



VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008
Buenos Aires, 5, 6 y 7 de noviembre de 2008

FIA2008-A211

Relevamiento acústico de aulas en la región centro de Argentina

Vivian Irene Pasch^(a)

(a) Saint Gobain - Isover Argentina, Departamento Técnico Comercial. Bouchard y Enz, Llavallol, Argentina. E-mail: vivian.pasch@saint-gobain.com

Abstract

Education is fundamental to the development of both the individual and society as a whole and the learning environment is one of the factors that affect its results. The spoken word is essential in teaching-learning process allowing the transfer of knowledge and the development of dialogue skill. Most studies show the negative effect of noise and high reverberation in classrooms over pupil performance because they imply a low speech intelligibility. With the aim of making a diagnosis of the acoustic conditions in establishments of the central region of the Republic of Argentina, background noise and reverberation time were measured in a group of classrooms. The main architectural characteristics of school buildings were also recorded and the staff has been asked about acoustic problems perceived. In this work, results and their analysis are presented.

Resumen

La educación es un eje fundamental para el desarrollo tanto de los individuos como de la sociedad en su conjunto y el ambiente escolar es uno de los factores que condiciona su resultado. La comunicación oral es parte esencial del proceso de enseñanza-aprendizaje permitiendo la transmisión de conocimientos y el desarrollo de la capacidad de dialogar. Son numerosos los estudios que muestran el efecto negativo del ruido y de una elevada reverberación en el aula sobre el rendimiento escolar debido a que se traducen en una baja inteligibilidad de la palabra. Con el objetivo de efectuar un diagnóstico de las condiciones acústicas en los establecimientos de la región central de la República Argentina, se realizaron mediciones del ruido de fondo y del tiempo de reverberación en un conjunto de aulas. Asimismo se relevaron las principales características arquitectónicas de los edificios escolares y se consultó al personal sobre problemas acústicos percibidos. Se presentan en este trabajo los resultados obtenidos y el análisis de los mismos.

1 Introducción

La educación es un eje fundamental para el desarrollo tanto de los individuos como de la sociedad en su conjunto y consecuentemente debe favorecerse su desarrollo atendiendo a los diversos factores que la condicionan. Uno de los factores de mayor importancia sobre la capacidad de las personas para llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje es el ámbito escolar, por lo que en la materialización del mismo se deben buscar los más altos estándares.

Durante la realización de actividades intelectuales el ruido produce irritación y molestia afectando en este sentido a toda la comunidad escolar por constituir un importante factor de estrés. Por el contrario, ambientes con bajo nivel sonoro reducen las distracciones y evitan elevar la voz, lo cual contribuye a la vez a crear un ambiente más silencioso.

Entre las múltiples herramientas utilizadas por los docentes durante la actividad académica, la palabra hablada se destaca por su importancia no sólo para la transmisión de conocimientos, sino también por ser el diálogo una forma de enriquecer el contacto social. Las dificultades en la comprensión del mensaje hablado causan en los alumnos un menor rendimiento escolar porque pierden parte del mensaje y consecuentemente disminuye la concentración (Evans et al, 1993; Nelson et al, 2003).

Numerosos estudios muestran que los niños menores son más sensibles a las condiciones acústicas desfavorables que los adultos, ya que no han completado la adquisición de su lengua madre y por lo tanto tienen dificultades para contextualizar los mensajes. También las personas con disminuciones de audición, niños o adultos, están seriamente afectados por el ruido y la reverberación. Dado que en los primeros años de vida son más comunes las infecciones de oído, se estima que más del 40 % de la población escolar primaria se encuentra simultáneamente con ese tipo de dificultades ya sea como resultado de daño permanente o en forma temporal. En los adultos se detectan pérdidas de audición por traumas o por enfermedades crónicas. Otros grupos de alumnos particularmente sensibles son los formados por personas que no son instruidas en su lengua materna, alumnos con desordenes de atención o de hiperactividad y niños con dificultades en el habla (Shield et al, 2003).

La existencia de altos niveles de ruido obliga a los docentes a elevar la intensidad de la voz con lo que aumenta la fatiga y la posibilidad de disfonías, y además se produce molestia e irritabilidad, factores que contribuyen a incrementar el ausentismo.

Un ámbito con óptimas condiciones acústicas debe tener un adecuado tiempo de reverberación y bajos niveles de ruido de fondo, lo que se traduce en una buena inteligibilidad de la palabra. La inteligibilidad se define como la comprensión de las palabras habladas, sin incluir la identificación del hablante o la percepción de emociones. Los factores acústicos del aula que la afectan son el ruido de fondo, el tiempo de reverberación y la relación señal-ruido definida como la diferencia entre el nivel del mensaje y el ruido de fondo existente (Harris, 1995; Seep et al, 2000).

El estado actual de los conocimientos sobre el tema y la eficacia de las soluciones disponibles permiten obtener condiciones acústicas favorables en ámbitos escolares sin que esto implique necesariamente costos adicionales elevados.

Con el objetivo de efectuar un diagnóstico de las condiciones acústicas en los establecimientos de la región central de la República Argentina, se realizaron mediciones del ruido de fondo y del tiempo de reverberación en un conjunto de aulas. Asimismo se relevaron las principales características arquitectónicas de los edificios escolares y se consultó al personal sobre problemas acústicos percibidos. Se presentan en este trabajo los resultados obtenidos y el análisis de los mismos, así como también un detalle de los requerimientos fijados al respecto por algunos reglamentos nacionales e internacionales.

2 Estándares y requerimientos

En los últimos años y a partir de evaluaciones que encontraron condiciones acústicas inadecuadas en las aulas, varios países y organizaciones internacionales han desarrollado o actualizado sus reglamentaciones sobre el diseño de los diferentes espacios escolares, fijando estándares cada vez más exigentes. Las mismas cubren aspectos tales como aislamientos requeridos entre distintos tipos de espacios, niveles de ruido admitidos y tiempos de reverberación máximos entre otros. En la tabla 1 se resumen los valores fijados por los algunos de los referentes internacionales más difundidos o actualizados.

Tabla 1. Recomendaciones y estándares internacionales

OMS	Espacio	Nivel Sonoro [dBA]	Tiempo de reverberación [s]
	Aulas	35	0,6
	Corredores y cafeterías		< 1,0
	Espacios exteriores	55	
BB 93 UK	Destino	Nivel de ruido interior [dBA]	Tiempo de reverberación [s]
	Aulas nivel primario	35	< 0,6
	Aulas nivel secundario	35	< 0,8
	Aulas de música	35	< 1,0
	Comedores	45	< 1,0
ANSI S12.60- 2002	Volumen de espacios principales de enseñanza	Nivel de ruido de fondo máximo [dBA]	Tiempo de reverberación máximo [s]
	V < 283 m ³	35	0,6
	283 m ³ < V < 566 m ³	35	0,7
	V > 566 m ³ y espacios auxiliares de enseñanza	40	

La Organización Mundial de la Salud incluye recomendaciones para escuelas en su Guía para el Ruido Comunitario. En ese documento no se especifica si el tiempo de reverberación indicado corresponde a aulas ocupadas o vacías (Berglund et al, 1999).

En el Reino Unido se publicó en el año 2002 el Building Bulletin 93 “Acoustic Design of Schools”, una extensa y detallada guía que define los estándares que deben verificar tanto los establecimientos nuevos como los que sean renovados. Los valores de tiempo de reverberación indicados corresponden a la situación de aula no ocupada y sin mobiliario.

En los Estados Unidos de Norteamérica se publicó en el mismo año y con objetivos similares el documento S12.60-2002 del American National Standards Institute denominado “Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools”. Los valores allí indicados corresponden a espacios no ocupados y pero amueblados.

El tiempo de reverberación fijado tanto en el Building Bulletin 93 como en la norma ANSI S S12.60 se refiere a frecuencias medias, es decir, a la media aritmética de los tiempos de reverberación en las bandas de octava centradas en 500 Hz, 1 kHz y 2 kHz.

En cuanto a la normativa disponible en Argentina, durante el proceso de instrumentación de la Ley Federal de Educación a mediados de los años '90, la Dirección de Infraestructura del Ministerio de Educación de la Nación Argentina, elaboró el texto “Criterios y Normativas Básicas de Arquitectura Escolar”, con el objetivo de fijar pautas

sobre condiciones a cumplir por los espacios escolares tanto cuantitativas como cualitativas. El Capítulo 4 de ese documento define las Condiciones de Habitabilidad, entre las que se detallan en el punto 4.7 los Requerimientos de Acondicionamiento Acústico. En lo referido a las Condiciones Acústicas Internas, se fijan dos parámetros de diseño: “*el nivel de ruido aceptable y el tiempo de reverberación recomendado*”. El nivel de ruido aceptable se fija en términos de “*niveles sonoros corregidos según la curva de ponderación A*” para espacios de distintos usos utilizando las curvas NC y RC.

Respecto al tiempo de reverberación se dice que “*En las aulas se debe tener un alto nivel de inteligibilidad, cuya medida esta determinada por el tiempo de reverberación.*” En la tabla 2 se presentan los valores recomendados en ese documento.

Tabla 2. Requerimientos del documento “Criterios y Normativas Básicas de Arquitectura Escolar”, Argentina

Destino	Niveles de ruido aceptables NC [dBA]	Tiempo de reverberación [s]
Aulas	35 – 45	Según volumen Base < 0,65 para 500 Hz
Bibliotecas	35 - 45	
Áreas de laboratorios	40 – 50	
Talleres	40 – 55	

Se menciona también que “*Para ruidos de características normales los perfiles NC pueden corresponderse con valores ponderados medidos en dBA.*”, aunque entre esos dos parámetros suelen encontrarse diferencias de entre 5 dBA y 7 dBA. No se especifica si los valores de ruido máximos admitidos corresponden a ruido de fondo ni para qué condiciones de ocupación y amoblamiento se considera el tiempo de reverberación indicado.

Para el más reciente programa “700 Escuelas” en el año 2003 se publicaron una serie de documentos de los cuales el tomo 3 corresponde al “Manual de Proyecto. Arquitectura”, donde no se fija ninguna pauta específica sobre condiciones acústicas a cumplir.

3 Mediciones y relevamientos realizados

Los escasos antecedentes de evaluaciones en establecimientos educativos argentinos encontraron valores de ruido de fondo, de tiempo de reverberación y de relaciones señal-ruido que resultan inadecuadas para el desarrollo de actividades educativas (Ercoli et al, 1998). La observación informal y subjetiva del comportamiento acústico de aulas en nuestro medio sugirió la posibilidad de que se estuviera ante una situación similar a la detectada en otros países en los que se encontraron deficiencias importantes (Delgado et al, 1994; Seep et al, 2000).

En este trabajo se presentan los primeros resultados del relevamiento de aulas que se realizó a fin de elaborar un diagnóstico actualizado de la situación de los establecimientos educativos de la zona. Se estudiaron un total de 21 aulas pertenecientes a 6 escuelas de las ciudades de Santa Fe y Rosario de la provincia de Santa Fe, a 1 de la ciudad de Victoria en la provincia de Entre Ríos y a 3 escuelas de la ciudad de San Nicolás en la provincia de Buenos Aires, según el detalle que se muestra en la tabla 3. Cuando la ubicación de la escuela lo justificó se seleccionaron para el análisis un aula sobre la fachada del edificio y una interior.

A fin de poder elaborar una caracterización de las aulas que permita efectuar correlaciones, extrapolaciones y eventualmente proponer alternativas típicas de mejoras, para

cada uno de los espacios estudiados se realizó un relevamiento de dimensiones, terminaciones superficiales y amoblamientos existentes. Asimismo se realizó una pequeña entrevista con directivos, docentes y personal de apoyo, consultando aspectos tales como problemas de ruido detectados en el establecimiento, quejas recibidas y dificultades de lenguaje o de aprendizaje de los alumnos.

Tabla 3. Datos de las escuelas estudiadas

Localidad Provincia	Código	Nombre	Antigüedad	Matrícula	Ubicación	Nivel socio económico alumnos	Cantidad de aulas estudiadas
Rosario Santa Fe	SF	Part. Inc. De la Sagrada Familia	25	1000	Macro centro	Medio y bajo	2
	CA	N° 825 L. Herrera	25	400	Periférica	Carenciado	2
	MC	M. Champagnat	15	620	Marginal	Carenciado	2
Santa Fe Santa Fe	DP	Media J. Del Pino	55	2000	Céntrica	Medio y bajo	3
	CO	N° 8 C. Colón	55	350	Macro centro	Bajo	2
	HE	Media N° 261 J. Hernández	55	400	Macro centro	Bajo	2
San Nicolás Buenos Aires	NO	Normal Sup. R. Obligado	64	2000	Macro centro	Medio	2
	AZ	N° 6 J. B. Azopardo	100	650	Céntrica	Medio y bajo	2
	SA	Esc. de Educ. Téc. N° 2 Ing. M. Savio	55	1000	Céntrica	Variado	2
Victoria Entre Ríos	BA	N° 43 Prov. de Bs As	46	900	Macro centro	Bajo y medio bajo	2

Se efectuaron mediciones tendientes a determinar para cada aula el ruido de fondo, es decir, el nivel de ruido derivado de fuentes exteriores e interiores del edificio pero en ausencia de los alumnos, el tiempo de reverberación y el nivel sonoro durante la actividad escolar. A fin de comparar los resultados obtenidos para el ruido de fondo, las mediciones se efectuaron con las ventanas cerradas, con lo cual durante un porcentaje elevado de los días de clase, los niveles que se tendrán serán mayores. El tiempo de reverberación fue determinado en ausencia de los alumnos. En lo que hace a los niveles sonoros medidos durante la actividad propia del aula, se tomaron datos de situaciones diversas, incluyendo desde tareas más silenciosas como evaluaciones a otras de mayor participación del grupo y clases de idiomas extranjeros.

Se utilizó un sonómetro digital RION tipo I (IEC 651/ IEC 804) NL-15. Además se realizó la grabación digital del ruido ambiente con un equipo portátil ZOOM H4. Para determinar el ruido de fondo en cada aula seleccionada se registraron los valores de L_{eq} a lo largo de 15 minutos en tres series de 5 minutos cada una, en horario de clase y durante días laborables; en algunos casos se pudieron realizar sólo dos series, ya que debía utilizarse el tiempo en que el aula se encontraba sin alumnos. Para la determinación del tiempo de reverberación se siguieron las indicaciones de la norma ISO 3382 utilizando el método del

impulso integrado y calculando luego el promedio aritmético de los resultados obtenidos en las diferentes posiciones del micrófono dentro del aula. Las grabaciones digitales del ruido percibido en cada caso fueron transferidas a una PC para su procesamiento y análisis. Este análisis permitió obtener el nivel equivalente con ponderación A, L_{Aeq} , e información sobre el tiempo de reverberación en cada banda de frecuencias. En la tabla 4 se muestran los principales resultados obtenidos.

Tabla 4. Resumen datos y mediciones

Localidad	Escuela	Aula	Ubicación	Vol [m ³]	Ruido de fondo [dBA]	Ruido con aula ocupada [dBA]	Tmid [s]
Rosario	SF	SF1	Interna	134	48,4	70,7	1,3
		SF2	Externa	178	58,9	71,8	1,5
	CA	CA2	Interna	110	58,5	75,1	2,5
		CA3	Externa	132	67,2	65,9	1,5
	MC	MC1	Externa	162	45,0	71,3	1,9
		MC2	Externa	162	50,6	71,3	1,7
Santa Fe	DP	DP1	Externa	186	57,0	66,2	2,7
		DP2	Interna	186	49,4	74,1	2,6
		DP3	Externa	131	46,5	SD	2,2
	CO	CO1	Interna	150	62,7	69,0	2,5
		CO2	Externa	158	49,9	66,6	2,0
	HE	HE1	Externa	140	54,6	72,5	3,1
		HE2	Interna	128	50,4	67,1	3,1
	San Nicolás	NO	NO1	Externa	204	44,1	61,4
NO2			Interna	204	41,1	67,1	1,1
AZ		AZ1	Externa	188	62,1	74,8	2,7
		AZ2	Interna	188	55,5	70,8	2,8
SA		SA1	Externa	289	60,3	71,0	3,0
		SA2	Interna	156	40,1	69,1	2,0
Victoria	BA	BA1	Interna	129	51,1	61,0	1,2
		BA2	Externa	125	51,5	68,4	1,1

4 Análisis de los resultados

4.1 Arquitectura y población escolar

Las escuelas estudiadas tienen una ubicación urbana aunque presentan disparidades en cuanto al lugar de emplazamiento, antigüedad del edificio y estado de conservación; deben destacarse especialmente las diferencias existentes entre las ciudades a las que pertenecen.

Las antigüedades varían entre 15 años y 100 años y las modificaciones edilicias que se han realizado incluyen la construcción de nuevas aulas y la reconversión de espacios pasando por ejemplo de patio descubierto a gimnasio. Según la opinión de los docentes, en algunos casos esto derivó en la creación de conflictos ya que las clases de educación física desarrolladas en los nuevos gimnasios y que son muy ruidosas, pasaron a interferir con las actividades de las aulas vecinas que requieren bajos niveles sonoros.

En cuanto a las dimensiones, existe una notable uniformidad en el largo de 7,5 m, los anchos típicos son 6 m y 7 m y las alturas se acercan a los 3,3 m. Los volúmenes se encuentran en su mayoría entre 120 m³ y 210 m³ y las superficies entre 45 m² y 53 m².

Las paredes y cielorrasos están revocados y los pisos son mayoritariamente de mosaicos aunque en algunas de las aulas más antiguas hay parquet. Las aberturas varían notablemente según la época de la edificación en cuanto a tamaño y materiales. En general no hay cortinas y si las hay son de telas muy livianas.

El mobiliario también es muy uniforme: pupitres con estructura de caño y superficies de apoyo con recubrimiento plástico para aproximadamente 30 alumnos por curso. Sólo en una de las escuelas visitadas permanecen los pupitres de madera originales.

Ninguno de los establecimientos cuenta con acondicionamiento térmico central ni con sistemas de ventilación forzada. Muchas de ellas no cuentan con ningún elemento para calefaccionar las aulas; otras cuentan con estufas eléctricas o con pantallas que funcionan a gas. En algunas aulas hay instalados ventiladores que en general son muy ruidosos.

La modalidad de trabajo más habitual utiliza la disposición típica de los alumnos orientados hacia un pizarrón y el docente enfrentado a la clase; el trabajo en grupos pequeños, si bien poco frecuente, se vio tanto en los primeros grados de la primaria como en los últimos de la secundaria, respondiendo al criterio elegido por el docente.

La población que asiste a las escuelas de la región incluye a niños, adolescentes y adultos ya que la mayoría de ellas comparte el edificio con otras instituciones en distintos turnos. La realidad socio-económica de los alumnos en muchas de ellas determina que sean comunes problemas de salud como resfríos e infecciones de oído, que los mismos se prolonguen excesivamente por inadecuado tratamiento y que los controles audiométricos no sean frecuentes. Además son habituales los retrasos en la adquisición del lenguaje y de la lecto-escritura por falta de estimulación en el hogar, así como los problemas de conducta que disminuyen la concentración de los individuos afectados y de todo el grupo dentro del aula.

4.2 Ruido de fondo

Los niveles de ruido de fondo obtenidos se encuentran dentro de un rango que va de 40,1 dBA a 67,2 dBA, lo que muestra que en cualquier caso se excede largamente el valor de 35 dBA recomendado por los estándares del apartado 3. Cabe destacar que el mínimo de 40,1 dBA se registró para un aula interna que ventila a un gran patio dentro de un centro de manzana, que se trata de una escuela secundaria y que una edificación en la que funciona la fotocopiadora y el kiosco actúan como barrera acústica.

Comparando el ruido de fondo de las aulas de un mismo establecimiento puede notarse que es mayor en las aulas que dan al exterior, existiendo diferencias que llegan a los 20 dBA, situación que es percibida por los docentes que la mencionan como una de las principales molestias por ruido. Estas diferencias confirman que la fuente principal para el ruido de fondo es el tránsito. El promedio de los valores correspondientes a aulas exteriores e interiores es de 60,4 dBA y 55,5 dBA respectivamente, aunque debe destacarse la diversidad existente entre los entornos de los establecimientos estudiados. Así por ejemplo en la escuela Provincia de Buenos Aires de la ciudad de Victoria casi no hay diferencias en el ruido de fondo en concordancia con el bajo flujo de tránsito. Las excepciones corresponden a la escuela Colón y a un aula de la escuela Del Pino que está situada en una planta superior.

Niveles elevados de ruido de fondo como los encontrados disminuyen la relación señal-ruido, parámetro de singular importancia en la comprensión del mensaje. Como respuesta, los docentes elevan la voz, con el consiguiente perjuicio para su salud. Teniendo en cuenta que para alumnos de escuela primaria se considera que la relación señal-ruido debe ser de +15 dB,

la voz del docente debería alcanzar niveles mayores a los 70 dBA en muchas de las aulas estudiadas e incluso superiores a 80 dBA en algunas de ellas. Para que esos niveles se alcancen aun en el fondo del salón de clases, el esfuerzo necesario sería altamente perjudicial.

4.3 Tiempo de reverberación

Para cada uno de los espacios estudiados se determinó el tiempo de reverberación para las bandas de frecuencias de octavas entre 125 Hz y 16 000 Hz y el correspondiente a las frecuencias medias, T_{mid} , definido como el promedio aritmético del valor para las bandas de octava de 500 Hz, 1000 Hz y 2000 Hz, por ser el parámetro limitado en los principales estándares.

En la figura 1 se ha graficado el T_{mid} en función del volumen de las aulas. Los valores de T_{mid} medidos van de 1,0 s a 3,1 s siendo muy superiores al de 0,6 s recomendado para aulas de nivel primario y aún al de 0,8 s para nivel secundario. Puede notarse que en el 81 % de los casos se supera el valor de 1,2 s y en el 43 % los valores son mayores que 2,4 s.

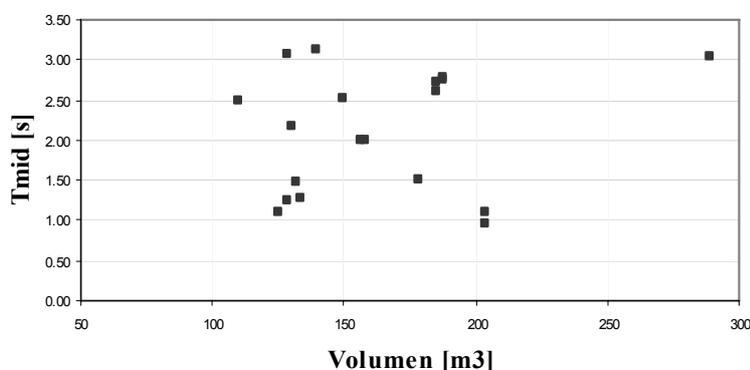


Figura 1. Tiempo de reverberación para frecuencias medias en función del volumen de las aulas.

La gran dispersión evidenciada en esa gráfica puede atribuirse a las diferencias de proporciones, revestimientos y mobiliario; no obstante esta falta de correlación es contraria a lo que sería deseable para obtener las mejores condiciones acústicas.

En la figura 2 se ha graficado el tiempo de reverberación en cada banda de octava, para las aulas más y menos reverberantes.

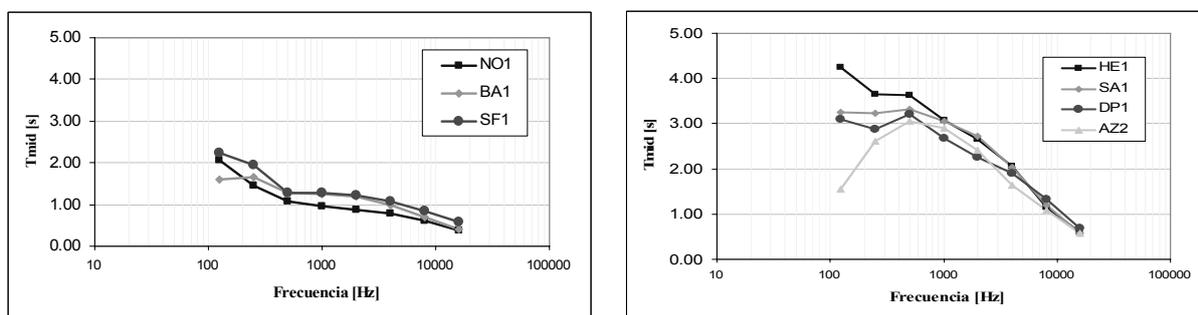


Figura 2. Tiempo de reverberación para las aulas menos y más reverberantes.

Las aulas de menor tiempo de reverberación son las de la escuela Normal de la ciudad de San Nicolás y las de la escuela Provincia de Buenos Aires de la ciudad de Victoria. Los volúmenes son de 204 m³ y 125 m³ respectivamente y en ambas el piso es de parquet.

Entre las de mayor tiempo de reverberación se encuentran las de la escuela Azopardo y el sector original de la escuela Savio, ambas de la ciudad de San Nicolás, y las de las escuelas Hernández y Del Pino de la ciudad de Santa Fe.

4.4 Ruido durante las clases

Para cada aula estudiada se tomaron mediciones durante la actividad académica evitando afectar el desarrollo de las clases. Se registraron así situaciones diversas tales como alumnos trabajando en grupos, clases de lectura en los primeros grados, clases de idiomas extranjeros e interacción entre docentes y alumnos. No fue posible registrar todas las variantes en cada una de las aulas, por lo que no es correcto efectuar comparaciones directas.

Los valores máximos y mínimos registrados fueron de 75,1 dBA y 61,0 dBA, lo que corresponde a un rango de 14,1 dB a pesar de la diversidad de situaciones registradas en cuanto a actividad, número de alumnos presentes, edad, etc. Notar que para el ruido de fondo el rango encontrado fue de 27, dB.

Los niveles sonoros más elevados se registraron en aulas con altos tiempos de reverberación. Particularmente el nivel de 75,1 dBA fue medido en la escuela N° 825 de la ciudad de Rosario en un aula interior y que es considerada por los docentes del establecimiento como “muy ruidosa”. En ese espacio el tiempo de reverberación para frecuencias medias es $T_{mid} = 2,5$ s. En la tabla 4 se muestran datos referidos a las aulas con los niveles sonoros más elevados.

Tabla 4. Datos de las aulas con los niveles sonoros más elevados durante la actividad académica

Aula	Ubicación	LA_{eq} durante la clase [dBA]	T_{mid} [s]	Actividad	Nivel
CA 2	Interna	75,1	2,5	Interac. docente-alumnos	Secund.
AZ 1	Externa	74,8	2,7	Interac. docente-alumnos	Primar.
DP 2	Interna	74,1	2,6	Actividad en grupos	Secund.
HE 1	Externa	72,5	3,1	Clase de inglés	Secund.
SF 2	Externa	71,8	1,5	Actividad individual	Primar.

El valor de 71,8 dBA registrado en un aula de la escuela de la Sagrada Familia, se corresponde con un tiempo de reverberación relativamente bajo. En este caso, tiene mucha influencia el ruido proveniente de tránsito ya que se trata de un aula al exterior y el establecimiento se encuentra sobre una calle altamente transitada.

5 Observaciones y conclusiones

Se han encontrado grandes deficiencias en cuanto al ruido de fondo y al tiempo de reverberación en el conjunto de aulas estudiadas, las que pueden considerarse representativas de lo ocurre en la región por la gran variedad de situaciones que cubren en cuanto a antigüedad, ubicación, estado de conservación, etc. Esta situación es similar a lo informado por investigadores y organismos encargados de la gestión educativa en otros países a pesar de que cuentan con grados de desarrollo más elevado; en ellos, una vez detectado el problema, se implementaron diversas acciones tendientes a la remediación.

Una de las primeras medidas a que pueden tomarse es la concientización de todos los actores intervinientes: profesionales responsables del proyecto, funcionarios encargados de fijar pautas y estándares, autoridades escolares, etc. Esto permitirá destacar la importancia que

tiene el funcionamiento acústico del edificio sobre la acción educativa y eliminar prejuicios sobre el mayor costo que puede implicar un proyecto que incorpore acciones tendientes a obtener condiciones sonoras adecuadas. La elaboración de guías actualizadas que incluyan definición de parámetros a controlar, recomendaciones de diseño y estándares específicos a cumplir, sería una importante herramienta de difusión y optimización de los proyectos.

Los elevados niveles de ruido de fondo y de tiempo de reverberación encontrados permiten suponer una baja relación señal-ruido lo que se traduce en un menor rendimiento académico de los alumnos y en problemas de salud, y por consiguiente de ausentismo, de los docentes. Los alumnos más perjudicados serán aquellos que además tengan algún déficit de atención o auditivo y los menos estimulados intelectualmente; éstos, en general, serán los niños pertenecientes a familias con mayores carencias y que por lo tanto deben ser especialmente protegidos por las autoridades a fin de proporcionarles en todo lo posible las mejores condiciones para el desarrollo de todo su potencial.

Las características arquitectónicas de las aulas estudiadas presentan relativamente poca diversidad por lo que sería factible la definición de medidas típicas para el mejoramiento de las condiciones acústicas. En la continuidad de este trabajo se pretende avanzar en ese sentido implementando soluciones tales como la incorporación de materiales absorbentes, evaluando la consecuente variación de los parámetros acústicos y estudiando la factibilidad técnico-económica de las modificaciones a proponer, con la convicción de que el estado de conocimiento sobre el tema y la disponibilidad de materiales existentes no justifica el mantenimiento de las malas condiciones acústicas que se verifican en la actualidad.

Referencias

- ANSI S12.60-2002, Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools.
- Berglund, B.; Lindvall, T.; Schwela, D. (1999). "Guidelines for community noise". World Health Organization.
- Delgado, C.; Perera, P.; Santiago, J.S. (1994). "Inteligibilidad de la palabra en aulas escolares. Parte II: Características acústicas". *Revista de Acústica* (25) 3-4, 5-10.
- Department for education and skills, United Kingdom (2003). "Building Bulletin 93: Acoustic design of schools". London, UK.
- Ercoli, L.; Azurro, A.P.; Méndez, A.M.; Stornini, J. (1998). "Caracterización sonora de aulas: Un estudio de los principales parámetros acústicos en aulas argentinas. Parte 1: Diagnóstico".
- Evans, Gary; Lepore, Stephen (1993). "Non-auditory effects of noise on children: A critical review". *Children's Environments* (10) 1, 42-72.
- Harris, Cyril (1995). "Manual de medidas acústicas y control de ruido". Mc Graw Hill, Madrid, España.
- ISO 3382:1997, Acoustics - Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters.
- Ministerio de Educación de la Nación Argentina. Dirección de Infraestructura. "Criterios y normativas básicas de arquitectura escolar".
- Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación Argentina. Herramientas para el Programa 700 Escuelas (2003). "Manual de proyecto. Arquitectura".
- Nelson, P.B.; Soli, S.D.; Seltz, Anne (2003). "Classroom Acoustics II: Acoustical Barriers to Learning". Technical Committee on Speech Communication, ASA, USA.
- Seep, Benjamin et al (2000). "Classroom Acoustics I: A resource for creating learning environments with desirable listening conditions". Technical Committee on Architectural Acoustics, Acoustical Society of America, USA.
- Shield, Bridget; Dockrell, Julie (2003). "The effects of noise on children at school: a review". *Journal of Building Acoustics* (10) 2, 97-106.