

Estudio y pautas para el acondicionamiento acústico de aulas de edificios para la educación

J. A. Mastroizzi, C. Montes, S. Amura, M. A. Mastroizzi

*Universidad Argentina John F. Kennedy. Gabinete de Investigación y Vinculación Tecnológica. –
mamastroizzi@yahoo.com.ar*

RESUMEN: El propósito de este trabajo es detectar falencias del confort acústico del aula, tomada como muestra de espacios educativos, para determinar requerimientos en función de sus niveles educativos, jerarquizando esas funciones. Se comparan condiciones acústicas de distintas ubicaciones de los edificios que influyen en las aulas, con el objeto de determinar la situación y proponer correcciones. También seleccionar edificios a estudiar, con el criterio en primer lugar, de que sean construcciones escolares construidas para ese fin.

ABSTRACT: The purpose of this work is to detect the missings at the classroom's acoustic's comfort, taken the classroom as a model of education's spaces, to determine requirements in terms of levels of education, ranking those functions. The acoustics conditions of different locations in buildings that have influence in classrooms will be compared, to determine the situation and propose the corrections. Also to select scholastic's buildings to research, as a priority that had been built to this purpose

1. INTRODUCCIÓN

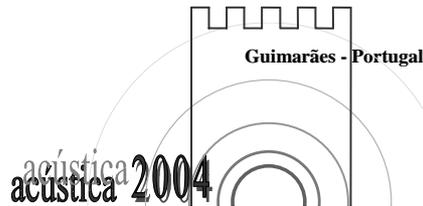
Para la concreción del proyecto se realizan relevamientos de sistemas constructivos existentes, calidades, espesores de muros y tabiques, encuentros, tipos de cerramientos y todo aquello que condicione el aislamiento acústico, así como la influencia de espacios ruidosos interiores y exteriores (vía pública y vecinos) e instalaciones electromecánicas.

Se miden y graban niveles de ruido para su estudio y análisis de las frecuencias características.

Se miden tiempos de reverberación y ruidos de fondo en las aulas, con pruebas de inteligibilidad y audibilidad, para establecer condiciones acústicas.

Los resultados esperados, son la evaluación, consideración, comparación de los estudios realizados, pruebas, mediciones, análisis que definirán la situación real existente en los edificios estudiados, considerados cada uno en su conjunto edilicio.

Como conclusión final, se fijarán pautas, propuestas de correcciones constructivas, fundadas en condiciones acústicas necesarias y esenciales para el confort.



Las propuestas son independientes de las posibilidades presupuestarias de las escuelas, ya que el objetivo fundamental de esta investigación, es proponer calidades acústicas enunciadas, hacia donde tienen que apuntar las realizaciones.

La contribución esperada es difundir normas, procedimientos, condiciones a las que deben ajustarse las construcciones de edificios para reunir requerimientos acústicos que contribuyan a ese bienestar y no provoquen en sus usuarios problemas de audición, estrés, disconfort. Los resultados se informan a proyectistas de arquitectura, empresas constructoras, docentes, alumnos, en definitiva a todos.

ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN

En 1979, ya frente a este problema, Bustos Sánchez había expresado que “el sentido auditivo permite el acceso al lenguaje y a través de su interpretación, el pensamiento. la estimulación auditiva, favorece la capacidad creadora, imaginación, sensibilidad, organización y planificación motora”

Hoy las clases son activas, interactivas, discusiones grupales de exploración de respuestas, lo que redundará en clases naturalmente ruidosas.

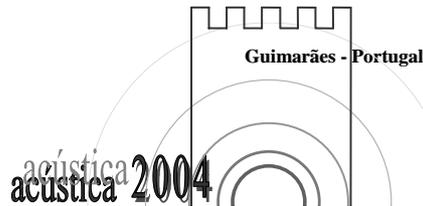
Oír bien, es buen aprendizaje en cualquier nivel de enseñanza.

La transmisión del conocimiento en forma oral, debe recibirse sin distorsión, lo cual es posible si el aula está acondicionada acústicamente para la buena audición con inteligibilidad, con un tiempo de reverberación del orden de 0,8 seg., tiempo óptimo para aulas. una reverberación que refuerce la voz del docente, pero sin interferencias, manteniéndose en el ámbito del recinto escolar, solo el tiempo mínimo para ese refuerzo.

El docente no debe forzar su voz, y el alumno desarrolla su sistema perceptual: almacena y procesa, integra la información sin alteraciones por falta de sonido.

El conocimiento en la materia de ese tratamiento es amplio, específico y concreto. cuenta con resultados de muchos estudios, experiencias, investigaciones ya citadas en este proyecto. permanentemente se investiga, se realizan pruebas, se recomiendan tratamientos, materiales, tecnologías. Cada vez hay más especificidad al respecto.

Antes se mencionaban y aplicaban materiales que podían reunir condiciones acústicas, más por empleo tradicional que por ensayos en laboratorios (caso del corcho, hoy reemplazado por el poliestireno expandido elastizado). Hoy, en cambio, se fabrican materiales y sistemas específicamente para los distintos tratamientos acústicos, ensayados con sus respectivos controles de calidad, recomendaciones y posibilidades para los distintos rangos de solicitudes a los que puedan estar sometidos, y ofrecidos con amplia documentación técnica. Por supuesto que los contenidos de las ofertas de esos elementos, de gran difusión y variedad, serán realmente positivos en la medida que sean correctamente empleados en obra,



con cuidadosa, artesanal y prolija ejecución, para que en la práctica, se obtengan los valores de absorción, aislamiento o reflexión conforme con los indicados por los fabricantes y calculados por los proyectistas. Por otra parte, es importante no sólo el empleo de esos materiales, sino su ubicación correcta en los lugares que el proyecto de acondicionamiento acústico determine, mediante detalladas resoluciones geométricas, en función de las direcciones sonoras.

Las aulas, en definitiva, se comportan por momentos, como auditorios en escalas reducidas (cuando los docentes informan) y por momentos como salas de reunión (trabajos y discusiones grupales). Atendiendo a esos aspectos, se formulan las propuestas como nuevos aportes de este problema.

DESARROLLO DEL PROYECTO

El desarrollo de este trabajo, pretende constituir un documento y propuesta de pautas, para que su difusión sirva fundamentalmente para concientizar a usuarios de edificios de la educación y profesionales de la construcción, sobre la imperiosa necesidad ineludible de lograr la calidad acústica.

Las aulas (como cualquier local) son cajas acústicas y los docentes deben superar en 10 o 15 decibeles los ruidos de fondo, que dependen de ruidos interiores y exteriores, y de condiciones reflejantes de las aulas, para ser oídos con claridad.

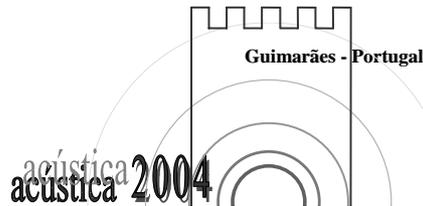
La falta de control de ruidos, condiciones incorrectas de audibilidad e inteligibilidad (disconfort acústico) genera distracciones y problemas de aprendizaje, llegando en algunos casos, al deterioro auditivo de alumnos e inconvenientes foniatrícos a los docentes.

Es importante destacar que acústica arquitectónica, abarca todas las condiciones del confort auditivo, es decir, lograr adecuados niveles sonoros, para una normal recepción por parte de los oyentes, sin interferencias que enmascaran la información, provoquen estrés, incomodidad auditiva, fatiga (por el esfuerzo en oír), llegando en algunos casos a transformarse en irreparables riesgos auditivos.

Para este Programa de Becas de Investigación 24/11/99-24/11/00, seleccionado y aprobado por la Universidad Argentina John F. Kennedy, se estudian 3 escuelas de nivel primario, construidas una a principios de siglo, otra en la década del 40, y otra en la década del 70, cada una con tipologías diferenciadas que sirven para comparación de sus condiciones acústicas.

AISLAMIENTOS DE MUROS Y TABIQUES DE RUIDOS PROPAGADOS POR VÍA AÉREA

Los sistemas constructivos de tabiques interiores, muros de fachadas y entrepisos evolucionaron con el desarrollo de particiones compuestas con multicapas, incorporando lana de vidrio o de roca de alta densidad en sus interiores. La construcción de multicines, teatros,



estudios de TV y radio, salas de congresos y otros, obligaron a ensayar esos sistemas con buenos resultados, consiguiéndose reducciones de 70 dB (ISOVER), con distintas variantes: 100mm de hormigón, 75mm de lana de roca, 2 placas de roca de yeso (63 a 71 dB según las frecuencias).

Otras particiones son con bandejas metálicas y encuentros de tabiques con muros de fachadas con excelentes condiciones de amortiguamientos de impactos. Suecia adopta tabiquería de 220mm de hormigón, 40mm de cámara de aire, absorbente de 120mm y 3 placas de roca de yeso de 12,5mm, con una reducción de 96 dB. Argentina logra para muros exteriores reducciones de 70dB.

En una circulación de una escuela, se registran 90dB, lo mismo que en el gimnasio o patio de deportes. El ruido de la vía pública puede llegar a 100dB.

Muros homogéneos macizos o tabiques de dos capas, con distintos componentes, aíslan hasta 45 ó 50 dB como máximo. Para reducciones mayores, se requiere ensayar en laboratorios particiones especiales.

LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA DESDE LA VÍA PÚBLICA

Frente a edificios escolares, de salud y otros que exigen silencio, circula el transporte automotor con niveles de hasta 100 dB que provocan, además vibraciones, creando situaciones de estrés, principalmente a la escolaridad primaria y pre-escolar.

La Ciudad de Buenos Aires y algunas del conurbano bonaerense, están sometidas en varias intersecciones y avenidas a esos niveles. Las normas fijan máximos admisibles en la vía pública, por zonas y en distintos horarios. No se controla. No se cumple. Falta educación ciudadana.

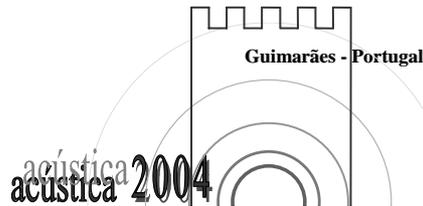
El artículo 41 de la Constitución Argentina, establece (resumido) que todos los habitantes gozan del derecho de un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan necesidades...tienen el deber de preservarlo...el daño ambiental generará obligatoriamente la obligación de recomponer...las autoridades proveerán la protección de ese derecho...a la preservación del patrimonio natural y cultural...y a la información y educación ambiental.

AISLAMIENTO DE SUPERFICIES VIDRIADAS

Constituye la parte crítica del aislamiento de fachadas. El vidrio, por su espesor, aparte de ofrecer poca reducción sonora, puede vibrar y convertirse en una fuente ruidosa.

Se propone:

- para calles de tránsito liviano, 10 mm, que con carpintería hermética se logra una reducción de 31 dB.



- para avenidas y proximidades de autopistas, 2 vidrios de 6 mm cada uno (sandwich), que con carpintería hermética se logra una reducción de 33 dB.
- para aulas (interiores y exteriores), 2 vidrios de 10 mm con cámara de 50 mm que logran un aislamiento de 39 dB. En realidad la cámara aceptable es de 75 mm y buena es de 100 mm, ya que logran una reducción en el orden de 36 dB. Son ejecuciones complejas porque cada vidrio requiere marcos independientes, uniones elásticas y en la cámara un material higroscópico que absorban condensaciones, ya que salvo algunas empresas que lo hacen, las cámaras no se sellan al vacío. Los vidrios deben ser de distintos espesores, para evitar coincidencias de frecuencias y es conveniente un tercer vidrio inclinado, para evitar incidencias normales a su superficie.
- espesores de 3 a 4 mm para una reducción de 17 a 23 dB y de 25 a 27 dB según los ajustes.
- cerramientos de 2 a 3 vidrios, con uniones elásticas, espacios estancos y distintos espesores para una reducción de 30 a 35 dB y 45 a 50 dB si se realiza con una correcta tecnología de montaje y ajuste.

Se experimentaron superficies vidriadas, midiendo en laboratorios según normas IRAM 4063 III y IV, con frecuencias de 100 a 500 Hz. Las muestras eran aberturas corredizas con marcos de aluminio (superficie vulnerable), de distintos diseños y espesores. Se concluyó que se mejora el aislamiento con mayor espesor de vidrio o agregando una segunda ventana con cerramiento hermético.

TRATAMIENTOS ABSORBENTES

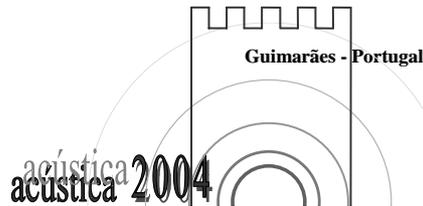
Superficies blandas o rugosas son absorbentes pero sus coeficientes de absorción son estimados y dependen de sus ejecuciones.

El material absorbente industrializado, que en gran variedad ofrece el mercado, es económico y reúne condiciones que caracterizan ese material: inalterabilidad, no higroscópico, no atacable por insectos, gérmenes, roedores, imputrecible, liviano, incombustible, resistente mecánico, estable, inodoro, de fácil empleo, de fácil colocación, larga vida útil, no degradables.

Además, pueden adoptarse sistemas absorbentes, componentes de distintos elementos que conforman un conjunto absorbente: membranas flexibles, paneles perforados o rasurados y muchas otras variantes, que incorporan cámaras de aire con material absorbente en interiores que llegan a valores de 0.50 (50%).

En aulas es necesario adoptar materiales o sistemas con resistencias mecánicas a los rozamientos y golpes.

La espuma de poliuretano es un producto autoextinguible, flexible, con una densidad entre 28 a 35 kg/m³, se consigue en varios colores permitiendo efectos decorativos. Según las frecuencias y espesores resuelve absorciones del 39% hasta el 60%, para superficies no



expuestas a rozamientos. También se pueden usar paneles acústicos absorbentes de madera, con terminaciones microgranuladas.

Hz	250	500	1000	4000
50 mm	0.20	0.39	0.41	0.65
200 mm	0.49	0.28	0.37	0.61
400 mm	0.45	0.25	0.35	0.63

El esquema 2 de la norma IRAM 4065 (1994) y la norma ISO 354 (1985), se refieren a la medición de absorción en salas reverberantes.

AISLAMIENTO DE VIBRACIONES TRANSMITIDAS POR VIA SÓLIDA

Verificamos las instalaciones electromecánicas: apoyos antivibratorios en los equipos y uniones elásticas en tuberías.

Además, verificamos emisiones de ruido por vía aérea. Recomendamos en algún caso, encapsulamientos aislantes-absorbentes.

RELEVAMIENTO EN LAS ESCUELAS EN ESTUDIO

Los ítems a tener en cuenta para esta investigación son los siguientes:

1.- Lo escolar: Establecimiento, distrito, domicilio, ubicación; personal docente no docente; matrícula masculina y femenina; grados, matrícula por aulas; cantidad de aulas; turnos; horarios, recreos, escolaridad simple y doble, educación física: cantidad de clases por semana, horarios, en patios, en gimnasio, en otros lugares; música, clases por semana, horarios, local. Otras actividades.

2.- El edificio: proyecto original, modificado o ampliado, tipología, estado, detalle de locales, plantas, escaleras, traslación vertical; ubicación de aulas interiores y exteriores; dimensiones, volumen, tipo de cielo raso, muros hacia vía pública, espesores, aventanamientos, formas de abrir, dimensiones; muros divisorios de predios, situación con edificios linderos, tabiquería interior, espesor y tipo, entrepisos, cubiertas, materiales de pisos, materiales de cielo rasos, alturas, terminaciones, enlucidos, ladrillos a la vista, hormigón, revestimientos, instalaciones electromecánicas, ubicación, equipos de acondicionamiento térmico:

3.- Ubicación: Calle o avenida; mano única o doble mano, tipo de pavimento, semáforos próximos, centros ruidosos próximos, concentraciones de tránsito, centros comerciales establecimientos educativos.

4.- Relevamiento acústico:

4.1 encuestas

4.1.1 molestia por ruidos exteriores (vía pública)

	Nada	Algo	Medianamente	Mucho	Extremadamente
Directivos					
Docentes					
Administrativos					
Maestranza					
Otros					
Alumnos					

4.1.2. Molestias por ruidos interiores: procedencia
(nada, algo, medianamente, mucho, extremadamente)

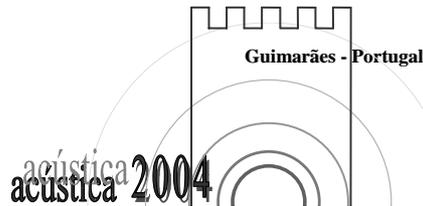
	Circulaciones	Recreos	Educ. Física	Música	Otros
Directivos					
Docentes					
Administrativos					
Maestranza					
Otros					
Alumnos					

4.2 Mediciones

- 4.2.1 Ruido de fondo aulas (aceptable: 40 db): interior, exterior, matrícula, edades promedio, con alumnos, sin alumnos, con ventanas abiertas, con ventanas cerradas, con ropa en percheros, sin ropa en percheros.
- 4.2.2 Ruidos desde circulación: cantidad de puertas, tipo de puertas, espesor de tabique: homogéneo, vidriado.
- 4.2.3 Ruidos transmitidos desde otros locales, circulaciones, escaleras, aula/s adyacentes, recreos, formaciones, actos, salones de usos múltiples, salidas y entradas de otros cursos, impactos por vía sólida.
- 4.2.4 Verificación de tiempos de reverberación. Según volumen del aula, 0,5 a 0,8 segundos es lo aceptable. Mediciones, pruebas y registros en distintas ubicaciones de las emisiones de las emisiones de prueba. Controles en las últimas filas y en extremos laterales. Emisión de distintos fenómenos, en frecuencias normalizadas, con variadas modulaciones y niveles. Control de inteligibilidad del alumno: oír, entender. Control con el aula en silencio y con bullicio de alumnos. Confort y discomfort. Comprobación de señales-ruido. Procesamiento posterior, con instrumental calibrado. Diagnóstico.

RECONOCIMIENTOS

- Gabinete de Investigación y Vinculación Tecnológica. Universidad Argentina John F. Kennedy. Buenos Aires. Argentina.
- Jornadas Internacionales Multidisciplinarias sobre Violencia Acústica. Asociación de Logopedia, Foniatría y Audiología del Litoral. Comité Científico Interdisciplinario de Ecología y Ruido. Rosario. Santa Fe. Argentina.
- Congreso Argentino de Acústica del Nuevo Milenio. Asociación de acústicos argentinos. Universidad del Museo Social Argentino. Buenos Aires. Argentina.



- Encuentro Patrimonio de Edificios para la Educación. Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio Argentino. Ministerio de Educación. Secretaría de Educación básica. Programa Nacional de Infraestructura.

REFERENCIAS

- 1.- Ing. BITTNER PAUL ULRRICH- Argentina
- 2.- Sergio Barastain - Instituto Mexicano de Acústica
- 3.- Arq. Prof. Dr. Manuel recuero López - Universidad Politécnica de Madrid
- 4.- César Díaz Sanchidrian, Antonio Pedrero González - Universidad Politécnica de Madrid
- 5.- Romero J. Padró, Jiménez Saluenta, Capdevila- Laboratorio de mecánica - UPC - Barcelona
- 6.- Antonio Miguel Arana - Universidad de Navarra
- 7.- Armando García - Universidad de Valencia
- 8.- Arq. Silvina López Planté - Isover Argentina
- 9.- Ing. Antonio Méndez y A. Stornnini y Arq. A. Rizzo - Laboratorio de Acústica y luminotecnia de Gonnet, Argentina.
- 10.- Vidriería Vasa - Argentina
- 11.- Ormiflex – Barreras Acústicas