

Lina Johanna Zapata González**
arq.zglina@gmail.com

Andrés Quiceno Hoyos***
a.quiceno.h@gmail.com

Oigot Zeng Huang****
oigotzeng@gmail.com



E

***valuación de la comodidad auditiva
en ambientes pedagógicos de la
Universidad Católica de Manizales,
Colombia***

*Evaluation of the listening comfort in
pedagogical environments at the catholic
university of Manizales, Colombia*

**Primera versión recibida 16 de febrero 2016
Versión final aprobada 30 de mayo 2016**

Resumen

La comodidad auditiva es un elemento que afecta la calidad de vida y salud de las personas y puede favorecer o no los procesos de enseñanza y aprendizaje. Esta investigación muestra los estudios sobre ruido ambiental y tiempo de reverberación en los ambientes pedagógicos internos básicos de la Universidad Católica de Manizales, clasificados y analizados según la norma técnica colombiana NTC 4595 para el planeamiento y diseño de instalaciones y ambientes escolares. Se estudiaron en total 22 espacios que representan las condiciones generales acústicas del campus. Los resultados arrojaron un cumplimiento del 5% tanto en el ruido ambiental, como en el tiempo de reverberación, reflejando la necesidad de implementar políticas y lineamientos para mejorar el aislamiento y acondicionamiento acústico, en pro de generar espacio óptimos para el aprendizaje.

Palabras clave

Confort, Acústica, Espacios educativos, ruido ambiental, tiempo de reverberación.

Abstract

The listening comfort is an element that affects people's health and their quality of life. The listening comfort may or may not benefit the teaching and learning processes. For that reason, this research shows the studies done regarding ambient noise and time of reverberation in the basic pedagogical internal environments located at the Catholic University of Manizales, which have been classified and analyzed according to the Colombian regulation NTC 4595 for the planning and design of facilities and educational settings. There have been studied twenty-two areas, which represent the general acoustic conditions in the campus. The results showed a compliance rate of 5% in both ambient noise and reverberation time, proving the need to implement policies and guidelines to improve soundproofing and acoustic conditioning, towards generate optimal learning spaces.

Keywords

Comfort, acoustic, settings educational, pedagogical environments, ambient noise and time of reverberation.

Evaluación de la comodidad auditiva en ambientes pedagógicos de la Universidad Católica de Manizales, Colombia*

Evaluation of the listening comfort in pedagogical environments at the catholic university of Manizales, Colombia

Lina Johanna Zapata González**
arq.zglina@gmail.com

43

Andrés Quiceno Hoyos***
a.quiceno.h@gmail.com

Oigot Zeng Huang****
oigotzeng@gmail.com

Introducción

Esta investigación se desarrolló en el marco del proyecto de investigación “Plan Maestro de Ordenamiento Físico de la Universidad Católica de Manizales” (PMOF). Uno de sus objetivos específicos fue evaluar la calidad habitacional acústica de los ambientes pedagógicos internos básicos (APIB) del campus de la UCM, mediante la medición del ruido ambiental y el cálculo del tiempo de reverberación, de 22 espacios representativos, clasificados y evaluados según la Norma Técnica Colombiana (NTC 4595), para el planeamiento y diseño de instalaciones y ambientes escolares (Ministerio de Educación Nacional. Republica de Colombia [MINEDUCACIÓN], 2006).

* Artículo de investigación científica y tecnológica, resultado del proyecto de investigación “Plan Maestro de Ordenamiento Físico de la Universidad Católica de Manizales” (PMOF). Grupo de investigación laboratorio de urbanismo, patrimonio y arquitectura “LUPA” de la misma universidad. El PMOF, es un instrumento de planificación orientado a visualizar el desarrollo urbanístico, arquitectónico y paisajístico del campus universitario, acorde a los postulados del plan de desarrollo institucional 2012 – 2016

** Arquitecta Especialista en Medio Ambiente Visual e Iluminación Eficiente Magíster en Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética Grupo de Investigación: Laboratorio de Urbanismo, Patrimonio y Arquitectura (LUPA) docente Universidad Católica de Manizales

*** Arquitecto, Magíster en Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética perteneciente al Grupo de Investigación: Laboratorio de Urbanismo, Patrimonio y Arquitectura (LUPA) docente Universidad Católica de Manizales

**** Arquitecta, participó como asistente de investigación en el año 2013-2014, en el proyecto Plan Maestro de Ordenamiento físico de la Universidad Católica de Manizales, adscrito al grupo de investigación, Laboratorio de Urbanismo, Patrimonio y Arquitectura (LUPA).

Según la Real Academia Española, acústica es la “Parte de la física que trata de la producción, control, transmisión, recepción y audición de los sonidos, ultrasonidos e infrasonidos” (RAE, 2016). Por tanto, cuando nos referimos al comportamiento de los sonidos y a su adecuada propagación, desde su origen hasta su recepción en un espacio, nos estamos refiriendo a la acústica arquitectónica. Se le entiende como un área de la disciplina encargada de estudiar el comportamiento del sonido en recintos cerrados bajo fenómenos de reflexión y absorción de las ondas sonoras, buscando que ellas sean las más adecuadas al uso del espacio:

El término Confort Acústico está relacionado con la comodidad y el bienestar del cuerpo humano bajo circunstancias auditivas, lo cual significa, eliminar las molestias e incomodidades generadas por los ruidos y vibraciones que alteran el sistema auditivo y nervioso. El Confort Acústico es la intensidad de ruido en la cual el sonido emitido por las actividades humanas, de infraestructura y de medios de transporte resulta óptimo para el descanso, la comunicación y la salud mental y física de las personas dentro y fuera de un recinto; condiciones que pueden verse afectadas al no garantizar que la relación Locutor / Oyente sea lo más placentera posible. “La exposición a ruido sostenido y prolongado produce efectos negativos que van desde el orden fisiológico, cognitivo y emocional hasta la pérdida total de la audición” (Figuroa, Orozco y Preciado, 2012, p.175).

La importancia de este estudio radica en que la calidad habitacional acústica permite desarrollar actividades

escolares de manera precisa y cómoda, asegurando que los resultados de aprendizaje sean óptimos durante cada una de las jornadas. En caso de que no estén dadas dichas condiciones, estas pueden repercutir negativamente de manera cognoscitiva en la capacidad de escucha, comprensión y comunicación verbal entre los interlocutores, retrasando el nivel y la calidad de aprendizaje de los usuarios, disminuyendo el rendimiento escolar y aumentando retrasos cognitivos con problemas como la discriminación de palabras, lectura, resolución de problemas, memorización e interferencia con la comunicación oral (Godson, Shendell, Brown y Sridhar, 2009). Es indispensable garantizar las condiciones ideales de confort acústico para los estudiantes, puesto que en los salones se desarrollan labores de aprendizaje que necesariamente requieren un alto grado de concentración.

En consecuencia, esta investigación logró establecer la línea base del estado actual de los ambientes pedagógicos internos básico (APIB) de la UCM, para incorporar en el plan de mejoramiento de la infraestructura física del campus, las recomendaciones que apuntan a lograr una buena comodidad auditiva en pro del buen desarrollo académico. Además, pretende ser un referente metodológico para posteriores investigaciones, dado que en la actualidad no se cuenta en Colombia con documentos normativos de índole habitacional para ambientes pedagógicos de educación superior. Esta necesidad es más evidente si se tiene en cuenta que la NTC 4595, a pesar de estar enfocada en la educación media, es también aplicable a instituciones de educación superior.

Metodología

Se llevó a cabo como investigación descriptiva o diagnóstica, la cual estudia un fenómeno o situación concreta, en la que se examina, analiza y generan observaciones. En la primera etapa de la metodología se establecieron como instrumentos de medición, el ruido ambiental y el tiempo de reverberación, evaluados en la segunda etapa a través de mediciones en sitio. Las mediciones de ruido ambiental fueron realizadas en el mes de mayo y en el mes de agosto, con el fin de contar con un marco comparativo que tuviera en cuenta los posibles cambios de actividad en los espacios. Los cálculos del tiempo de reverberación son atemporales, pues están dados por las condiciones fijas de absorción y metros cuadrados de los materiales, así como por el área y el volumen del recinto.

Criterios de selección de los espacios

Se seleccionaron 22 APIB representativos de las condiciones de ruido ambiental de cada bloque de la planta física de la UCM. Se conformó una muestra global de la calidad habitacional que estos proporcionan gracias a las diferentes variables que representan, tales como:

- Tipo de uso (magistral o práctica).
- Entorno inmediato (aula o espacio común).
- Relación con los espacios externos (contaminación acústica)
- Público ocupante (al cual va dirigido el espacio).

Dicha selección abarcó diferentes actividades escolares (ver Tabla 1 y 2), exceptuando las realizadas en los APIB_D y APIB_E, por su condición de espacio recreativo y exterior.

45

Tabla 1

Clasificación general de los APIB según NTC 4595 (Basado en MINEDUCACIÓN, 2006)

APIB_A	APIB_B	APIB_C	APIB_D	APIB_E	APIB_F
Aulas de clase	Bibliotecas Aulas de informática Centros de ayudas educativas Librerías	Laboratorios de ciencia Talleres de arquitectura Aulas de tecnología especializada	Campos deportivos Canchas multiuso Gimnasio Salas de juegos	Circulaciones	Foros Teatros Aulas múltiples Salones de música Auditorios

Tabla 2. APIB seleccionados por bloque, en el campus UCM, según NTC 4595.

BLOQUE	NIVEL/PISO	APIB	ESPACIO
A	Segundo	A	A-222
	Segundo	C	Estudio de Radio y Televisión
	Tercero	A	A-304
	Tercero	A	A-312
B	Piso -2	C	Laboratorio de calidad de aguas (LAB-CA)
	Piso -2	C	Laboratorio de Biología Molecular investigación (LAB-BM)
	Piso -1	A	B-304
	Primero	C	Laboratorio de Microbiología agroindustrial de alimentos (LAB-MB-AL)
C	Segundo	B	Sala de sistemas No.3
	Tercero	A	Sala de Sistemas (S 201-202)
	Cuarto	C	Laboratorio de electrónica (LAB ELEC)
	Cuarto	C	Laboratorio de Telecomunicaciones (LAB TEC)
D	Piso -2	A	Salón de clase 2 (S-C-2)
	Piso -1	B	Sala de lectura 1 (S-LEC-1)
	Primero	F	Auditorio de la biblioteca (AUD)
E	Primero	F	Auditorio Marie Poussepin (AUD MP)
	Primero	A	E-202
	Segundo	C	E-302 305
	Tercero	C	E 403 404
	Tercero	C	E 401 406
	Tercero	F	Auditorio 3
	Cuarto	A	E - 513

Descripción de los instrumentos de medición

Ruido ambiental

Esta medición basó parte de su estructura en el Protocolo para la medición de emisión de ruido, ruido ambiental y realización de mapas de ruido del Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2009). Las mediciones se realizaron con respuesta lenta y con filtros de ponderación A, siguiendo además las indicaciones que se presentan a continuación:

• Horario de medición

La toma de datos se efectuó entre las 7:00 y las 21:00 horas, rango de tiempo en donde se desarrollan las actividades escolares diarias.

• Ubicación del sitio de medición

Antes de emprender el trabajo, se estudió el espacio para identificar las fuentes de ruido específico interno. Se localizó el sonómetro con su respectivo trípode a una distancia de 1.2m en sentido vertical y a 1.5m en dirección horizontal de la fuente específica de sonido ya que esta corresponde a un espacio cerrado. El técnico encargado se ubicó a una distancia prudencial de 0.5m del instrumento.

• Intervalos de medición

El tiempo de medición fue de 1 hora con captura de datos de 15 minutos divididos en 3 intervalos de 5 minutos cada uno.

• Procedimiento de medición

Cada intervalo de medición consideró 5 momentos parciales de toma de datos distribuidos de manera equitativa, con dirección del micrófono hacia cinco puntos cardinales y en dirección a la fuente sonora: un minuto

en sentido Norte, uno en sentido Sur, uno en sentido Este, uno en sentido Oeste y uno en sentido vertical (hacia arriba).

El cálculo para la emisión de ruido ambiental considera 2 tipos de mediciones:

- Nivel de presión sonora: con las fuentes de ruido específico encendidas.
- Ruido residual: con las fuentes específicas de ruido ausentes o apagadas.

47

Conocidos los 5 momentos parciales de cada intervalo, se calculó el valor global empleando la siguiente fórmula:

$$LAeq = 10 \text{Log} \left(\frac{10^{\frac{LN}{10}} + 10^{\frac{LS}{10}} + 10^{\frac{LE}{10}} + 10^{\frac{LO}{10}} + 10^{\frac{LV}{10}}}{5} \right)$$

Ecuación 1. Cálculo para la emisión de ruido ambiental

LAeq= Nivel equivalente resultante de la medición; dB.

LN= Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido norte dB.

LS= Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido sur dB.

LE= Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido este dB.

LO= Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido oeste dB.

LV= Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido vertical dB.

Obtenido el valor de cada uno de los intervalos, se procedió a calcular el indicador medio entre ellos, correspondiente a los 15 min de toma de datos por hora, mediante la siguiente fórmula:

$$LAeq, n = 10 \text{Log} \left(\frac{1}{N} \sum 10^{\left(\frac{LAeq, ni}{10} \right)} \right)$$

Ecuación 2. Media del Cálculo para la emisión de ruido ambiental

LAeq,ni= Nivel de presión sonora continuo equivalente de cada evento durante el periodo de tiempo diurno (Db)

N= Numero de mediciones

El valor final obtenido correspondió al nivel de intensidad sonora emitida por las fuentes de ruido específico que contenía el espacio estudiado.

Dentro de la Norma Técnica Colombiana NTC 4595, se establecen y caracterizan los valores recomendados para la intensidad del sonido como se muestra en la Tabla 3, los cuales sirvieron de referencia para valorar los APIB de la UCM.

48

Tabla 3. Valores recomendados en la NTC 4595 para Nivel de Intensidad Sonora

APIB (SIN OCUPAR)	NIVEL DE INTENSIDAD DE SONIDO EN dB	CARACTERIZACIÓN
B Y F PARA MÚSICA	35 A 40	SILENCIO
A Y C EN LABORATORIOS	40 A 45	CONVERSACIÓN EN VOZ BAJA
C EN ARTES Y OFICINAS	45 A 50	CONVERSACIÓN NEUTRAL
C EN TECNOLOGÍA, D, E, F BAÑOS Y DEPÓSITOS	HASTA 60	VOZ HUMANA EN PÚBLICO

Fuente: (MINEDUCACIÓN, 2006) edición propia

Tiempo de reverberación del recinto

Según Zemansky (citado en Medina, 2009, p.23), “[e]s el número de segundos o fracciones de segundo en que un sonido permanece audible en una habitación, después de que la fuente sonora lo ha emitido, es el recorrido de una onda para que un sonido tenga una pérdida en nivel de intensidad de 60 dB”. Para calcular el tiempo de reverberación

de los espacios se empleó la fórmula aceptada como referencia a nivel internacional para este tipo de cálculos, denominada la Fórmula Sabine, mostrada a continuación:

$$RT = \frac{0,161 \times V}{\alpha \times St}$$

Ecuación 3. Tiempo de reverberación

0,161= Constante

V= Volumen del recinto

$$\alpha = \frac{A_{total}}{S_t}$$

Ecuación 4. Coeficiente medio de absorción

A total = Resultado de multiplicar el coeficiente de absorción de cada material por su superficie $\alpha.S$ y su posterior sumatoria $\alpha1.S1 + \alpha2.S2 + \alpha3.S3 + \alpha4.S4...$

St: Resultado de la sumatoria de todas las superficies presentes del espacio $S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + S6 + S7$

La NTC 4595 plantea valores estándares de idoneidad del tiempo de reverberación, los cuales se muestran en la Tabla 4 y que sirvieron de referencia para valorar los APIB de la UCM.

Tabla 4. Valores recomendados en la NTC 4595 para Tiempos de Reverberación

AMBIENTE PEDAGÓGICO INTERNO BÁSICO	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN SEGUNDOS
AMBIENTE B	HASTA 0,9
AMBIENTE A Y OFICINAS	DE 0,9 A 1
AMBIENTE C Y E	DE 0,9 A 1,2
AMBIENTES F	DE 0,9 A 2,2

Fuente: (MINEDUCACIÓN, 2006) edición propia

Aplicación de los instrumentos de medición

Ruido ambiental

Para conocer las emisiones de ruido correspondientes a cada uno de los espacios del Campus de la UCM, se utilizó el Sonómetro Pulsar Modelo 30 & 33, que permitió medir con exactitud las fuentes de sonido emitidas. Se tuvieron en cuenta las siguientes etapas y consideraciones:

Se definieron las fuentes de ruido específicas a valorar dentro de cada uno de los Ambientes. Se encontraron 2 fuentes emisoras, como se muestra

en la Figura 1, determinadas por sus características comunes: fuente de ruido específico A: Grupo de estudiantes y fuente de ruido específico B: Docente.

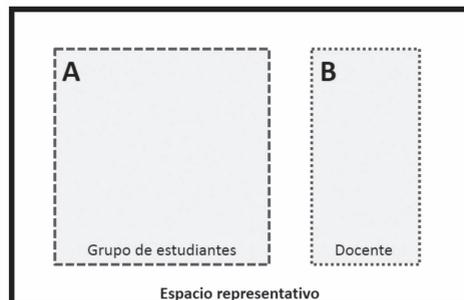


Fig. 1. Fuentes emisoras de ruido

Para la recolección de datos por hora se realizaron 3 intervalos de medición con una duración de 5 minutos cada uno, los cuales a su vez contenían una toma parcial en los diferentes puntos cardinales para garantizar la homogeneidad del resultado a lo largo de la toma, así:

- 00:00 a 00:05
- 00:30 a 00:35
- 00:55 a 01:00

Una vez identificadas las fuentes de ruido específicas se procedió con el trabajo de campo para la recolección de datos, como se muestra en la Tabla 5 para fuente encendida y en la Tabla 6 para fuente apagada. El registro de cada una de las emisiones de ruido fue realizado en los 3 intervalos:

Tabla 5. Medición de ruido ambiental fuente encendida A 304

Espacio	Intervalo	Fuente	Norte	Sur	Este	Oeste	Hacia arriba (vertical)	Valor intervalo	Valor general
A - 304	1	ENCEN DIDA	71,5	71,2	73,6	69,7	74,5	72,44	72
	2		71,5	71,6	73,4	70,1	78,5	74,20	
	3		65,6	66,8	62,9	67,9	61,1	65,52	

Fuente: Propia

Tabla 6. Medición de ruido ambiental fuente apagada A 304

Espacio	Intervalo	Fuente	Norte	Sur	Este	Oeste	Hacia arriba	Valor intervalo	Valor general
A - 304	1	Apagada	52,2	51,5	54,2	53,3	52,8	52,90	56
	2		56,8	53,7	54,1	51,4	55	54,55	
	3		57,4	57,5	58,5	60,4	54,3	58,04	

Fuente: Propia

Hallados los valores correspondientes a las emisiones de ruido dentro del espacio, se procedió a consignar las determinantes bajo las

cuales fueron realizadas dichas tomas, tales como orden, estado, duración y hora. El valor con el cual se dispone a realizar los estudios se muestra en la Tabla 7:

Tabla 7. Registro de ruido ambiental fuente encendida y apagada A 304

Espacio / Ambiente	Medición	Estado de Fuente	Tiempo		Duración Min	Registro dB
			Inicial	Final		
A - 304	1	Encendida	14:00	15:00	15	72
	2	Apagada	17:30	18:30	15	56

Fuente: Propia

La obtención del valor del intervalo tomado en los diferentes puntos cardinales se obtuvo con la siguiente formula: 51

$$LAeq = 10 \left(\frac{10^{\left(\frac{71.5}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{71.2}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{73.6}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{69.7}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{74.5}{10}\right)}}{5} \right)$$

$$LAeq = 10 \left(\frac{14125375,44 + 13182567,38 + 22908676,52 + 9332543,00 + 28183829,31}{5} \right)$$

$$LAeq = 10 \left(\frac{87.732.991,65}{5} \right)$$

$$LAeq = 10 \text{Log}(17546598,33)$$

$$LAeq = 72,44$$

Ecuación 5. Emisión de ruido ambiental. Fuente encendida A 304. Intervalo 1

Para hallar el valor general que corresponde a la media entre los 3 valores de intervalo tomados durante 15 minutos en un periodo de tiempo de una hora, se estableció de la siguiente manera:

$$LAeq, n = 10 \text{Log} \left(\frac{1}{3} \sum 10^{\left(\frac{72,44}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{74,20}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{65,52}{10}\right)} \right)$$

$$LAeq, n = 10 \text{Log} \left(\frac{1}{3} X 47405996,2716 \right)$$

$$LAeq, n = 10 \text{Log}(15801998,7572)$$

$$LAeq, n = 10 \text{Log}(72)$$

Ecuación 6. Emisión de ruido ambiental. Fuente encendida A 304. Valor general

Tiempo de reverberación

Para su cálculo se estableció la Tabla 8, para hallar el valor de cada espacio a estudiar, además del comportamiento de este bajo las frecuencias: 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000.

Tabla 8. Tiempo de reverberación. A 304.

Materiales	M ²	125	250	500	1000	2000	4000	Tiempo de reverberación del recinto
Concreto / muros	39,3	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	1,90
		0,39	0,39	0,79	0,79	0,79	1,57	Volumen del recinto m3
Baldosa / piso	25,3	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	97,73
		0,51	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	
Vidrio / ventanas	13,1	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04	
		4,58	3,27	2,36	1,57	0,92	0,52	
Madera / puertas y techo	27,2	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07	
		4,07	2,99	2,72	1,90	1,63	1,90	
Muro seco/muro divisorio	17,6	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03	
		0,35	0,35	0,53	0,71	0,71	0,53	
Mobiliario ocupado / sillas universitarias	6,3	0,17	0,21	0,26	0,30	0,33	0,37	
		1,06	1,31	1,63	1,88	2,06	2,31	
Total	122	11,0	9,08	8,77	7,60	6,86	7,60	
Coeficiente medio de absorción		0,09	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	
Tiempo de reverberación		1,43	1,73	1,79	2,07	2,29	2,07	
Dimensiones								
Largo	7,2							
Ancho	4,0							
Alto	3,4							

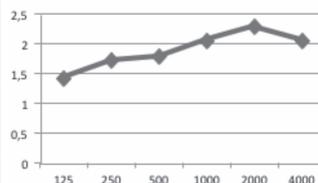


Tabla 9. Cálculo absorción del material por la superficie. A 304

Material	Área m ² / Superficie	Coefficiente de Absorción (125Hz)	Total
Concreto / Muros	39,31	0,01	0,39
Baldosa / Piso	25,27	0,02	0,51
Vidrio / Ventanas	13,09	0,35	4,58
Madera / Puertas y Techo	27,16	0,15	4,07
Muro seco / Muro Divisorio	17,63	0,02	0,35
Mobiliario Ocupado / Sillas Universitarias	6,25	0,17	1,06

53

Fuente: Propia

En primera instancia, se comenzó por calcular la absorción obtenida como resultado de multiplicar el coeficiente de cada material por su superficie $\alpha \cdot S$; este procedimiento se realizó por cada una de las frecuencias. En la Tabla 9 se muestra el ejemplo del cálculo para la frecuencia de 125Hz.

Una vez calculado el valor de absorción de cada material, se procedió a determinar el valor del coeficiente medio de absorción, de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{10,97}{122,46} = 0,09$$

Ecuación 7. Coeficiente medio de Absorción. A 304

Teniendo ya estos datos y conociendo la superficie total del espacio, se calculó el tiempo de reverberación por frecuencia, como se muestra a continuación para 125Hz:

$$RT = \frac{0,161 \times 97,73}{0,09 \times 122,46} = \frac{15,73}{11,02} = 1,43$$

Ecuación 8. Tiempo de Reverberación. A 304

Para determinar el tiempo de reverberación del recinto se obtuvo la sumatoria del RT por cada una de las frecuencias; posteriormente, se dividieron por la cantidad de frecuencias estudiadas (en este caso 6), como se muestra en la Tabla 10:

Tabla 10. Tiempo de reverberación ponderado. A 304

Frecuencia	Tiempo de Reverberación
125	1,43
250	1,73
500	1,79
1000	2,07
2000	2,29
4000	2,07
Total	11,38

Tiempo de Reverberación del Recinto: $11,38 / 6 = 1,90$

54

Resultados

Ruido ambiental

Bloque A

El 75% de los espacios seleccionados en este bloque resultaron NO APTOS tanto para las mediciones de mayo como de agosto, presentando un exceso en la intensidad del sonido que sobrepasa los niveles permitidos, en un rango que fluctúa entre 20 y 30dB para mayo y entre 26 y 35 dB para agosto.

Se registró una disminución de 3,25 dB en los valores de la medición del mes de agosto, respecto a la que se realizó en mayo. Este valor no es representativo, ya que el porcentaje final se ratificó en que el 75% no es apto y el 25% sí lo es, para ambos meses.

El Bloque A presenta las emisiones de ruido más altas, tanto para las mediciones de mayo como de agosto, gracias a que su localización compromete al menos una de sus fachadas hacia la Av. Santander o hacia la Plazoleta Central De La Universidad. Estos lugares tienen alta emisión sonora, por su constante flujo vehicular y de actividades múltiples, respectivamente.

Bloque B

El 100% de los espacios seleccionados en este bloque resultaron no aptos tanto para las mediciones de mayo como para las de agosto. Este bloque presenta un exceso en la intensidad del sonido, que sobrepasa los niveles permitidos en un rango que fluctúa entre 15 y

20 dB para mayo y entre 24 y 31 dB para agosto. Con ello, se interrumpe el desarrollo normal de las actividades,

El grado de ruido ambiental presente en estos espacios es preocupante ya que dentro de estos APIB se llevan a cabo actividades de alta precisión, por tratarse mayormente de laboratorios, en los cuales la garantía de confort auditivo es indispensable.

La medición realizada en el mes de agosto, respecto a la que se realizó en el mes de mayo, registró un aumento de 10,3 dB sobre el promedio, pero se confirma en las dos mediciones que este bloque no es apto en su totalidad.

Bloque C

La totalidad de los espacios seleccionados en este bloque, tanto en mayo como en agosto, resultaron no aptos.

Este bloque presenta un exceso en la intensidad del sonido, que sobrepasa los niveles permitidos, en un rango que fluctúa entre 15 y 30dB para mayo y entre 21 y 36 dB para agosto.

La medición realizada en el mes de agosto, respecto a la que se realizó en el mes de mayo, registró un aumento de 7dB sobre el promedio. Esto no afecta el resultado final, pues el 100% del bloque C se encuentra no apto en los dos casos.

Bloque D

El 100% de los espacios seleccionados en este bloque tanto en mayo como en agosto, resultaron no aptos.

Este bloque presenta un exceso en la intensidad del sonido, que sobrepasa los niveles permitidos en un

rango que fluctúa entre 1 y 25dB para mayo y entre 9 y 27 dB para agosto.

La medición realizada en el mes de agosto, respecto a la que se realizó en el mes de mayo, registró un aumento de 8,5 dB sobre el promedio, pero este valor no altera los resultados finales, que confirman la insuficiencia del bloque D en los dos momentos.

Bloque E

La totalidad de los espacios seleccionados en este bloque tanto en mayo como en agosto, resultaron no aptos.

Los recintos del bloque E se encuentran perjudicados, debido a que su diseño se compone de materiales como vidrio simple y persianas de aluminio en los laterales que están seguidos a la circulación, por donde transitan gran cantidad de estudiantes durante todas las horas del día, lo que provoca que se filtre el sonido sin barreras ya que no hay presencia de aislamiento.

Este bloque presenta un exceso en la intensidad del sonido, que sobrepasa los niveles permitidos en un rango que fluctúa entre 1 y 35dB para mayo y entre 13 y 34 dB para agosto.

La medición realizada en el mes de agosto, respecto a la que se realizó en el mes de mayo, registró un aumento de 8 dB sobre el promedio, valor que no representa un cambio en el resultado final de las mediciones pues las dos muestran que el bloque E es no apto en un 100%.

Tiempo de reverberación

De los 22 espacios estudiados, el Estudio de Radio ubicado en el bloque

A fue el único que cumplió con el tiempo de reverberación recomendado en la NTC 4595. Esto se debe a que tiene acondicionamiento acústico con espuma de poliuretano, permitiéndole el óptimo desarrollo de la función para la que está destinado. Todos los demás APIB estudiados sobrepasan el tiempo de reverberación recomendado, encontrándose que el 95% de los APIB no cumple.

En este análisis se destacan los resultados del tiempo de reverberación del bloque B, ya que superan de 2 o 3 veces el valor recomendado, debido a los materiales duros y poco absorbentes, pero a su vez necesarios, puesto que estos facilitan la asepsia e higiene en los laboratorios de salud. Asimismo, se destacan los resultados del bloque D, ya que

doblan el valor recomendado, siendo bastante perjudicial que los recintos de este bloque no cuenten con acondicionamiento acústico, pues el 75% de los espacios evaluados hacen parte de la biblioteca.

Conclusiones

El ruido ambiental de los APIB de la UCM, como se muestra en las Figura 2 y 3, llega a un cumplimiento del 5% de los valores recomendados en la NTC 4595; situación que requiere un grado de atención prioritario, en la que se vinculen estrategias de aislamiento del sonido externo. El tiempo de reverberación de los APIB de la UCM, como se muestra en las Figura 4 y 5, llega a un cumplimiento del 5% de los valores recomendados en la NTC 4595;

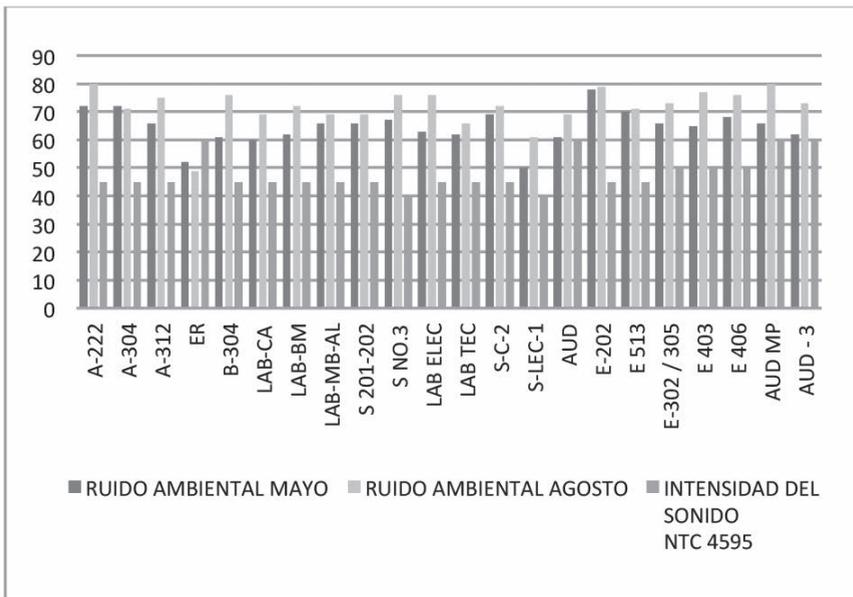


Fig 2. Ruido ambiental APIB_UCM

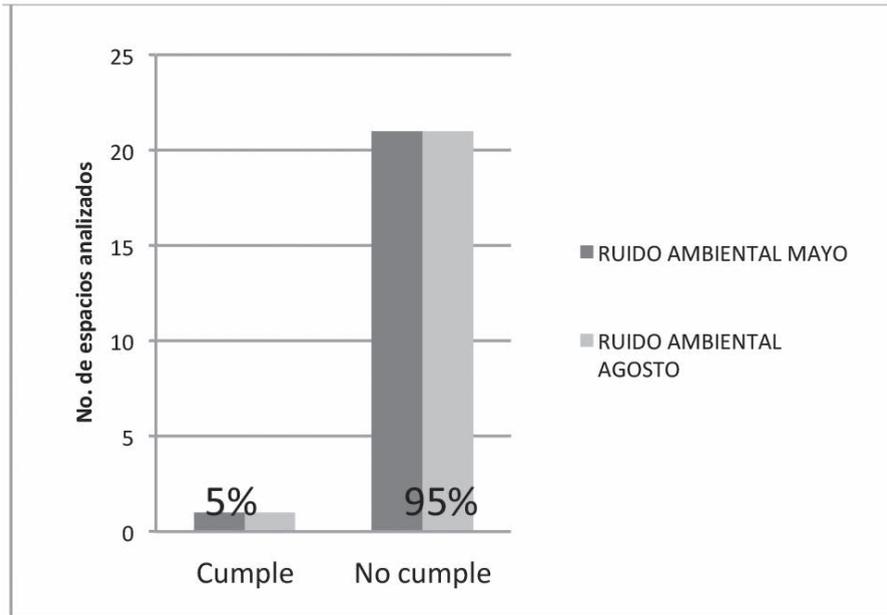


Fig 3. Ruido ambiental APIB_UCM_Cumplimiento_NTC 4595

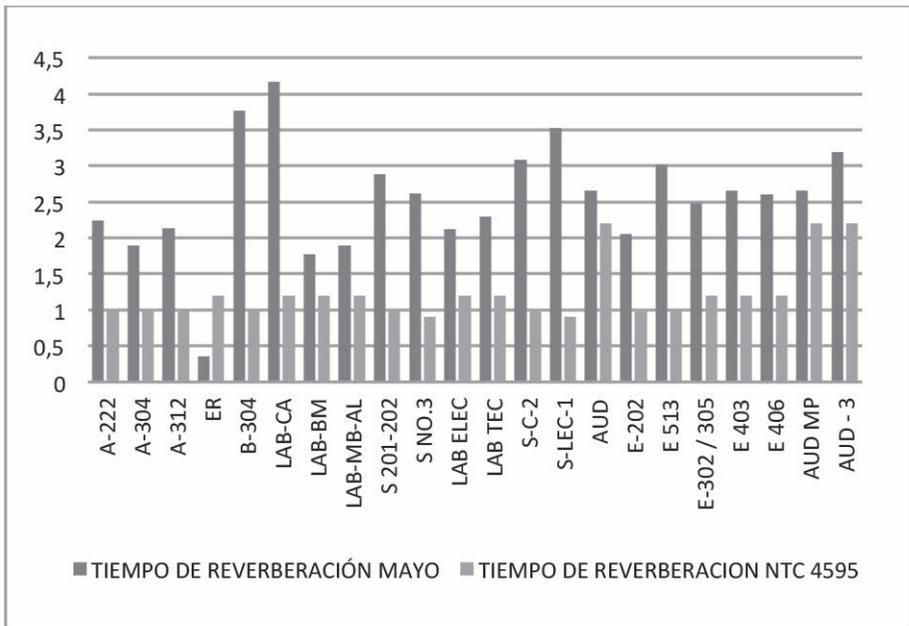


Fig 4. Tiempo de reverberación APIB_UCM

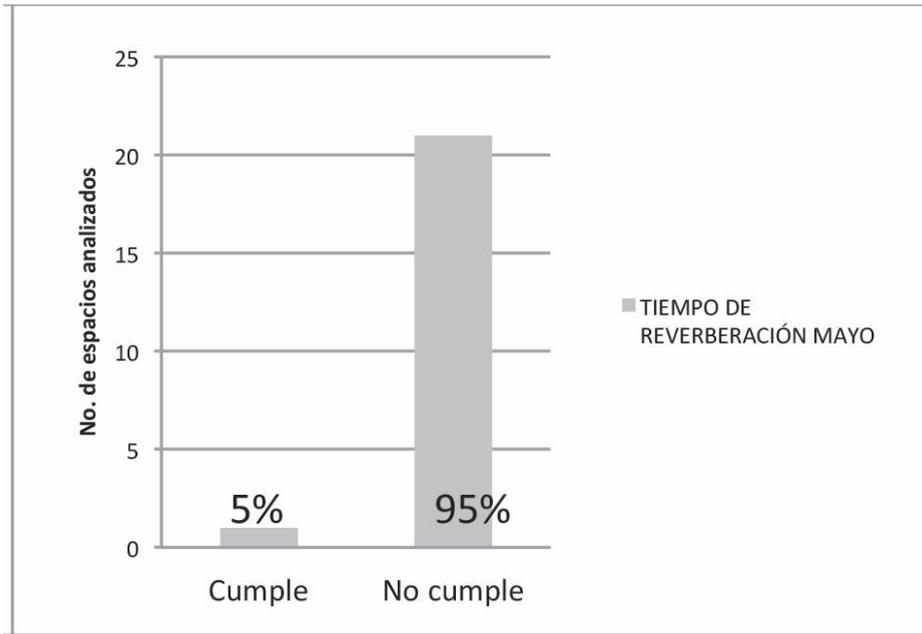


Fig 5. Tiempo de reverberación APIB_UCM_Cumplimiento_NTC 4595

se puede concluir, así, que existe una carencia total de acondicionamiento acústico. Estos resultados son una alerta para la UCM y un marco de referencia para otras instituciones, pues aunque se tenga como principal estrategia el uso de cielo rasos acústicos, estos resultados evidencian la insuficiencia del material cuando se utiliza como única estrategia.

Llegar a espacios óptimos en la comodidad auditiva, que faciliten los procesos de enseñanza y aprendizaje en los APIB, es un factor que requiere implementar políticas y lineamientos institucionales para el aislamiento y acondicionamiento acústico, pues no solo se favorece el aprendizaje sino también la salud de los habitantes del espacio. Algunas de las recomendaciones a tener en cuenta para mejorar la calidad habitacional de los APIB son:

Ruido ambiental

- En el caso de edificios nuevos, establecer los retiros máximos posibles a fuentes contaminantes acústicamente, como lo son avenidas, plazas de eventos, cafeterías, etc.
- Generar edificios con un filtro espacial entre la fuente contaminante acústicamente y el espacio de uso, por medio de áreas de servicio como baños, bodegas, cocinas, cuartos de instalaciones técnicas, etc.
- Implementar un sistema óptimo de aislamiento acústico en las paredes divisorias de las áreas de circulación y los APIB, por medio de materiales densos como el concreto vaciado y/o muros multicapas, e implementar ventanas con vidrios dobles sellados acústicamente.

Cabe resaltar que en el mercado existe una gran oferta de materiales aislantes acústicamente, siendo urgente que la construcción y remodelación de los ambientes de aprendizaje se proyecten y construyan vinculando el estudio de la acústica, ya que se demostró que la construcción tradicional en pórticos de concreto con cerramiento en mampostería no genera un aislamiento acústico acorde para aislar el ruido ambiental.

La educación y la conciencia es otro factor que influye positivamente en el control del ruido ambiental, pues el manejo de la voz, la selección de los horarios para actividades lúdicas o de mantenimiento que generen contaminación acústica, evitan mediante soluciones mínimas los efectos negativos del ruido ambiental.

Tiempo de reverberación

Existen muchas alternativas de acondicionamiento acústico; sin embargo, la más utilizada en este tipo de espacios son los cielos rasos acústicos, demostrando que no son tan efectivos a la hora de evitar la reverberación. Por lo cual, se debe prestar atención a todas las superficies del espacio. Algunas opciones para estos son:

- Vincular mobiliario de madera y/o con superficies porosas para permitir la absorción del sonido
- Implementar acabados porosos

en las superficies internas, ya que permiten la absorción del sonido.

- Implementar paneles de madera, también conocidos como absorbentes selectivos, en las superficies laterales y posteriores del recinto.
- Colocar elementos reflectores y difusores del sonido solo en paredes de tablero y/o en el campo de sonido directo, que son áreas específicas donde se requiere que se difunda el sonido.

Para terminar, es importante resaltar que cada espacio requiere un diseño particular y acorde a la función establecida para este, por lo cual, estas recomendaciones son generalidades que dan una línea de intervención desde el aislamiento acústico (para reducir el ruido ambiental) y desde el acondicionamiento acústico (para reducir el tiempo de reverberación), presentándose necesario que el plan de mejoramiento de la infraestructura física del campus de la UCM, incluya los estudios y diseños para la intervención acústica de cada uno de los APIB estudiados.

Agradecimientos

A las practicantes de arquitectura de la UCM que ayudaron a la recolección de los datos, María Teresa Arteaga Botero, Millet Sefair Buitrago y Luisa Fernanda Tabares Hidalgo.

Referencias

Convenio de cooperación interinstitucional: MINEDU - UNI - FAUA. (2006). Criterios normativos para el diseño de locales de educación básica regular niveles de inicial, primaria, secundaria y básica especial. Lima - Perú: MINEDU - UNI - FAUA.

Figuroa, A., Orozco, M. G., y Preciado, N. E. (2012). Niveles de ruido y su relación con el aprendizaje y la percepción en escuelas primarias de Guadalajara, Jalisco, México. *Ingeniería*, 16(3), 175-181.

60 Godson R. E. E. Ana, Derek G. Shendell, G.E. Brown, & M.K.C. Sridhar. (2009). Assessment of Noise and Associated Health Impacts at Selected Secondary Schools in Ibadan, Nigeria. Hindawi Publishing Corporation. *Journal of Environmental and Public Health* Volume 2009, 1-6. doi:10.1155/2009/739502.

Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (2011). Habitabilidad y Funcionamiento. Acondicionamiento Acústico. México D.F: Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa.

Medina Valdez, A. (Junio de 2009). La calidad acústica arquitectónica. El ambiente Acústico en Ambientes Escolares de Nivel Superior. Disponible en <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/handle/123456789/5723>

Ministerio de Educación Nacional. Republica de Colombia (2006). Norma Técnica Colombiana NTC 4595. Ingeniería Civil y Arquitectura. Planeamiento y Diseño de Instalaciones y Ambientes Escolares. Editada por el insituto Colombiano de Normas Técnicas y certificación (ICONTEC). Bogotá, D.C.

Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Universidad de Medellín (22 de Octubre de 2009). Protocolo para la emisión de ruido, ruido ambiental y realización de mapas de ruido. Disponible en http://www.andi.com.co/pages/proyectos_paginas/proyectos_detail.aspx?pro_id=185&ld=1&clase=8&Tipo=3

Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1998). NTP 503: Confort acústico: el ruido en oficinas. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.