

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**COMPARACIÓN DE NORMAS ACÚSTICAS PARA CENTROS EDUCATIVOS
EN PERÚ CON LAS DE ARGENTINA, NUEVA ZELANDA y ESTADOS UNIDOS**

**Trabajo de investigación para obtener el grado académico de BACHILLER EN
CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA CIVIL**

AUTORES:

José Daniel Cárdenas Velarde

Naghib Americo Vargas Mateos

Mauricio Arévalo Ortiz

Harwin Jhoset Rios Diaz

Bryan Fernando Escobar Anchiraico

ASESORA:

Ing. Victoria Ramírez

Lima, diciembre de 2020

Resumen

El estilo de vida actual ha producido un cambio significativo en la forma en la que los seres humanos realizan sus actividades. Este cambio ha desencadenado un aumento de los niveles de ruido, lo cual se vuelve más preocupante en zonas de alta sensibilidad acústica, entre las que se encuentran las instituciones educativas, cuyas actividades dependen de una correcta comunicación verbal entre el alumno y el docente.

Diversos estudios han demostrado las consecuencias que genera este contaminante, por lo que se han establecido Normas para controlar sus efectos. Estas varían en sus parámetros y valores límite dependiendo del país donde son aplicadas. Al estudiar la Norma peruana en comparación con la argentina, neozelandesa y estadounidense se evidenció que esta no considera el tiempo de reverberación en sus parámetros para medir el ruido en un ambiente, a pesar de que este sea un factor que intensifica los efectos del ruido al solaparse entre ellos. Además, se apreció marcadas diferencias entre el valor límite permisible de dBA con las diferentes Normas y entre estas con el valor recomendado por la OMS para aulas de estudio.

Si bien las restricciones que impone la reglamentación peruana no son tan exigentes como se puede observar en otros países, diversos estudios realizados en diferentes centros educativos alarman sobre el pobre diseño acústico con la que estos son proyectados. Por ello, se recomienda aplicar medidas correctivas para reducir el impacto del ruido en estos establecimientos. Además, se invoca realizar estudios para desarrollar proyectos que mejoran la calidad ambiental en las aulas peruanas.

Índice

1. Generalidades.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Objetivos	3
1.5 Metodología.....	3
2. Marco Teórico.....	4
2.1 Conceptos importantes.....	4
2.1.1 Sonido	4
2.1.2 Contaminación Sonora.....	4
2.1.3 Parámetros para la medición del ruido.....	5
2.2 Contaminación sonora en instituciones educativas	5
2.2.1 Fuentes del ruido	5
2.2.2 Efectos sobre el alumno	7
2.2.3 Efectos sobre el docente.....	8
2.3 Reglamentación Peruana: DECRETO SUPREMO N° 085-2003-PCM.....	9
2.4 Reglamentación Argentina: Ley 1540	10
2.5 Reglamentación Estadounidense: ANSI/ASA S12.60-2010/Part 1 American National Standard Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools, Part 1: Permanent Schools.....	12
2.6 Reglamentación Neozelandesa: Designing Quality Learning Spaces – Acoustics Version 2.0 (2016).....	13
2.7 Situación actual de centros educativos en el Perú	14
3. Comparación de Normativas Extranjeras con la Peruana	15
3.1 Comparación de parámetros utilizados.....	15
3.2 Comparación de límites permisibles.....	16
4. Conclusiones y Recomendaciones	18
5. Referencias	20

Índice de Tablas

Tabla 1: Clasificación de zonas para niveles permitidos de ruido.....	4
Tabla 2: Clasificación de zonas para niveles permitidos de ruido.....	9
Tabla 3: Niveles de ruido permitido según la zona	10
Tabla 4: Casos de estudio de niveles de sonido en aulas del Perú	14
Tabla 5: Comparación de criterios empleados por cada norma	15
Tabla 6: Comparación de valores de nivel sonoro entre normas.....	16



1. Generalidades

1.1 Introducción

El estilo de vida actual ha producido un cambio significativo en la forma en la que los seres humanos realizan sus actividades. Hoy en día es común observar autopistas congestionadas, centros comerciales abarrotados de personas, calles muy transitadas e industrias funcionando de manera ininterrumpida. Esta situación cada vez más común en las grandes ciudades produce un aumento de los niveles de ruido, lo cual afecta de manera preocupante a aquellas zonas de alta sensibilidad acústica, entre las que se encuentran las instituciones educativas cuyas actividades dependen de una óptima comunicación verbal entre alumno y docente. El problema se agrava cuando los centros educativos se ubican en zonas céntricas o en avenidas principales, caso que se observa con frecuencia en el territorio nacional.

El ruido es un reconocido factor de estrés que irrita, aumenta la inseguridad y disminuye la concentración y, en el ámbito del aula, impacta negativamente sobre el aprendizaje y el rendimiento escolar (Cristiani, 2002). Se debe mencionar que, si bien el ruido externo es un importante tema de preocupación, existe además una fuente de ruido interno debido a las propias actividades que se realizan en la institución: la conversación entre alumnos, el ruido de los pasillos o de un patio en hora de recreo. Para un correcto desarrollo de una clase, sin interferencia de la comprensión de lo dictado, este ruido ambiental debe permanecer por debajo de los 35 dBA según la Organización Mundial de la Salud; sin embargo, una investigación realizada por Antonio López Rivera en el 2009 obtuvo mediciones de hasta 70.8dBA en una escuela en Puerto Rico; este hecho no es ajeno a la realidad nacional, ya que la investigación de Mamani y Mendoza en el 2019 obtuvo valores de hasta 69.25 dBA en una comunidad educativa del Cercado de Tacna.

Para regular las emisiones de contaminación sonora en las instituciones educativas, alrededor del mundo se ha propuesto reglamentos que establecen límites permisibles para este contaminante, así como las exigencias que se deben cumplir en cada país para asegurar que estos valores no sean sobrepasados. Si bien los diferentes reglamentos comparten un objetivo en común, poseen marcadas diferencias entre ellos. En ese sentido, la presente investigación plantea un análisis comparativo entre las normas de Perú con las de Argentina, Nueva Zelanda y Estados Unidos.

1.2 Justificación

La contaminación acústica es un problema muy importante para países en los cuales el control de este contaminante es bastante limitado. Este hecho es bastante grave en aquellas zonas cuyos niveles de contaminación fueron incrementando en los últimos años debido a diferentes factores, siendo uno de los más importantes el incremento del parque automovilístico en las ciudades principales.

De acuerdo con el estudio realizado por el Dr. Daniel Bernabeu Taboada, el ruido puede provocar diferentes efectos negativos sobre la salud, siendo los más comunes en adultos las alteraciones psicológicas, la distorsión del sueño, la pérdida de audición y el riesgo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias; y en niños, las alteraciones del sueño, los procesos respiratorios y la dificultad para el aprendizaje y el lenguaje. Este problema no es ajeno al caso de las instituciones educativas, en donde el desarrollo adecuado de las clases depende de la correcta comunicación verbal entre docente y alumno.

Por lo tanto, en busca de dar solución a esta problemática se han desarrollado diferentes códigos que buscan regular las emisiones sonoras, las cuales varían según el país en las que son aplicadas. El presente trabajo de investigación plantea realizar un análisis comparativo entre el reglamento nacional y diferentes códigos internacionales, en este caso los reglamentos de Nueva Zelanda, Argentina y Estados Unidos con el fin de resaltar las principales diferencias entre ellos, además de verificar si la norma peruana cumple con los estándares ambientales internacionales.

1.3 Alcance

El alcance de la presente investigación será de un estudio descriptivo en el cual se detalla y comparará la normativa peruana de contaminación sonora en aulas con las de países extranjeros (Argentina, Nueva Zelanda y Estados Unidos). Se contrastaron los parámetros utilizados en las distintas normativas y los valores límites de dichos parámetros con el fin de evaluar si la norma peruana cumple con un control adecuado o si carece de aspectos importantes que se deberían tomar en cuenta.

1.4 Objetivos

- Identificar fuentes de contaminación acústica en edificaciones educativas y su impacto
- Evidenciar la situación actual de las aulas educativas en el Perú
- Comparar parámetros mínimos de sonido de normas extranjeras para edificaciones de formación académica con la de Perú
- Diferenciar el alcance de la norma peruana con las normas internacionales
- Determinar si la norma peruana satisface los estándares mínimos requeridos bajo otras normativas
- Recomendar posibles soluciones para mejorar el desempeño acústico de las aulas

1.5 Metodología

La metodología del presente trabajo de investigación se dividirá en 3 partes. La primera parte corresponde al marco teórico en el cual se definen todos los conceptos y parámetros comúnmente utilizados en las normativas para la cuantificación del sonido y la contaminación sonora. Además, se describen los efectos perjudiciales que la contaminación sonora puede provocar en el aprendizaje de los alumnos y en la salud del docente en aulas sin un correcto desempeño acústico. Posteriormente, se analiza la situación actual de las aulas en el Perú en relación a su desempeño acústico a través de casos de estudio encontrados en la literatura. Finalmente, en este capítulo se presentan las normas que forman parte de la presente investigación detallando sus principales aspectos y alcance.

La segunda parte está compuesta por la comparación de las normas extranjeras con la peruana. Inicialmente, se realizó un cuadro comparativo de los parámetros utilizados en las normas y sus respectivos valores límites permisibles. Posteriormente a ello, se contrasta el alcance de las normas al definir los aspectos que la norma peruana carece y su importancia.

En la tercera y última parte se desarrollará las conclusiones y recomendaciones de la investigación. Se describirán los contrastes más significativos exhibidos en la comparación y recomendaremos posibles ajustes y adiciones a la normativa vigente del Perú para lograr un control más adecuado que permita un correcto y satisfactorio desarrollo de las actividades de aprendizaje en las aulas.

2. Marco Teórico

2.1 Conceptos importantes

2.1.1 Sonido

Un sonido es un fenómeno físico que consiste en la alteración mecánica de las partículas de un medio elástico, producida por un elemento en vibración, que es capaz de provocar una sensación auditiva. Las vibraciones se transmiten en el medio, generalmente el aire, en forma de ondas sonoras, y es percibido por el oído, el cual transporta al cerebro los impulsos neuronales que finalmente generan la sensación sonora. (Segués, 2007)

“En términos cualitativos, el sonido es percibido por el usuario en 4 cualidades básicas, que son la altura, la duración, la intensidad y el timbre. Cada una de estas tiene una correspondencia en aspectos físicos y por otra parte en cómo es interpretado por el usuario.” (Lucic, 2009).

Tabla 1: *Clasificación de zonas para niveles permitidos de ruido*

CUALIDAD	CARACTERÍSTICAS	RANGO
Altura	Frecuencia de onda	Agudo, medio, grave
Duración	Longitud de onda	Largo, corto
Intensidad	Amplitud de onda	Fuerte, débil o suave
Timbre	Armónicos de onda	Fuente emisora de sonido

Nota: Adaptada de El ruido como problema en el aprendizaje (2009), pág. 9.

Cuando un sonido no es deseado o interrumpe con el desarrollo de determinada actividad se denomina ruido, el cual no necesariamente debe ser intenso para percibir los efectos negativos que este puede producir.

2.1.2 Contaminación Sonora

La contaminación sonora es la presencia de ruidos excesivos y ensordecedores en un determinado ambiente, los cuales tienen efectos negativos sobre la salud y el bienestar del ser humano, según informe técnico del Organismo de Evaluación y Fiscalización ambiental (OEFA) (2016).

Las principales fuentes de contaminación acústica en zonas urbanas son las que están relacionadas con las actividades humanas comunes tales como el transporte, la construcción,

el comercio y el ocio. Es importante señalar que en las áreas destinadas para el aprendizaje: escuelas y universidades, el ruido las afecta directamente dado que el medio de comunicación oral forma parte importante de la enseñanza diaria.

2.1.3 Parámetros para la medición del ruido

2.1.3.1 *Decibelio*

Unidad utilizada para indicar el nivel de intensidad sonora.

2.1.3.2 *Decibelio A*

Unidad de nivel de sonoro medio. El oído humano tiende a percibir las frecuencias medias del sonido, para obtener el dBA se descartan las bajas y altas frecuencias, de esta forma se filtran las frecuencias medias las cuales podrían afectar negativamente al oído (ANSI-ASA S12.60, 2010).

2.1.3.3 *Reverberación*

Es la reflexión de las ondas de sonido de la fuente, la cual genera una persistencia del sonido en un ambiente determinado (ANSI-ASA S12.60, 2010).

2.1.3.4 *Tiempo de reverberación*

Es el tiempo transcurrido hasta el decaimiento del sonido a una intensidad de 60 dB. Si el tiempo de reverberación es prolongado, el sonido tendrá una tasa de decaimiento lenta, por lo que las ondas de sonido tenderán a solaparse, lo cual afectaría la escucha y comprensión del hablante (ANSI-ASA S12.60, 2010).

2.2 Contaminación sonora en instituciones educativas

2.2.1 Fuentes del ruido

2.2.1.1 *Ruido externo y vibración*

El ruido externo está constituido por todas aquellas fuentes sonoras que no provienen de dentro del centro educativo. La más común es producida por el tráfico vehicular en calles o carreteras aledañas y el tráfico de ferrocarriles cercanos. Cada uno de estos debe ser evaluado individualmente debido a sus características distintivas. Por un lado, el tráfico vehicular varía

dependiendo del flujo de vehículos, el porcentaje de vehículos de carga pesada, el ancho de la vía (número de carriles), la velocidad promedio y el camino de propagación del ruido. Por otro lado, el ruido proveniente del tráfico de ferrocarriles depende del tipo de tren, su velocidad, tipo de carril y el camino de propagación del ruido (Institute of Acoustics, 2015).

Además, otra fuente importante de ruido menos común será el tráfico aéreo. Esto dependerá considerablemente de la localización del centro educativo con respecto a aeropuertos o helipuertos cercanos.

Una consideración importante del ruido proveniente de vehículos de carga pesada, ferrocarriles o tráfico aéreo es que pueden causar vibraciones dentro de la edificación. Estas vibraciones pueden ser re-irradiadas como sonido a pesar de que las mismas vibraciones no sean perceptibles (Institute of Acoustics, 2015).

Finalmente, una fuente de ruido externa considerable es el ruido proveniente de fenómenos climáticos como lluvias o tormentas. Evidentemente, la región donde se encuentre el centro educativo y el tipo de techo de la edificación serán los mayores factores para considerar en este caso.

2.2.1.2 Ruido interno

El ruido interno del centro educativo será aquel ruido provocado por los mismos estudiantes y equipamiento dentro de la escuela.

Una fuente importante de ello es el ruido del equipamiento mecánico utilizado en el centro educativo. Por ejemplo, sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) son equipamientos comúnmente utilizados en escuelas que pueden llegar a causar importantes niveles sonoros (Sala & Rantala, 2016). Similarmente, el uso de ventiladores en centros educativos de menores recursos puede ser perjudicial incluso en una peor manera. Otras fuentes de ruido comunes en esta categoría son sistemas de plomería ruidosos lo cual se puede deber a fallas o un mal diseño.

Similarmente, el equipamiento instruccional electrónico como computadoras, impresoras, proyectores, pizarras digitales y equipos audiovisuales pueden ser fuentes de ruido molestas de estar mal ubicados dentro del aula (Sala & Rantala, 2016).

Además, una de las fuentes más comunes e importantes de ruido en las aulas será de espacios adyacentes. Esto consiste en una gran gama de posibles ruidos provenientes de patios de recreo, aulas de teatro/música, gimnasios, corredores y aulas cercanas si es que no existe el aislamiento sonoro adecuado. El movimiento de carpetas, sillas y otros muebles puede incrementar los niveles de ruido considerablemente de no existir materiales adecuados para el piso de las aulas (Acoustical Society of America, 2010).

2.2.2 Efectos sobre el alumno

La correcta percepción del habla es parte fundamental para un desarrollo exitoso de las actividades de aprendizaje al permitir un entendimiento integral del docente. Sin embargo, esta puede ser directamente afectada por la acústica del aula y el ruido disruptivo.

Una pobre percepción del habla no solo afecta la inteligibilidad de la comunicación sino también puede repercutir directamente en las funciones cognitivas del alumno. Éste se ve en la necesidad de realizar un mayor esfuerzo para escuchar correctamente lo que a su vez requiere de un mayor esfuerzo cognitivo (Gheller et al., 2020).

Similarmente, la presencia de ruido también tiene un efecto directo en las funciones cognitivas de los alumnos, siendo las más vulnerables la atención, aprendizaje de lenguaje, rendimiento matemático y memoria (Sala & Rantala, 2016).

Gheller et al. (2020) nos explica por qué esto es especialmente importante en niños. En este caso, sus sistemas auditivos y procesos fonológicos no están desarrollados por completo y dificulta su habilidad para comprender habla acústicamente degradada y poder concentrarse en tareas cognitivas al mismo tiempo. Además, menciona que malas condiciones acústicas pueden afectar seriamente el desarrollo de la lectura.

Estudiantes con déficits de aprendizaje, atención o audición se verán especialmente afectados por estos problemas. Similarmente, alumnos que no están usando su lenguaje materno requerirán una mayor percepción del habla para desarrollar sus actividades y entender satisfactoriamente al docente (Lam et al., 2018).

Por otro lado, Yerko Damián Lucic Oliva en su trabajo “El ruido como problema en el aprendizaje” resalta los siguientes efectos: el deterioro auditivo, lo cual los lleva a escuchar físicamente menos; efectos sobre el sueño, lo cual produce variaciones del periodo REM del

sueño en niños expuestos a ruidos de 95dB; efectos somáticos relacionados con el estrés, el cual se refiere a que el niño puede experimentar un aumento de la presión sanguínea debido a este contaminante; efectos cognitivos, los cuales afectan de forma negativa el aprendizaje del niño. Estos últimos efectos se pueden manifestar de diversas formas: deficiencias en la memoria a corto y largo plazo, disminución del tiempo en el que permanecen concentrados realizando una tarea, dificultad de adquirir habilidades de lectura, disminución de la motivación; además, los elevados niveles de ruido a los que están expuestos, desarrollan su capacidad cognitiva de “apagar” el ruido del ambiente, lo cual es beneficioso para bloquear sonidos molestos, pero también puede provocar que información importante sobre algún tema de clase no sea captada.

2.2.3 Efectos sobre el docente

Mientras peor sean las condiciones acústicas de un aula, los docentes se verán obligados a alzar su voz para ser entendido y poder comunicarse satisfactoriamente. Este fenómeno es conocido como el efecto Lombard y mayormente ocurre de manera inconsciente. (Sala & Rantala, 2016). García C. y Muñoz A., en el 2013, concluyó que el 37.8% de docentes expresa presencia del ruido dentro del aula, situación que les exigía elevar el volumen de la voz para lograr la atención de los estudiantes.

Mantener una voz alta por periodos prolongados de tiempo causan estrés en los órganos vocales y un incremento de fatiga importante. (Tiesler et al., 2015). Esto se puede ver reflejado en un mayor riesgo de trastornos de la voz, los cuales efectivamente son bastante comunes en profesores y ha incrementado considerablemente en las últimas décadas (Sala & Rantala, 2016).

2.3 Reglamentación Peruana: DECRETO SUPREMO N° 085-2003-PCM

La Norma Peruana, aprobada en 2003 mediante DECRETO SUPREMO N° 085-2003-PCM, menciona lo siguiente:

Que todas las personas merecen tener una adecuada calidad de vida y a la vez menciona que es el derecho propio de cada uno. Es deber del Estado preservar, controlar y prevenir cualquier acto que pueda corromper lo antes mencionado. De esta forma dar un mejor desarrollo a la sociedad en la que vivimos. Por tal motivo, menciona en el Artículo 105 de la Ley General de Salud, Ley N° 26842, que la autoridad competente debe implementar medidas y acciones ante cualquier acto que pueda atentar contra la salud de las personas.

El Reglamento zonifica a la población en general, de acuerdo a los niveles permitidos de ruido en cada uno, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2: *Clasificación de zonas para niveles permitidos de ruido*

ZONA	DEFINICIÓN
Zona Comercial	Área autorizada para actividad comercial y presta de servicios.
Zonas Críticas de contaminación sonora	Zonas en donde se permite sobrepasar un 80dBA de ruido.
Zona industrial	Zona autorizada para actividades industriales.
Zonas Mixtas	Zonas donde se puede encontrar varios tipos de zona
Zona de protección especial	Zonas donde se requiere tener especial cuidado con el ruido, se encuentran lugares como centros de salud, centros educativos y orfanatos.
Zona Residencial	Zonas donde hay viviendas , con diferentes niveles concentración de población

Nota: Adaptada del Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido DECRETO SUPREMO N° 085-2003-PCM (2003), pág. 4.

Los estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido han establecido niveles de ruido permisibles para cada una de estas zonas, además mencionan especificaciones de cómo aplicarlas. A continuación, se muestra en la siguiente los valores permisibles:

Tabla 3: Niveles de ruido permitido según la zona

ZONAS DE APLICACIÓN	VALORES PERMISIBLES EN DB	
	HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO
Zona Comercial	70	60
Zona industrial	80	70
Zona de protección especial	50	40
Zona Residencial	60	50

Nota: Tomada del Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido DECRETO SUPREMO N° 085-2003-PCM (2003), pág. 11, Anexo N°1.

Para el caso de zonas mixtas se tiene que “Donde exista zona mixta Residencial - Comercial, se aplicará el ECA de zona residencial; donde exista zona mixta Comercial - Industrial, se aplicará el ECA de zona comercial; donde exista zona mixta Industrial - Residencial, se aplicará el ECA de zona Residencial; y donde exista zona mixta que involucre zona Residencial - Comercial - Industrial se aplicará el ECA de zona Residencial” (DS N° 085-2003-PCM, pág. 4).

Para el caso de zonas de protección especial, es deber de las autoridades competentes poder ubicar estas zonas y tener especial cuidado.

Para todo el Perú rige que las autoridades que deben hacerse cargo de verificar y aplicar las Normas para poder prevenir y controlar que se cumplan los estándares establecidos son las Municipalidades Provinciales y Distritales. Se deberá implementar un plan de acción para controlar y prevenir la contaminación sonora. Este plan deberá ser aprobado por el CONAM.

2.4 Reglamentación Argentina: Ley 1540

La ley encargada de regular la contaminación acústica en Argentina es la Ley 1540, la cual tiene el objeto de prevenir, controlar y corregir, la contaminación acústica que afecta tanto a la salud de las personas como al ambiente, protegiendolos contra ruidos y vibraciones provenientes de fuentes fijas y móviles. Cabe resaltar que esta nación no posee un reglamento específico para la evaluación y regulación de la contaminación sonora en centros educativos.

En ella se hace una diferenciación de áreas según su sensibilidad acústica, planteándose así cinco áreas distintas: tipo I, tipo II, tipo III, tipo IV y tipo V. Los centros educativos, junto a otros centros como hospitales y áreas naturales protegidas, son áreas de tipo I, es decir que son áreas de alta sensibilidad acústica. En este tipo de zonas el valor máximo permisible de ruido es de 60dBA durante el horario diurno.

Además, esta Norma exige el registro de actividades potencialmente contaminantes por ruido o vibraciones, especialmente en áreas de mayor sensibilidad acústica. Para realizar este registro será necesaria la presentación, con carácter de Declaración Jurada, de un Informe de Evaluación de Impacto Acústico de la actividad sobre el ambiente.

En caso de que algunas de las actividades registradas no cumplan con los valores máximos permisibles establecidos en esta ley será necesario el uso de medidas correctoras, las cuales se establecerán otorgando prioridad al control de ruido en la fuente o en su propagación.

Un punto importante de la norma es que se exige realizar mapas de ruido cada cinco años, especialmente en aquellas áreas particularmente ruidosas como áreas industriales o avenidas principales, y en aquellas zonas de mayor sensibilidad acústica, como es el caso de los centros educativos.

Como último punto a resaltar son las restricciones impuestas a los vehículos motorizados, lo cual beneficia a gran medida a aquellas instituciones educativas que colindan con alguna avenida o calle principal. La Norma indica que todo vehículo de tracción mecánica deberá tener en buenas condiciones de funcionamiento los elementos capaces de producir ruidos, con la finalidad de que el nivel sonoro emitido por el vehículo en su situación más desfavorable de marcha no exceda los valores límite de emisiones establecidos en la Reglamentación. Con el fin de que esta disposición sea cumplida la Ley indica además que los vehículos motorizados deben ser sometidos a una revisión periódica a fin del control de emisión de ruido y vibraciones propias del vehículo. Además, La Autoridad de Aplicación debe realizar controles técnicos aleatorios sobre las fuentes móviles libradas al tránsito, en cualquier punto de su recorrido, sobre emisión de ruidos.

2.5 Reglamentación Estadounidense: ANSI/ASA S12.60-2010/Part 1 American National Standard Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools, Part 1: Permanent Schools

El fin de esta norma es presentar criterios de rendimiento y consideraciones de diseño acústicos para aulas, espacios de aprendizaje y áreas auxiliares (cafeterías, gimnasios y pasillos). Es importante dar a conocer que la norma asevera que los diseñadores -arquitectos y mecánicos- son responsables de proporcionar condiciones acústicas óptimas para dichos espacios con el objetivo de no afectar la comunicación oral durante el proceso de aprendizaje. Los criterios utilizados son el ruido de fondo, el tiempo de reverberación y el índice de transmisión de sonido.

Ruido de fondo: Este criterio es utilizado dado que el exceso de ruido de fondo puede degradar la capacidad de comunicación oral. Está constituido por la transmisión del sonido exterior, el ruido de los sistemas del edificio y la intrusión de sonidos de espacios adyacentes.

Para los espacios de aprendizajes con volúmenes iguales o menores a 283 metros cúbicos, los niveles de ruido de fondo de una hora en estado constante no deben ser mayores a 35 dB; mientras que para los espacios de aprendizaje mayores a 283 metros cúbicos o áreas auxiliares los niveles de ruido de fondo de una hora en estado constante no deben ser mayores a 40 dB.

Tiempo de reverberación: Este criterio es utilizado dado que un tiempo de reverberación prolongado causará una acumulación de ruido en el espacio analizado y afectará la perceptibilidad del habla del emisor.

Para los espacios de aprendizajes con volúmenes iguales o menores a 283 metros cúbicos, el tiempo de reverberación máximo permitido no debe exceder los 0,6 segundos; mientras que para los espacios de aprendizaje mayores a 283 metros cúbicos y menores a 566 metros cúbicos el tiempo de reverberación máximo permitido no debe exceder los 0,7 segundos.

Clase de transmisión de sonido: Este criterio es utilizado para definir el nivel de afectación de ruido que puede generar un espacio adyacente, lo cual puede degradar la facultad de

escuchar y entender el habla del emisor: Asimismo, es importante mencionar este criterio también depende de los materiales y métodos utilizados en la construcción del espacio.

Las clases de transmisión de sonido más usuales en colegios son los siguientes:

- STC-45: espacio adyacente es un pasillo, una escalera, una oficina o una sala de conferencias.
- STC-50: espacio adyacente es otro espacio de aprendizaje, centro de salud o aire libre.
- STC-53: espacio adyacente es un baño
- STC-60: espacio adyacente es una sala de música, sala de equipos mecánicos, cafetería, gimnasio o piscina cubierta.

2.6 Reglamentación Neozelandesa: Designing Quality Learning Spaces – Acoustics Version 2.0 (2016)

El Ministerio de Educación de Nueva Zelanda establece sus recomendaciones y estándares acústicos para escuelas en una serie de documentos llamado “Designing Quality Learning Spaces” (DQLS) del año 2016.

Los requerimientos obligatorios que establece la norma abarca cinco áreas. La primera de éstas es la del tiempo de reverberación para cada tipo de aula que varía entre 0.4-1.6s. La segunda área es el nivel de sonido ambiental específico a cada tipo de espacio de aprendizaje, el cual típicamente está entre 25-45 dB. La tercera área corresponde a las cualidades mínimas de aislamiento sonoro de paredes, techos y pisos entre ambientes. Esto se mide a través de los niveles de clasificación de transmisión de sonido (Sound Transmission Class - STC) y un rating de IIC (Impact Insulation Class). El cuarto requerimiento obligatorio es que los techos deberán estar completamente cubiertos por materiales con un Coeficiente de Reducción de Ruido (Noise Reduction Coefficient - NRC) no menor a 0.85. La última área con requerimientos obligatorios serán las consideraciones específicas que tienen los espacios usados para tecnología.

La DQLS toma un enfoque holístico e integral al diseño de aulas, teniendo en cuenta como la variación de un aspecto de diseño puede impactar a otro. A pesar de que todos los aspectos del diseño deben ser optimizados se toma la siguiente jerarquía de importancia:

Usabilidad del espacio > Acústica > Ventilación > Iluminación > Calefacción/Enfriamiento

Además de los requerimientos obligatorios, la DQLS presenta una gran variedad de recomendaciones y pautas para lograr dichos estándares a través de un diseño adecuado y buena elección de materiales para absorción y bloqueo de ruidos.

2.7 Situación actual de centros educativos en el Perú

A continuación, presentamos un resumen de casos de estudio del desempeño acústico en aulas de distintas partes del Perú.

Tabla 4: *Casos de estudio de niveles de sonido en aulas del Perú*

Ubicación	Referencia	Colegio / Tipo de aula	Medición de sonido interior (dBA)	Medición de sonido exterior (dBA)	RT (s)
Iquitos	Santisteban (2013)	Colegio Cesar Vallejo / 2 aulas: 1 primaria y 1 secundaria	82.52	76.9	
Iquitos	Santisteban (2013)	Colegio Rosa Agustina Donayre: 2 aulas de secundaria	72.14	78.46	
Iquitos	Santisteban (2013)	Colegio Nuestra Señora de Fátima: 2 aulas de secundaria	72.01	74.94	
Iquitos	Santisteban (2013)	Colegio Sagrado Corazón: 2 aulas de secundaria	77.54	81.04	
Iquitos	Santisteban (2013)	Colegio Nuestra Señora de la Salud: 2 aulas de secundaria	72.05	77.38	
Lima	Baca & Seminario (2012)	CEPREPUCP: Aula para 50 personas con ventanas abierta		70 - 80	1.15 - 1.99
Lima	Guzmán et al. (2014)	IE PNP Precursores de la Independencia / 74 aulas: 43 secundaria y 31 primaria	60.5 - 69.9	65.3 - 64.3	
Tacna	Mamani & Mendoza (2020)	IE Jorge Martorell	57,18		
Tacna	Mamani & Mendoza (2020)	IE José Rosa Ara	55,98		
Tacna	Mamani & Mendoza (2020)	IE San Ignacio de Loyola	64,51		
Tacna	Mamani & Mendoza (2020)	IE Carlos Armando Laura	61,19		
Tacna	Mamani & Mendoza (2020)	IE Mercedes Indacochea	69,25		

3. Comparación de Normativas Extranjeras con la Peruana

3.1 Comparación de parámetros utilizados

Tabla 5: Comparación de criterios empleados por cada norma

Parámetros Normas	dBA	Tiempo de reverberación	Clase de transmisión de sonido (STC)	Impact Insulation Class (IIC)	Coefficiente de Reducción de Ruido (NRC)	Outdoor-to-Indoor transmission class (OITC)	Noise Criterion (NC)
Norma Peruana	X						
Norma Argentina	X						
Norma Estadounidense	X	X	X	X	X	X	
Norma Neozelandesa	X	X	X	X	X		X

Las normas sudamericanas evidencian un alcance mucho menor al de las normas de Estados Unidos y Nueva Zelanda considerando únicamente el parámetro de dBA a pesar de la importancia del tiempo de reverberación. Éste es una de las principales barreras acústicas que alteran la percepción del habla en las aulas y es un factor esencial que se debe controlar para satisfacer la calidad acústica esperada en un aula (Abraham & Ravishankar, 2020). Asimismo, Hodgson & Nosal (2002) indican que el tiempo de reverberación es inversamente proporcional a la inteligibilidad del habla. Por ello, obviar este factor podría resultar en aulas que a pesar de cumplir con los niveles de sonido permisibles podrían de igual manera tener un pobre desempeño acústico.

La norma estadounidense y neozelandesa también toman en cuenta un criterio denominado como la Clase de Transmisión de Sonido o STC por sus siglas en inglés. Este factor es un rating del material de construcción de las paredes del aula que toma en cuenta la habilidad del material para aislar el sonido (Acoustical Society of America, 2010). Ambas normas brindan ratings mínimos de STC dependiendo del tipo de aula evaluada y el tipo de aula que se encuentre adyacente.

El IIC es otro criterio obligatorio utilizado por las normas de EE. UU y Nueva Zelanda que no es tomado en cuenta en la norma peruana. Este criterio es un rating de la habilidad que

tiene un material para prevenir que vibraciones (como pasos o caída de objetos) se transmitan a través de un piso a otro (New Zealand Ministry of Education, 2016). Similarmente, se evalúa en ambas el Coeficiente de Reducción de Ruido (NRC), el cual es un rating de la capacidad de absorción de sonido de un material (New Zealand Ministry of Education, 2016). Se puede evidenciar como ambas normas toman especial importancia en las propiedades de los materiales que componen el aula y no únicamente en criterios de sonido como es el caso de la norma peruana.

3.2 Comparación de límites permisibles

El criterio que se tomará en cuenta para esta comparación serán los dBA máximos permisibles por cada norma, dado que es el único criterio en común para todas.

Tabla 6: Comparación de valores de nivel sonoro entre normas

Normas	Ambiente	dBA	Diferencia con Norma Peruana
Norma Peruana	Aula General	50	0
Organización Mundial de la Salud	Aula General	35	-15
Norma Argentina	Aula General	60	10
	Espacio de aprendizaje básico (≤ 283 m ³)	35	-15
	Espacio de aprendizaje básico (> 283 m ³ and ≤ 566 m ³)	35	-15
Norma Estadounidense	Espacio de aprendizaje básico (>566 m ³)	40	-10
	Espacio de aprendizaje auxiliar (cualquier volumen)	40	-10
	Aula común	45	-5
	Espacio de Música	35	-15
Norma Neozelandesa	Espacio de Tecnología	45	-5
	Librería	45	-5
	Coliseos	40	-10

En primer lugar, se debe notar nuevamente la diferencia de alcance entre las normas sudamericanas y las de EE. UU y Nueva Zelanda. Los valores máximos en estas últimas no son constantes para todo el centro educativo sino varían dependiendo del tipo o volumen de ambiente. Esto es importante dado que no todos los espacios tienen la misma finalidad o tamaño y sus necesidades de aislamiento sonoro serán por lo tanto distintas. Utilizar un mismo valor para todos los ambientes independientemente del uso que tengan puede resultar en un diseño acústico exagerado para algunos espacios donde no sea necesario.

En segundo lugar, se evidencia que a pesar de que la norma peruana sea más estricta que la de Argentina por 10 dBA, las normas de EE. UU y Nueva Zelanda son más conservadoras en todos los casos. Éstas presentan valores máximos permisibles con diferencias de hasta 15 dBA en ciertos tipos de espacios, significando una reducción de hasta 30% con respecto a la norma peruana.

A pesar de la alta tolerancia de niveles sonoros de la norma peruana, se puede ver en diversos estudios que las aulas en Perú no son capaces de satisfacer estos estándares en ningún caso. Algunas de las aulas de los casos de estudio analizados llegan hasta 82.52 dBA, superando en 32 dBA el valor estipulado por la norma y casi en 50 dBA el valor recomendado por las otras normas estudiadas, evidenciando el pobre diseño acústico de los centros educativos en el Perú.

4. Conclusiones y Recomendaciones

En conclusión, la norma peruana presenta un alcance muy limitado en comparación a las normas de EE. UU y Nueva Zelanda ya que regula los centros educativos únicamente a través del criterio del nivel sonoro máximo (dBA). Este enfoque ignora criterios que son igual de importantes para el desempeño acústico de un aula como el tiempo de reverberación y la clase de transmisión de sonido (STC). Asimismo, omite criterios relacionados con las propiedades sonoras de los materiales del aula como el Impact Insulation Class (IIC) y el Coeficiente de Reducción de Ruido (NCR). Esto puede resultar en aulas que, a pesar de cumplir con los niveles sonoros, tengan un pobre desempeño acústico que afecte directamente el aprendizaje de los alumnos al limitar la inteligibilidad del habla e inhibir varios aspectos de su habilidad cognitiva, especialmente en niños. Similarmente, los docentes se pueden ver afectados fisiológicamente al verse obligados a mantener elevados tonos de voz por periodos prolongados de tiempo. Además, la norma peruana, a pesar de ser más conservadora que la de Argentina, presenta valores máximos de nivel sonoro substancialmente mayores a aquellos de EE. UU y Nueva Zelanda por hasta 15 dBA.

La diferencia en el alcance y detalle de las normas también se evidencia en el hecho de que estos países cuentan con normas específicamente hechas para aulas de centros educativos donde adicionalmente a los estándares mínimos aportan distintas recomendaciones y metodologías para su correcto diseño acústico. En cambio, en el Perú se emplea una norma general donde únicamente se determina los niveles sonoros máximos dependiendo del tipo de zona.

El diseño acústico de un aula no podrá depender únicamente del nivel sonoro máximo sino se debe implementar una regulación integral de distintos criterios que juntos permitirán un satisfactorio desempeño acústico. Es por ello, que en el caso de Perú se necesita la implementación de una norma específicamente para aulas con un alcance adecuado e integral donde se tomen en cuenta todos los criterios mencionados anteriormente. Esta necesidad se enfatiza a través de los casos de estudio encontrados en la literatura donde se evidencia el pobre diseño acústico de aulas en distintas zonas del Perú que no son capaces ni de satisfacer los poco estrictos niveles sonoros dispuestos por la norma peruana. Es por ello, que también se recomienda establecer mejores medidas de control para verificar el cumplimiento de los estándares mínimos de la norma ya que, como se ha evidenciado en esta investigación, las

consecuencias para los alumnos y docentes pueden llegar a ser de gran importancia. Finalmente, se recomienda aplicar medidas correctivas en los centros educativos más vulnerables, tales como reemplazar todo mobiliario metálico, colocar protectores en las sillas y escritorios, utilizar puertas y ventanas acústicas, entre otras. La viabilidad y eficacia de implementar distintos tipos de medidas correctivas en aulas del Perú deberá ser materia de estudio de una futura investigación.



5. Referencias

- Abraham, A. K., & Ravishankar, M. S. (2020). A case study of acoustic intervention in classrooms. *Building Acoustics*. <https://doi.org/10.1177/1351010X20975765>
- Acoustical Society of America. (2010). Classroom Acoustics for Architects. In *The Journal of the Acoustical Society of America*.
- ANSI/ASA (2010), S12.60-2010/ Part 1 American National Standard Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools, Part 1: Permanent Schools.
- Baca Berrío, W., & Seminario Castro, S. (2012). Evaluación de impacto sonoro en la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cristiani, H. (2002). El ruido en las aulas afecta la audición y el rendimiento escolar.
- Gainza Brandariz, M. D. C. (2018). Los problemas de voz en maestros como enfermedad laboral: creación de un cuestionario de screening precoz para médicos de atención primaria.
- García, C. M., & Muñoz, A. I. (2013). Salud y trabajo de docentes de instituciones educativas distritales de la localidad uno de Bogotá. *Avances en enfermería*, 31(2), 30-42.
- Gheller, F., Lovo, E., Arsie, A., & Bovo, R. (2020). Classroom acoustics: Listening problems in children. *Building Acoustics*, 27(1), 47–59. <https://doi.org/10.1177/1351010X19886035>
- Gúzman, M., Flores, J. W. V., & Vargas, J. J. Q. (2015). Evaluación del impacto sonoro para mitigar la contaminación sonora en una Institución Educativa, Lima. *UCV-SCIENTIA*, 7(1), 19-26.
- Hodgson, M., & Nosal, E. M. (2002). Effect of noise and occupancy on optimal reverberation times for speech intelligibility in classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 111(2), 931-939.
- Iglehart, F. (2020). Speech Perception in Classroom Acoustics by Children With Hearing Loss and Wearing Hearing Aids. *American Journal of Audiology*, 29(1), 6-17.
- Institute of Acoustics. (2015). *Acoustics of Schools: a design guide* (Vol. 93, Issue November, 2015).
- Lam, A., Hodgson, M., Prodi, N., & Visentin, C. (2018). Effects of classroom acoustics on speech intelligibility and response time: A comparison between native and non-native listeners. *Building Acoustics*, 25(1), 35–42. <https://doi.org/10.1177/1351010X18758477>
- Ley N°1540. Boletín oficial República Argentina, Buenos Aires, Argentina, 02 de diciembre del 2004.

- López Rivera, A. (2009). Intensidad de Ruido a la que se Exponen los Maestros en una Escuela Superior de la Región Central de Puerto Rico y su Percepción al Respetto.
- Lucic, Y. (2009). El ruido como problema en el aprendizaje. *Memoria para optar al Título de diseñador industrial. Santiago de Chile.*
- Mamani, A. & Mendoza, M. (2020). Contaminación acústica y su percepción ambiental en la comunidad educativa del cercado de Tacna, 2019. *INGENIERÍA INVESTIGA*, 2(01), 254-264.
- Mealings, K. (2016). Classroom acoustic conditions: Understanding what is suitable through a review of national and international standards, recommendations, and live classroom measurements.
- Sala, E., & Rantala, L. (2016). Acoustics and activity noise in school classrooms in Finland. *Applied Acoustics*, 114(January), 252–259.
<https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.08.009>
- Segués, F. (2007). Conceptos básicos de ruido ambiental.
- Taboada, D. B. (2007). Efectos del Ruido sobre la Salud. *Documento: http://www.juristasruidos.org/Documentacion/Ruido_y_Salud.pdf*.
- Tiesler, G., Machner, R., & Brokmann, H. (2015). Classroom acoustics and impact on health and social behaviour. *Energy Procedia*, 78, 3108–3113.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.765>