

# Estudio acústico de dos centros de enseñanza secundaria

Jordi Solbes y Amando García  
Laboratorio de Acústica. Departamento de Física Aplicada  
Universidad de Valencia

## 1. Introducción

En sus diferentes niveles, los centros docentes tienen como objetivo general la impartición de enseñanzas. El proceso educativo se basa en gran medida en la comunicación oral entre profesores y alumnos. En consecuencia, las condiciones acústicas de los centros docentes son un factor de importancia capital para una adecuada realización de su función educativa (1) (2).

En particular, diferentes estudios han demostrado que el ruido ambiental en los centros docentes puede afectar en alguna medida el proceso educativo (3) (4) (5) (6). La contaminación sonora en los centros docentes puede tener orígenes muy diferentes. La fuente externa más frecuente suele ser el tráfico rodado (7). Los niveles de ruido en el interior están relacionados en gran medida con el desarrollo de las actividades normales en las aulas, patio, comedor, etc. Las condiciones de las diferentes instalaciones de los centros (aislamiento y acondicionamiento acústicos) juegan también un papel muy importante en este problema (8).

A lo largo de estos últimos años, nuestro Laboratorio ha realizado varias investigaciones sobre este tema. Todos estos estudios se han llevado a cabo en la Comunidad Valenciana, en diferentes centros de enseñanza primaria, secundaria y superior (9) (10) (11) (12) (13). Como una nueva contribución a este campo de trabajo, presentamos a continuación los resultados más importantes obtenidos en un

estudio realizado recientemente en dos Institutos de Bachillerato valencianos, caracterizados por condiciones acústicas muy diferentes.

## 2. Descripción de los centros estudiados

Uno de los centros estudiados en este trabajo ha sido el Instituto de Bachillerato "Juan de Garay", en la ciudad de Valencia. Este Instituto está situado en un edificio de tres plantas, y ha sido reformado en fecha reciente (1987). El Instituto dispone de 32 aulas, 24 destinadas a funciones generales y las 8 restantes a funciones específicas (2 de audiovisuales, 1 de informática, 1 de electrotecnia, 1 de música, 1 de dibujo, 1 de teatro y 1 de hogar); este Instituto cuenta además con otras dependencias (despachos, biblioteca, laboratorios, etc.). El centro se encuentra ubicado en uno de los barrios periféricos de la ciudad, junto a un gran hospital. Dadas las características generales de la zona en que se encuentra y su especial ubicación en ella, podemos afirmar que este Instituto está sometido a niveles de ruido exterior relativamente bajos; en particular, tan sólo dos de sus fachadas recaen a calles en las que existe un tráfico medio/bajo, en tanto que las fachadas restantes dan a zonas interiores ajardinadas, muy tranquilas. Actualmente el centro cuenta con 90 profesores y unos 1.000 alumnos.

El otro centro estudiado ha sido el Instituto de Bachillerato "José Rodrigo

Botet", en la ciudad de Manises (Valencia). El edificio principal del centro es un aulaario de dos plantas, construido hacia 1965. En este edificio se ubican unas 20 aulas de capacidad media y pequeña, de las que sólo una está destinada a un uso específico (informática). De hecho, algunas de sus aulas actuales no tenían originalmente esta función y otras se encuentran bastante deterioradas (por ejemplo, sus puertas y ventanas cierran mal). En un edificio anejo construido hacia 1980 se sitúan otras dependencias auxiliares, tales como oficinas, despachos y laboratorios (de pequeño tamaño). Por último, recientemente se han montado cuatro aulas prefabricadas en el patio del centro. Las condiciones acústicas de la zona en que está situado este Instituto son extraordinariamente negativas: en sus proximidades se encuentra el aeropuerto de Valencia (con un tráfico de aeronaves civiles y militares relativamente intenso), frente a él discurre la carretera que une a Manises con Ribarroja (polígono industrial) y la vía del ferrocarril Valencia-Madrid, y, finalmente, una de sus fachadas laterales recae a la vía de enlace de varias poblaciones importantes (Paterna, Burjassot y Manises) con la autovía N-III (Valencia/Madrid). El Instituto cuenta en la actualidad con 60 profesores y unos 750 alumnos, distribuidos en dos turnos diferenciados, diurno y nocturno.

## 3. Medidas acústicas

En los dos centros estudiados en el presente trabajo hemos llevado a cabo

una extensa serie de medidas acústicas. Fundamentalmente, se han realizado medidas de niveles sonoros en el exterior e interior del edificio (utilizando un sonómetro integrador de precisión BK2221), y medidas de tiempos de reverberación en una muestra de las correspondientes aulas (utilizando un analizador spectral MLSSA, una fuente sonora y un sonómetro BK2215). Presentamos a continuación las características más importantes de estas medidas y los resultados más significativos obtenidos en cada caso.

### 3.1. Medidas de niveles sonoros en el exterior de los centros

La realización de estas medidas tenía como objetivo la evaluación del ambiente acústico medio del entorno en que están ubicados los dos centros docentes considerados en el estudio. Las medidas fueron llevadas a cabo durante las horas de clase de la mañana y de la tarde, en días lectivos de Febrero a Abril de 1995. Con el fin de obtener unos resultados estadísticamente representativos en un tiempo razonable, se optó por realizar varias series de medidas de 1 minuto de duración a lo largo de toda la fachada exterior de los centros, a razón de un punto de medida cada 7-8 metros; en cada una de estas medidas, se anotaron los valores del nivel sonoro equivalente Leq y del nivel sonoro máximo Lmax, expresados en dBA.

En el Instituto "Juan de Garay" de Valencia se consideraron un total de 19 puntos de medida. Sólo dos fachadas del edificio recaen a otras tantas calles; las otras dos están orientadas a pequeñas zonas ajardinadas interiores. De acuerdo con lo esperado, los valores encontrados para el nivel sonoro equivalente Leq no fueron demasiado elevados. Por lo que respecta a las fachadas que dan a las calles, dichos valores se situaban entre 58 y 67 dBA, con un valor medio 61.9 dBA; este resultado se puede considerar típico de una zona urbana con tráfico escaso. En el caso de las fachadas que recaen a las zonas ajardinadas interiores, los valores estaban comprendidos entre 51 y 63 dBA, con un valor medio de 56.5 dBA. En resumen, considerando globalmente

todas las medidas realizadas en el exterior de este centro, se ha encontrado un valor medio del nivel sonoro equivalente Leq de 59.2 dBA.

Por lo que respecta a los niveles sonoros máximos Lmax medidos en el exterior de este mismo Instituto, nos limitaremos a señalar su amplia variabilidad, con valores comprendidos entre 77 y 100 dBA (un 52% de los valores Lmax medidos superaban los 90 dBA). Los valores más elevados fueron producidos por el paso de aviones, que suelen sobrevolar esta zona de la ciudad en sus operaciones de aproximación al aeropuerto, situado a unos 5 km. de distancia de este lugar.

En el caso del Instituto "José Rodrigo Botet" de Manises, se tomaron en consideración un total de 21 puntos de medida en el exterior. Como era previsible, dadas las condiciones del entorno, los niveles sonoros medidos en este centro son, en general, bastantes más elevados que en el caso anterior. Los valores más altos del nivel sonoro equivalente Leq, comprendidos entre 71 y 75 dBA, se producen en la fachada delantera del edificio (junto a la que discurre la carretera de Ribarroja y la vía del tren), con un valor medio de 73.1 dBA. A continuación se sitúan los puntos de la fachada que recae al enlace con la carretera N-III (parece oportuno señalar que aunque este enlace es elevado y se sitúa a un nivel por encima del nivel del suelo, en el que se han realizado nuestras medidas, queda muy

cerca de las ventanas del aula del centro), con valores comprendidos entre 63 y 72 dBA y un valor medio de 65.9 dBA. Finalmente, en la fachada trasera del centro los valores del Leq estaban comprendidos entre 59 y 67 dBA, con un valor medio de 62.7 dBA. Considerando la totalidad de las medidas realizadas en el exterior de este centro, se ha encontrado un valor medio del nivel sonoro equivalente Leq de 67.4 dBA.

Como en el caso anterior, los niveles sonoros máximos Lmax medidos en el exterior de este segundo Instituto muestran también una amplia variabilidad, con valores comprendidos entre 87 y 108 dBA (un 95% de los valores de Lmax medidos superaban los 90 dBA). El valor de Lmax más elevado (107.6 dBA) correspondió al paso de aviones a reacción militares. Dada la situación del centro, muy próxima al aeropuerto, la ocurrencia de estos niveles tan altos es relativamente frecuente.

En la Tabla I se resumen los resultados más significativos encontrados en las medidas realizadas en el exterior y en el interior de los centros estudiados.

### 3.2. Medidas de niveles sonoros en el interior de los centros

La mayoría de las medidas de niveles sonoros realizadas en el interior de los dos centros considerados en este estudio (pasillos, aulas, etc.) fueron lle-

Tabla I. Valores medios del nivel sonoro equivalente Leq medidos en el exterior (fachadas) y en el interior (pasillos y aulas con las ventanas cerradas) de los dos Institutos de Bachillerato considerados en este trabajo.

Centro	Situación	Emplazamiento	Leq (dBA)
Instituto "Juan de Garay" Valencia	Exterior	Fachadas a la calle	61.9
		Fachadas al patio	56.5
	Interior	Pasillos varios	58.4
		Aulas varias	48.4
Instituto "José Rodrigo Botet" Manises	Exterior	Fachada delantera	73.1
		Fachada lateral	65.9
		Fachada trasera	62.7
	Interior	Pasillos varios	71.3
		Aulas varias	53.6

vadas a cabo durante los recreos, con el fin de evitar la presencia de alumnos. En general, el interior del Instituto "Juan de Garay" se puede calificar de poco ruidoso. Concretamente, se ha encontrado un valor medio del nivel sonoro equivalente Leq de 59.2 dBA en los pasillos que recaen al exterior y un valor medio de 57.5 dBA en los pasillos interiores. En una amplia serie de medidas realizadas en seis aulas de este centro (dando tanto a la calle principal, como a la lateral y al patio), se ha encontrado un valor medio del Leq de 57.5 dBA con las ventanas abiertas y de 48.4 dBA con las ventanas cerradas.

Las medidas realizadas en el interior del Instituto "José Rodrigo Botet" han confirmado plenamente el carácter ruidoso del centro. Esta situación no sólo estaba originada por los elevados niveles de inmisión del ruido exterior, sino también por el hecho de que un cierto número de alumnos tenía la costumbre de permanecer en los pasillos y las aulas durante los recreos (nos parece interesante señalar que, a raíz de nuestro estudio, el claustro del centro tomó conciencia de este problema y adoptó las medidas pertinentes para solucionarlo). El valor medio del nivel sonoro equivalente Leq medido en los pasillos que recaen a la fachada más ruidosa del edificio principal fue de 72.3 dBA en la planta baja y 70.3 dBA en el primer piso (aunque posiblemente el hecho tiene un valor puramente anecdótico, vale la pena citar que durante la realización de medidas en este lugar detectamos un nivel Lmax de 102.4 dBA, que produjo vibraciones evidentes en los cristales de las ventanas). En las medidas realizadas en las cuatro aulas del aulario (situadas en el primer y segundo piso, a ambos lados del edificio) y en una de las aulas prefabricadas encontramos un valor medio de Leq de 63.9 dBA con las ventanas abiertas y 53.6 dBA con las ventanas cerradas.

### 3.3. Medidas de tiempos de reverberación en las aulas

Estas medidas consistieron en la determinación de los valores de EDT (early decay time), T20 y T30 para las frecuencias conversacionales (5.000,

Tabla II. Valores del EDT (early decay time) medidos en cuatro aulas diferentes de dos Institutos de Bachillerato valencianos. Resultados expresados en segundos.

Centro	Aula	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz
Instituto "Juan de Garay" Valencia	12	2.85	2.59	2.17
	19	2.96	2.64	2.17
	22	2.70	2.54	2.21
	23	2.67	2.51	2.20
Instituto "José Rodrigo Botet" Manises	1º D	2.62	2.37	2.13
	2º E	2.72	2.39	2.18
	COU A	2.75	2.51	2.23
	Prefab.	1.47	1.38	1.01

1.000 y 2.000 Hz). Se han tomado en consideración cuatro aulas diferentes en cada uno de los centros. En cada una de tales aulas llevaron a cabo tres medidas diferentes para cada una de las citadas frecuencias. Todas estas medidas se realizaron con las aulas nominalmente vacías (sólo con la presencia de las dos personas que llevaron a cabo las medidas); de hecho, las medidas se llevaron a cabo a finales del mes de junio, en ausencia de alumnos.

En la Tabla 2 presentamos los valores medios encontrados para el índice EDT (por considerarlo más significativo) en las diferentes series de medidas realizadas en cada una de las aulas estudiadas en el presente trabajo.

## 4. Respuesta subjetiva

Las medidas a las que nos hemos referido en el apartado anterior han sido complementadas con la realización de una encuesta de opinión entre los profesores y alumnos de los dos centros considerados en el estudio. La encuesta se llevó a cabo durante el mes de Mayo de 1995. Los cuestionarios utilizados planteaban una serie de preguntas sencillas, formuladas de forma clara y directa, sobre las condiciones acústicas de los centros y su posible repercusión sobre el proceso educativo. Las respuestas eran cerradas con una escala diferencial semántica. Los cuestionarios fueron distribuidos y recogidos a través de los directores de los centros, a los que se les indicó la

distribución de cursos más conveniente para el trabajo y se les recomendó la necesidad de estimular la participación del profesorado.

Finalmente, en el Instituto "Juan de Garay" de Valencia se recogieron un total de 19 encuestas de profesores y 269 encuestas de alumnos (31 de primer curso, 99 de segundo, 60 de tercero y 79 de COU). En el Instituto "José Rodrigo Botet" de Manises se recogieron un total de 24 encuestas de profesores y 117 encuestas de alumnos (27 de primer curso, 25 de segundo, 21 de tercero y 44 de COU).

Las opiniones de los profesores de cada uno de los dos centros estudiados coinciden en algunos aspectos generales y muestran algunas diferencias en otras cuestiones más específicas. En particular, sus respuestas son coincidentes por lo que respecta a la importancia de las condiciones ambientales para el desarrollo de su trabajo; concretamente, en torno al 90% de los encuestados en ambos centros consideran que tales condiciones son muy o bastante importantes para el proceso educativo (estas respuestas corresponden a los dos niveles más altos de la escala semántica de cinco puntos utilizada en el cuestionario). La inmensa mayoría de los profesores se muestran de acuerdo en señalar también que el ruido distrae la atención de los estudiantes, dificulta la comunicación profesor-alumno, obliga a elevar la voz del profesor, etc.

Por el contrario, las respuestas de los profesores de ambos centros presentan las lógicas divergencias en todos aquellos aspectos que están relaciona-

dos con las diferentes condiciones en que se encuentran sus centros. Así, el 79% de los profesores de Manises consideran malas o muy malas las condiciones generales de las aulas de su Instituto, frente a un 6% de los profesores del Instituto de Valencia. En particular, tan sólo un 8% de los profesores de Manises califica como buenas o muy buenas las condiciones acústicas de sus aulas, frente al 31% de los profesores de Valencia. Un 63% de los profesores de Manises manifiesta que mantiene cerradas frecuentemente las ventanas de las aulas en que imparte sus clases, aunque haga calor, con el fin de evitar la inmisión del ruido exterior, frente a un 13% de los profesores de Valencia. Un 100% de los profesores de Manises considera necesario mejorar las condiciones de las aulas de su centro, frente a un 69% de los profesores del Instituto de Valencia.

Las respuestas de los alumnos de los dos centros muestran muchas coincidencias. Así, un 90% de ellos consideran que las condiciones ambientales de los centros son muy o bastante importantes para la enseñanza (obsérvese que este porcentaje es exactamente el mismo que el encontrado en el caso de los profesores). Las respuestas de este colectivo coinciden también en el origen del ruido ambiental, en que éste distrae la atención de los alumnos, dificulta la comunicación profesor-alumnos, etc. La calificación de las condiciones acústicas de los centros muestra algunas diferencias: el 36% de los encuestados del Instituto de Manises las consideran malas o muy malas, frente al 22% del Instituto de Valencia. Cabe observar que, aunque las respuestas de los alumnos reflejan también las diferentes condiciones de ambos centros, sus diferencias de opinión no son tan contundentes como las de los colectivos de profesores.

## 5. Discusión y conclusiones

En términos generales, los resultados encontrados en el presente estudio ratifican una vez más un hecho repetidamente constatado: las condiciones acústicas de muchos centros docentes de nuestro país (tanto en enseñanza primaria, como secundaria o universitaria) dejan bastante que desear o resultan totalmente inaceptables.

Por ejemplo, nuestras medidas han puesto de manifiesto que en el Instituto "Juan de Garay" de Valencia, aunque goza de condiciones muy favorables (situado en una zona urbana relativamente tranquila, con fachadas a calles con poco tráfico o a zonas ajardinadas interiores), los niveles sonoros medios existentes en el interior de las aulas (medidos con las aulas vacías, con puertas y ventanas cerradas) superan muy claramente el valor de 40 dBA recomendado en la Norma Básica de la Edificación NBE/CA/88 (14). Por supuesto, la situación es muchísimo peor en el Instituto "José Rodrigo Botet" de Manises, situado en un entorno particularmente agresivo desde el punto de vista acústico. El hecho de que los niveles sonoros medidos en el interior de las aulas, con las ventanas abiertas, sean unos 10 dBA superiores a los medidos con las ventanas cerradas, añade un elemento adicional de preocupación, dado que el clima existente en nuestra región obliga a abrir las ventanas durante muchos meses del año.

El acondicionamiento acústico de las aulas estudiadas en el presente trabajo deja también bastante que desear. En particular, los tiempos de reverberación medidos en estos recintos son muy superiores a los valores recomendados para el uso al que están destinados, deteriorando claramente la inteligibilidad y, por lo tanto, la calidad del proceso educativo. Por supuesto, la situación mejora sustancialmente cuan-

do las aulas están llenas, pero, en general, dicha mejora no es suficiente.

Resulta evidente que muchos centros docentes de nuestro país están situados en emplazamientos poco adecuados desde el punto de vista acústico. En el caso de que dicha ubicación sea la única disponible desde el punto de vista urbanístico (nos constan muchos casos en que eso no es así), deberían adoptarse las medidas técnicas necesarias para evitar niveles de inmisión del ruido exterior excesivamente elevados, utilizando las técnicas de construcción pertinentes (aislamiento acústico de las fachadas, ventanas con cristales dobles, etc.). La administración debería seleccionar con el mayor cuidado posible el emplazamiento de los futuros centros docentes y construirlos de forma tal que sus características se adecuaran a las condiciones del ambiente acústico del entorno (características técnicas de la construcción, distribución de espacios, acondicionamiento interno, etc.). En particular, habría que tener presente que los costes de aislamiento y acondicionamiento acústico de los centros docentes tan sólo representan un pequeño porcentaje de su coste global; por supuesto, en este sentido, resulta mucho más ventajoso actuar a priori que a posteriori.

Teniendo en cuenta que, en determinados casos, el ruido producido en el interior de los centros es una fuente de molestia tan importante o más que el ruido procedente del exterior, las medidas técnicas pertinentes deberían venir acompañadas por una serie de actuaciones singulares sobre los usuarios (campañas de sensibilización y educación, racionalización de horarios, uso adecuado de las instalaciones, etc.). Las numerosas experiencias llevadas a cabo en este sentido han demostrado claramente que todas estas iniciativas pueden contribuir a mejorar sustancialmente las condiciones acústicas en los centros docentes.

## Referencias

- 1) V. O. Knudsen y C. M. Harris.- "Acoustical designing in architecture".- Acoustical Society of America (1978).
- 2) K. D. Kryter.- "The effects of noise on man".- Academic Press, Orlando (1985).
- 3) M. A. Crook y F. J. Langdon.- "The effects of aircraft noise in schools around London airport".- Journal Sound and Vibration, vol. 34, pp. 221-231 (1974).
- 4) J. W. Sargent, M. L. Gidman, M. A. Humpreys y W. A. Utley.- "The disturbance caused to school teachers by noise".- Journ. Sound and Vibration, vol. 70, pp. 557-564 (1980).
- 5) A. Lehmann y H. Gratiot.- "Effect of noise on children at school".- Proceedings Fourth International Congress on noise as a public health problem. Milano (1983).
- 6) I. López, J. L. Carles y K. Herranz.- "The effect of a noise abatement program on the attention capacity and reading ability of school children".- Proceedings 14th International Congress on Acoustics, pp. 178-179. Beijing (1992).
- 7) P. M. Nelson, ed.- "Transportation noise. Reference book".- Butterworths. London. (1987).
- 8) A. L. Brown, R. Chan y A. F. Chan.- "Surveying the noise exposure of classrooms".- Applied Acoustics, vol. 18 pp. 55-67 (1985).
- 9) A. García, J. Romero, A. M. García y L. J. Faus.- "A survey on the acoustical conditions in a Spanish secondary school".- Supplement au Journal de Physique, Colloque C1, vol. 2, pp. 217-220 (1992).
- 10) J. Romero, A. García y A. M. García.- "Results of an exploratory study on the effects of environmental noise in spanish school".- Proceedings 17th AICB Congress and 30th Conference of Acoustics, pp. 286-290. Prague. (1992).
- 1) A. García, A. M. García y J. Romero.- "Effects of environmental noise in spanish schools".- Acoustics Bulletin (Institute of Acoustics), vol. 18, pp. 10-14 (1993).
- 2) S. A. Sanz, A. M. García y A. García.- "Road traffic noise around schools: a risk for pupil's performance?".- International Archives Occupational Environmental Health, vol. 65, pp. 205-207 (1993).
- 3) A. García, J. V. Garrigues y J. Romero.- "Resultados de un nuevo estudio de las condiciones acústicas del Campus Universitario de Burjassot (Valencia)".- Proceedings Jornadas Nacionales de Acústica (Tecnicaústica 93), pp. 7-10. Valladolid (1993).
- 4) Norma Básica NBE-CA-88 sobre condiciones acústicas en los edificios.- B.O.E. 7/9/81, 3/9/82, 7/10/82 y 8/10/88