reverberación son generalmente mucho mayores. Suelen presentar falta de privacidad visual y sonora, lo que es motivo de distracción tanto para profesores como para los propios niños. Este fenómeno es más acusado en niños que están siendo educados en lengua no materna o con discapacidades físicas, intelectuales o de comportamiento [4].

Existen estudios que alertan que algunas actividades no son apropiadas para estos espacios [5] o que directamente desaconsejan clases abiertas de más de 90 estudiantes por sus altos niveles de ruido, que afectan no solo al proceso de aprendizaje sino también provocan problemas de garganta en los educadores, al necesitar incrementar el nivel de su voz constantemente para ser oídos [6]. De hecho, el propio American National Standards Institute desaconseja rotundamente el uso de aulas abiertas, declarando que el bajo rendimiento acústico de estos sistemas tiene un

impacto directo en el proceso de aprendizaje y anula cualquiera de las ventajas metodológicas que puedan derivarse de su uso [7]. En cualquier caso, todos coinciden en que son deseables espacios de aprendizaje más flexibles y que se necesitan estudios sistemáticos que permitan concretar recomendaciones o restricciones acústicas para estos entornos. El objetivo es crear paisajes sonoros educativos asociados no únicamente al confort, sino convertirlos también en una herramienta eficiente para potenciar la función educativa que en ellos se va a desarrollar, teniendo en cuenta que cada etapa educativa puede tener requisitos diferentes.

La dificultad estriba en la evaluación de estos nuevos entornos sonoros en su conjunto. No existen suficientes herramientas y criterios precisos para hacer un análisis acústico que considere tanto la acción como el entorno [8]. Además de las aulas tradicionales, la progresiva incorporación pedagógica a un proceso educativo global de espacios como pasillos, patios, comedores, salas especiales de informática, música, gimnasia, salones de actos, etc., hace necesario un enfoque holístico, donde todas las propiedades del sistema no sean analizadas como la mera suma de la contribución de cada una de las variables. Es probable que sea necesario desarrollar nuevas metodologías y establecer nuevos parámetros que, para permitir la intercomparabilidad, tanto espacial como temporal, deberán fundamentarse en medidas estandarizadas [9]. Además, para evaluar la adecuación a los distintos usos es requisito imprescindible conocer las impresiones tanto de consultores educativos y expertos en acústica como sobre todo de los usuarios finales, docentes y niños [10]. Esta comunicación es una primera aproximación en la que se discuten algunos resultados obtenidos tras una exhaustiva evaluación de un centro educativo. La relación entre los resultados objetivos aquí presentados y el grado de adecuación del entorno sonoro a la acción de aprendizaje que en él se desarrolla deberá ser analizada mediante encuestas a los usuarios del mismo.

2. ENTORNO Y MÉTODO

El centro escolar objeto de evaluación fue el Colegio Público Patxi Larrainzar, situado en el barrio de la Rochapea, uno de los más antiguos de la ciudad de Pamplona. Se trata de un Centro de Educación Infantil y Primaria de titularidad pública que imparte la totalidad de las clases en euskera. En Navarra, pese a que sólo el 10% de la población es vascohablante, en torno al 30% de la matriculación escolar se realiza en este modelo lingüístico, porcentaje que es mayor en la zona metropolitana, donde se sitúa en el 42%. Esta peculiaridad, añadida a las crecientes tasas de inmigración y a la implantación progresiva del inglés vehicular en el aula, nos lleva a que más de un 60% de los escolares reciben clases en lengua no materna, estudiantes que se verán potencialmente más afectados por un entorno sonoro inapropiado.

La distribución principal del centro se dispone en dos edificios principales, con tres plantas cada uno, conectados a través de otro a modo de corredor interior cubierto donde se desarrolla la docencia en edad infantil. En los inicios de dicho centro únicamente existía uno de los edificios, construido a finales de la década de los 70. Tras progresivas actualizaciones y anexos, provocadas por el rápido crecimiento demográfico del barrio, y para poder satisfacer la demanda de espacios e instalaciones, en el año 2007 se completó su construcción añadiendo el segundo de los edificios principales. Así pues, conviven dos construcciones diferentes. Durante la construcción tanto del edificio original como de la ampliación no se consideró oportuno adoptar medidas para disponer de un acondicionamiento acústico adecuado para cada tipología de aula (aula lectiva, aula de música, biblioteca, gimnasio, etc...). Por ello es posible encontrar deficiencias en la acústica de varias de las aulas existentes en el centro escolar.

A partir de los planos proporcionados por el centro escolar se hizo necesaria una entrevista con sus responsables educativos de cara a relacionar cada zona con el uso docente actual o futuro. Este primer contacto es importante para la detección de posibles necesidades o inadecuaciones acústicas que puedan ser confrontadas en las sesiones de medida. Se decidió realizar un

muestreo riguroso de los diferentes espacios existentes. Se utilizaron tres sistemas de monitorización acústica 01dB Oper@ que fueron alternando posiciones, interiores y exteriores, durante mes y medio, registrando niveles L_{Aeq} y espectros en bandas de tercio de octava cada minuto. Se midieron niveles de ruido de fondo en un total de 25 localizaciones, para diferentes modos de funcionamiento de equipos de ventilación e informáticos. Asimismo, se evaluaron las prestaciones de aislamiento a ruido aéreo y ruido de impacto en las tres configuraciones constructivas detectadas. En cuanto al acondicionamiento, se realizaron medidas del tiempo de reverberación en el 33% de las aulas destinadas a educación infantil, el 41% de las aulas destinadas a educación primaria y el 78% de las aulas especiales o de función específica, incluidos comedores y patios.

El procedimiento utilizado para la obtención del tiempo de reverberación fue el método de la respuesta impulsiva integrada, obtenida mediante barridos sinusoidales logarítmicos, con cobertura de precisión para las aulas especiales (2 posiciones de fuente, 6 receptores por cada posición) y de ingeniería (2 posiciones de fuente, 3 receptores por cada posición) para el resto. Pese a no tener restricciones en cuanto a la relación señal-ruido de las mediciones, siendo esta superior siempre a 45 dB en cada banda desde 125 Hz hasta 4 kHz, se estimó el tiempo de reverberación con el rango de evaluación de 20 dB (T_{20}), ya que en este tipo de recintos la evaluación subjetiva de la reverberación está más relacionada con la primera parte del decrecimiento del sonido (ISO 3382-2).

Para evaluar el aislamiento se siguieron los procedimientos descritos en las series de la norma ISO 16283 para mediciones in situ tanto de aislamiento a ruido aéreo como de impacto, así como la caracterización del comportamiento acústico mediante valor único descrito en el DB-HR del CTE para ruido aéreo ($D_{nT,A}$) o en las series ISO 717 para ruido de impacto ($L_{nT,w}$). En el caso del ruido aéreo, para cada partición analizada, horizontal y vertical, se utilizaron dos posiciones de fuente omnidireccional emitiendo ruido rosa, obteniéndose los niveles de presión en bandas de tercio de octava con un sonómetro CESVA SC-310 realizando un barrido manual circular de 30 segundos por cada posición, tanto en la sala emisora como la receptora. Para analizar las prestaciones frente al ruido de impacto se utilizó una máquina de impactos normalizada Bruel & Kjaer Type 3204 situada en cuatro posiciones diferentes por partición analizada, obteniéndose los niveles de presión en sala receptora mediante barrido manual circular. En ambos procedimientos se evaluó de la misma manera el ruido de fondo en la sala receptora y se utilizaron los valores de T_{20} obtenidos anteriormente con cobertura de ingeniería.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Algunos de los problemas acústicos existentes en las escuelas derivan directamente de su localización en un entorno ruidoso, donde el ruido de tráfico es predominante. El centro escolar analizado (ver Figura 1) se sitúa paralelo a una avenida de tráfico abundante, donde se han realizado actuaciones para moderar la velocidad de los vehículos. Se posicionaron las estaciones de medida en los puntos A, B y C durante 24 horas, corroborando los niveles obtenidos en el mapa estratégico de la aglomeración urbana de la Comarca de Pamplona realizado en 2012. Para nuevas escuelas no son deseables niveles superiores a 60 dB [11] aunque sea posible cumplir los requisitos de ruido de fondo interior con elevadas prestaciones de aislamiento incluso cuando los niveles exteriores superen los 70 dB. Sin embargo, patios y áreas de recreo exteriores, que son utilizadas también como espacios de aprendizaje, sufrirán un impacto en las posibilidades de comunicación, por lo que se recomienda la utilización de apantallamiento acústico para lograr al menos un área apropiada para actividades educativas exteriores con niveles por debajo de 50 dB.



Figura 1. Mapa de niveles sonoros ($L_{\text{día}}$) del barrio de la Rochapea. Destacadas la situación del centro escolar analizado y las tres posiciones de monitorizado de control.

El muestreo de ruido ambiente interior realizado reveló que en un 36% de las localizaciones los niveles sonoros eran inferiores a 35 dB (L_{Aeq}). Entre 35 y 40 dB se encontraban un 40 % de los espacios analizados, mientras que la presencia de equipamiento informático activado o el ruido procedente de instalaciones provocaba niveles entre 40 y 45 dB en el 16% de las aulas y superiores a 45 dB en el 8% restante.

En cuanto a la evaluación del aislamiento a ruido aéreo se obtuvieron valores para la diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, $D_{nT,A}$ de 44 dB y 45 dB entre aulas docentes para particiones verticales de las zonas vieja y nueva respectivamente. Tan sólo en aquellos casos en que existía una puerta en la partición analizada, como era el caso de aulas de infantil junto a su correspondiente aula de apoyo, las prestaciones disminuían hasta los 36 dB. Por su parte, en las particiones horizontales se alcanzaron valores de 51 dB y 55 dB. En cuanto a las salas especiales siempre se obtuvieron valores superiores a 50 dB (52 dB para la sala de música y el salón de actos y 54 dB para la biblioteca, por ejemplo) lo que lleva a concluir que se cuidaron las prestaciones de aislamiento en la fase de diseño.

Los niveles de presión acústica estandarizados para la evaluación del ruido de impactos $L_{nT,w}$ reflejaron una mejora promedio de alrededor 5 dB en el edificio nuevo frente al viejo, sin duda fruto de mejoradas técnicas constructivas. Sin embargo, se obtuvieron valores superiores a 65 dB para todas las salas docentes, con suelo de baldosa, y entre 60 y 65 dB cuando el suelo era de linóleo, como en las salas de música o psicomotricidad.

Para aulas docentes se consideran óptimos tiempos de reverberación en condiciones desocupadas inferiores a 0,5 segundos. Sin embargo, tal y como se puede observar en la Figura 2, los T_{mid} – promedio de las bandas 500 Hz, 1kHz y 2 kHz – se sitúan entre 0,8 y 1,3 segundos para volúmenes de aula entre 130 y 180 m^3 . Como en ningún aula existe tratamiento acústico propiamente dicho, la variabilidad detectada para una misma tipología de aula es debida a la diferente decoración establecida por el propio docente responsable de la misma y podía ser intuida a priori mediante inspección visual. El único tratamiento acústico realizado en el edificio corresponde a las zonas de comedores, donde se diseñó un falso techo absorbente. Su efectividad puede comprobarse al obtenerse tiempos de reverberación de 0,8 segundos en volúmenes mucho mayores.

Especialmente alarmantes parecen los valores obtenidos para el salón de actos y el gimnasio, con 2,1 y 2,2 segundos respectivamente. La utilización de materiales constructivos no

absorbentes crea tiempos de reverberación largos tanto de la señal como del propio ruido de fondo. La combinación de ruido y reverberación conlleva el enmascaramiento y la distorsión de la señal hablada, reduciendo drásticamente la inteligibilidad en estos espacios.

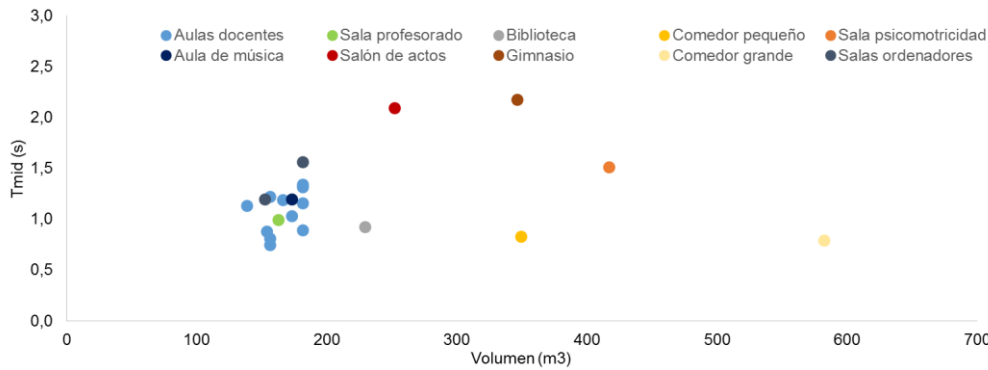


Figura 2. Valores de T_{20mid} – promedio 500 Hz, 1 kHz y 2 kHz – para las salas analizadas.

En la Figura 3 se muestran los resultados de una monitorización semanal realizada en dos aulas en las que se imparte 2º ciclo de educación primaria, es decir, aulas de 9 y 10 años. Ambas están situadas en el mismo pasillo, de hecho, enfrentadas una a la otra y tienen similar tipología, contando con un volumen de 150 m³ y tiempos de reverberación de 0.9 y 1.1 s respectivamente.

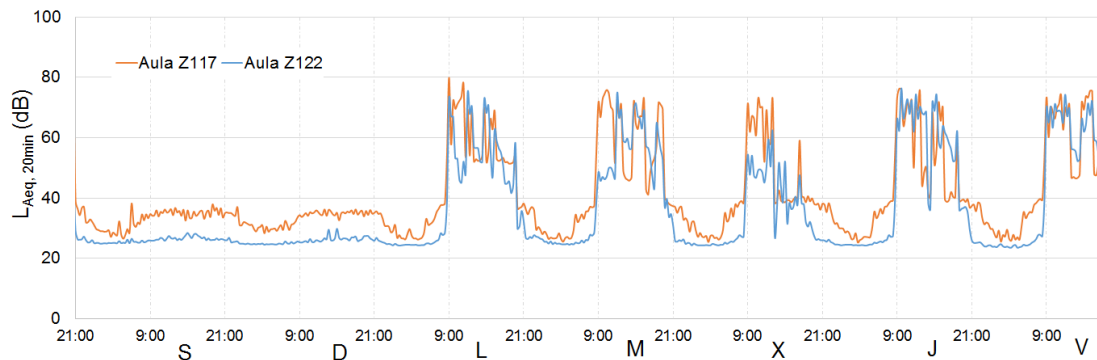


Figura 3. Valores de $L_{Aeq,20min}$ (dB) recogidos durante una semana en el interior de dos aulas de 2º ciclo de educación primaria.

El aula Z122 está orientada al patio mientras que el aula Z117 lo hace a la avenida con alto tráfico, lo que provoca diferencias en los niveles de ruido de fondo claramente visibles los días en los que no hay actividad. Una vez que comienza la jornada escolar, en torno a las 9 de la mañana, se alcanzan niveles superiores a 70 dB durante largos periodos, si bien es cierto que aparece una variabilidad fruto de la actividad desarrollada en el interior del aula.

Con algo más de detalle, la Figura 4 muestra los niveles $L_{Aeq,1min}$ (dB) medidos en tres aulas correspondientes a 2º de educación infantil (4 años), 2º de educación primaria (7 años) y 5º de primaria (10 años). Pueden apreciarse tendencias diferentes. El aula de 7 años es la que mayor nivel presenta a lo largo de la mañana, alcanzando un nivel equivalente de 78.3 dB, mientras que en el aula de 4 años se obtienen 71.8 dB. Esta diferencia puede ser debida a diversos factores. Sin duda el más determinante es la actividad desarrollada en su interior, junto con el diferente comportamiento de los escolares, aunque también en el aula de infantil había una mayor presencia de mobiliario y elementos textiles separadores que provocaba unos tiempos de reverberación inferiores (0.8 frente a 1.2 s), siendo también de similar tipología.

Por otro lado, en el aula de 10 años, donde los tiempos de reverberación también eran altos, de 1.2 s, se observa una conducta completamente diferente. Los niveles no son estables sino que pueden distinguirse dos actividades claramente diferenciadas. Una inicial, coincidente con el inicio de cada sesión, donde el educador expone los contenidos a desarrollar y una posterior, de niveles sonoros correspondientes a una actividad silenciosa, no logrados en ninguna de las aulas de edades inferiores más que cuando se desocupan. A este respecto es reseñable la presencia en esta aula de nivel sonoro elevado, en torno a 65 dB, durante la pausa realizada a media mañana, en contraste con los obtenidos en las otras aulas.

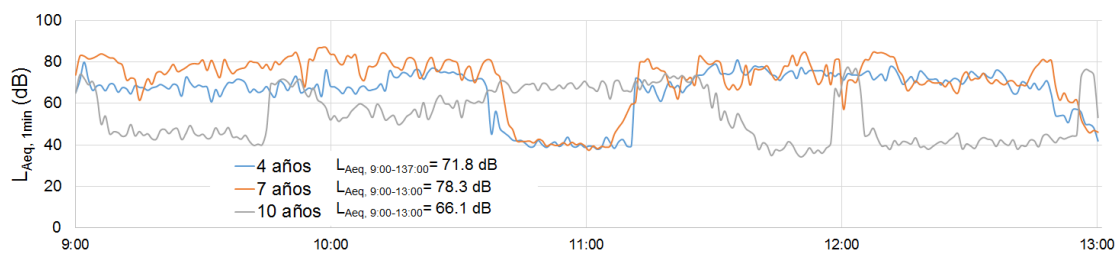


Figura 4. Valores de $L_{Aeq,1min}$ (dB) recogidos en una mañana en el interior de tres aulas de 4, 7 y 10 años.

Aunque de esta monitorización pueden extraerse determinadas conclusiones, como que en las sesiones de tarde los niveles promedio eran siempre más elevados, se hace necesario cotejar los datos con un registro de las actividades realizadas durante las jornadas de medida, además de con las propias impresiones de los responsables educativos de cada aula. Sin embargo, independientemente de éstas, queda claro que los niveles sonoros a los que los estudiantes se encuentran sometidos durante una jornada escolar son demasiado altos. En la Figura 5 se muestran los niveles medidos en cinco localizaciones – aula de 6 años, sala de ordenadores, sala de música, comedor y patio - desde las 8 de la mañana hasta las 18 de la tarde. Aunque los niveles fluctúan en función del lugar, la actividad y el momento, se destaca un recorrido típico que realizaría un escolar que tras la llegada a su aula, empezaría con una sesión de informática, volvería a su aula para posteriormente dirigirse al taller de música, acudiría al patio, volvería a su aula, haría la pausa para comer y finalizaría con una sesión vespertina de nuevo en el aula.

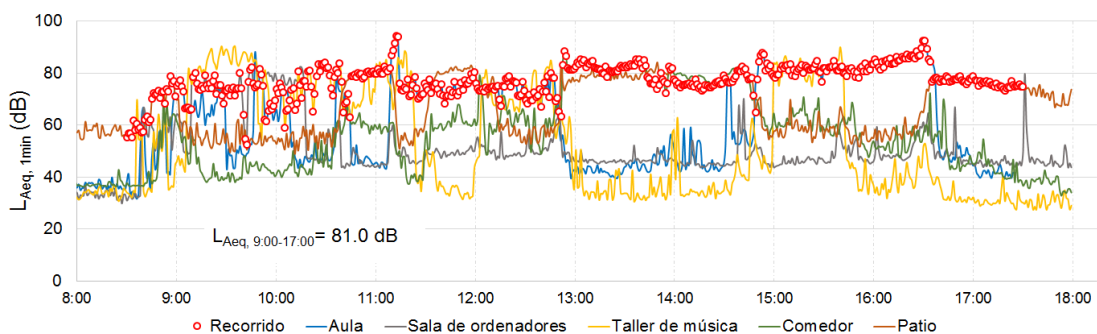


Figura 5. Valores de $L_{Aeq,1min}$ (dB) recogidos en un día en diferentes localizaciones del centro escolar. Destacado el recorrido realizado por un escolar ese día.

El nivel equivalente durante la jornada siguiendo este recorrido alcanza los 81.0 dB, un nivel que exigiría al menos ofrecer información y formación a los trabajadores si de un centro productivo se tratara.

4. CONCLUSIONES

Se ha realizado un muestreo exhaustivo de las prestaciones acústicas de un centro escolar. Aunque las prestaciones de aislamiento son aceptables, los niveles sonoros detectados en el interior de las aulas durante el desarrollo de actividades educativas pueden superar los 80 dB. A estos niveles, como los sistemas auditivos de los niños son neurológicamente inmaduros, los escolares tienen mayores dificultades perceptuales que los adultos para discriminar y comprender el mensaje hablado, ya que no pueden utilizar años de experiencia comunicativa previa para completar la información perdida [12]. La ausencia de tratamiento absorbente en las aulas provoca también tiempos de reverberación elevados, tanto que en algunas localizaciones podría llegar a impedir el desarrollo de la propia actividad o una supuesta apertura hacia métodos pedagógicos diferentes.

Sin embargo, se ha constatado que la falta de recursos o financiación no es el principal motivo de la existencia de problemas acústicos en aulas. Muchas veces la causa principal reside en la falta de conocimiento del problema por parte de los profesionales involucrados en la enseñanza o en el diseño de aulas, o en la incapacidad de encontrar soluciones adaptadas. Un elemento importante en el diseño de entornos de aprendizaje es analizar las acciones conductuales tanto de docentes como de estudiantes para determinar aspectos funcionales del mismo. Es vital por tanto la cooperación con los usuarios del espacio para vincular el propósito y uso del mismo con todas las posibles formas de trabajo. La acción debe determinar un paisaje sonoro adaptado y no al revés, como frecuentemente ocurre.

REFERENCIAS

- [1] Designing Quality Learning Spaces – Acoustics v2.0. New Zealand Ministry of Education, Wellington, 2016.
- [2] Shield, B., Dockrell, J.E. External and internal noise surveys of London primary schools, *Journal of the Acoustical Society of America* 115(2), pp. 730-738, 2004.
- [3] Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., Barrett, L. The impact of classroom design on pupils' learning: final results of a holistic, multi-level analysis. *Building and Environment* 89, pp 118.133, 2015.
- [4] Shield, B., Greenland, E., Dockrell, J. Noise in open classrooms in primary schools: a review. *Noise and Health* 12(49), pp. 225-234, 2010.
- [5] Greenland, E.E., Shield, B.M. A survey of acoustic conditions in semi-open plan classrooms in the United Kingdom, *Journal of the Acoustical Society of America* 130(3), pp. 1399-1410, 2011.
- [6] Mealings, K.T., Buchholz, J.M., Demuth, K., Dillon, H. Investigating the acoustics of a sample of open plan and enclosed kindergarten classrooms in Australia. *Applied Acoustics* 100, pp. 95-105, 2015.
- [7] American National Standard Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools ANSI/ASA S12.60-2010.
- [8] Pääkkönen, R., Vehviläinen, T., Jokitulppo, J., Niemi, O., Nenonen, S., Vinha, J. Acoustics and new learning environment – A case study. *Applied Acoustics* 100, pp. 74-78, 2015.
- [9] ANC Good Practice Guide: Acoustic Testing of Schools, version 2, Association of Noise Consultants, United Kingdom 2015.
- [10] Madbouly, A.I., Noaman, A.Y., Ragab, A.H.M., Khedra, A.M., Fayoumi, A.G. Assesment model of classroom acoustics criteria for enhancing speech intelligibility and learning quality *Applied Acoustics* 114, pp. 147-158, 2016.
- [11] *Acoustics of Schools: A Design Guide*, Institute of Acoustics IOA and the Association of Noise Consultants ANC, United Kingdom, 2015.



**48º CONGRESO ESPAÑOL DE ACÚSTICA
ENCUENTRO IBÉRICO DE ACÚSTICA
EUROPEAN SYMPOSIUM ON UNDERWATER ACOUSTICS
APPLICATIONS
EUROPEAN SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE BUILDING
ACOUSTICS**

[12] Shield, B.M., Dockrell, J.E., The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children, Journal of the Acoustical Society of America 123(1), pp. 133-144, 2008.