

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**“ATENUACIÓN DE NIVEL DE RUIDO A TRAVÉS DE  
BARRERAS ACÚSTICAS DE PANCA DE MAÍZ EN EL COLEGIO  
CARLOS ARMANDO LAURA, TACNA, 2022”**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. RAFAEL ALEJANDRO PUMA CONDORI**

**TACNA – PERÚ**

**2022**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**“ATENUACIÓN DE NIVEL DE RUIDO A TRAVÉS DE  
BARRERAS ACÚSTICAS DE PANCA DE MAÍZ EN EL COLEGIO  
CARLOS ARMANDO LAURA, TACNA, 2022”**

Tesis sustentada y aprobada el 28 de diciembre de 2022; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE : Dr. NORIBAL JORGE ZEGARRA ALVARADO**

**SECRETARIA : Mtra. MILAGROS HERRERA REJAS**

**VOCAL : M Sc. ALBERTO CARMELO CONDORI GAMARRA**

**ASESOR : M Sc. MARISOL MENDOZA AQUINO**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Rafael Alejandro Puma Condori, en calidad de bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 71540363

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis/trabajo de investigación titulada: "*Atenuación de nivel de ruido a través de barreras acústicas de panca de maíz en el colegio Carlos Armando Laura, Tacna, 2022*" la misma que presento para optar el *Título Profesional de Ingeniero Ambiental*
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, habiéndose respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico o título profesional
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a *La Universidad* cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis/trabajo de investigación, así como por los derechos sobre la obra.

En consecuencia, me hago responsable, frente a *La Universidad* y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la obra haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 28 de diciembre de 2022



Rafael Alejandro Puma Condori  
DNI: 71540363

## **DEDICATORIA**

A mi padre José Puma y a mi madre Elia Condori, mis dos grandes pilares de mi vida, aquellas personas que siempre ha estado en los buenos y malos momentos, demostrando incondicionalmente su apoyo a lo largo de la formación académica y de diferentes indoles en mi vida, los amo demasiado.

A mi hermano Geancarlo, tía Edda y prima Susan, por impulsarme a seguir adelante y por sus buenos consejos.

Bach. Rafael Alejandro Puma Condori

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por permitirme en llegar tan lejos y haber logrado este momento tan especial para mí, en la etapa de la culminación de mi carrera.

A mis padres, por su constante apoyo permanente y absoluto y por seguir motivándome en cumplir muchas metas propuestas.

A mis docentes por haberme formado académicamente e inculcarme de muchos conocimientos para ser un buen profesional.

A mi asesora M Sc. Marisol Mendoza Aquino por su apoyo constante y sus observaciones de suma importancia para el desarrollo de tesis.

Al director del Colegio Carlos Armando Laura, Juan Zapata, por haberme permitido el ingreso a la biblioteca para poder aplicar la parte experimental de la tesis en la dicha zona de estudio.

A las personas que me colaboraron en realizar el picado de las pancas en trocitos.

Bach. Rafael Alejandro Puma Condori

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS .....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XII
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT .....	XIV
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Descripción del problema .....	2
1.2. Formulación del problema .....	4
1.2.1. Problema general .....	4
1.2.2. Problemas específicos.....	4
1.3. Justificación e Importancia .....	4
1.3.1. Justificación Social .....	5
1.3.2. Justificación Económica.....	6
1.3.3. Justificación Ambiental .....	6
1.4. Objetivos .....	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos .....	6
1.5. Hipótesis.....	7
1.5.1. Hipótesis General .....	7
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	8
2.1. Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1. Ámbito Internacional .....	8
2.1.2. Ámbito Nacional.....	9
2.2. Bases Teóricas .....	12
2.2.1. Características de las placas y barreras acústicas.....	12

2.2.1.1. Barreras acústicas .....	12
2.2.1.2. Descripción de las barreras acústicas .....	12
2.2.1.3. Absorbentes acústicos .....	13
2.2.1.4. Atenuación acústica .....	14
2.2.1.5. Contaminación acústica .....	14
2.2.1.6. Fuentes de eficacia acústica .....	14
2.2.2. Descripción del material de estudios.....	15
2.2.2.1. Maíz.....	15
2.2.2.2. Panca de maíz.....	15
2.2.2.3. Tecnopor.....	15
2.2.2.4. Triplay.....	16
2.2.3.1. El ruido .....	16
2.2.3.2. Tipos de ruido .....	16
2.2.3.3. Clasificación de fuentes sonoras de vehículos.....	17
2.2.3.4. Efectos del ruido sobre el rendimiento de las personas .....	17
2.2.3.5. Posibles consecuencias de la contaminación sonora.....	18
2.2.3.6. Sonómetro .....	18
2.2.3.7. Medición de ruido ambiental .....	19
2.2.3.8. Nivel de presión sonora continuo equivalente .....	20
2.2.3.10. Protocolo nacional de monitoreo de ruido ambiental.....	21
2.2.3.11. Estándares de calidad ambiental .....	22
2.3. Definición de términos .....	22
2.3.1. Acústica.....	22
2.3.2. Barreras Acústicas.....	22
2.3.3. Contaminación sonora .....	23
2.3.4. Decibel A (dBA) .....	23
2.3.5. Fuente Emisora de ruido.....	23
2.3.6. Monitoreo.....	23
2.3.7. Nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A (LAeqT)23	
2.3.8. Panca de maíz.....	23
2.3.9. Ruido ambiental.....	23
2.3.10. Sonómetro .....	23
2.3.11. Zona de protección especial .....	24
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....	25
3.1. Diseño de la investigación .....	25
3.2. Acciones y actividades .....	25

3.3. Materiales y/o instrumentos .....	27
3.3.1. Materiales .....	27
3.3.2. Instrumentos .....	28
3.4. Población y muestra de estudio .....	28
3.5. Operacionalización de variables .....	31
3.6. Procesamiento y análisis de datos.....	31
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
4.1. Ubicación de área de estudio de monitoreo de ruido en el colegio Carlos Armando Laura.....	34
4.1.1. Ubicación de puntos de monitoreo de ruido externo e interno en colegio Carlos Armando Laura de las tres pruebas experimentales.....	34
4.1.2. Resultados de los puntos de monitoreo de ruido de la prueba 0 - sin barrera acústica, al interior y exterior del colegio Carlos Armando Laura.....	35
4.1.3. Resultados de los puntos de monitoreo de ruido de la prueba 1 - con barrera acústica 100% panca de maíz, al interior y exterior del colegio Carlos Armando Laura .....	36
4.1.4. Resultados de los puntos de monitoreo de ruido de la prueba 1 - con barrera acústica 50 % panca de maíz y 50 % tecnopor, al interior y exterior del colegio Carlos Armando Laura.....	37
4.1.5. Influencia del tráfico vehicular en inmediaciones de la I.E. Carlos Armando Laura del cercado de Tacna .....	38
4.2. Diseño y construcción de las barreras acústicas a base de panca de maíz.....	39
4.2.1. Visita in situ al interior de la biblioteca del colegio Carlos Armando Laura	39
4.2.3. Simulación de una placa acústica de dimensión de 67 cm x 48 cm .....	39
4.2.4. Diseño de las barreras acústicas .....	41
4.2.5. Construcción de las barreras acústicas .....	42
4.2.6 Recolección de panca de maíz .....	42
4.2.7 Picado de panca de maíz húmedos en trozos .....	43
4.2.8 Secado de panca de maíz ya trozadas .....	43
4.2.9. Acopio de tecnopor en los centros comerciales de Av. Coronel Mendoza	44
4.2.10 Picado del tecnopor recogido.....	44
4.2.11. Proceso de acondicionamiento de barrera acústica en base a panca de maíz .....	45
4.2.12. Empotramiento de las barreras acústicas a las ventanas .....	45
4.2.13. Relleno de panca seca y tecnopor trozados hacia las barreras acústicas. ....	46

4.3. Determinar la atenuación de los niveles de presión sonora de las barreras acústicas de panca de maíz y tecnopor en el colegio Carlos Armando Laura, 2022 .....	46
4.3.1. Resultados resumen de los promedios de los niveles de presión sonora del PMEVI-01 y PMEVI-02 al exterior del colegio Carlos Armando Laura de la prueba 0 sin barreras acústicas, prueba 1 con barreras acústicas 100 % panca de maíz y prueba 2 con barreras acústicas 50 % panca y 50 % tecnopor.....	46
4.3.2. Resultados resumen de los promedios de los niveles de presión sonora del PMIB-03 al interior de la biblioteca del colegio Carlos Armando Laura de la prueba 0 sin barreras acústicas, prueba 1 con barreras acústicas 100 % panca de maíz y prueba 2 con barreras acústicas 50 % panca y 50 % tecnopor.....	47
4.3.3. Resultados en la atenuación de los niveles de presión sonora del PMIB-03 al interior de la biblioteca del colegio Carlos Armando Laura de la prueba 0 sin barreras acústicas con la prueba 1 con barreras acústicas 100% panca de maíz .....	48
En la tabla 11 se aprecia los niveles de presión sonora atenuado restando la prueba 0 – in barreras acústicas con la prueba 1 – con barreras acústicas 100% panca. ....	48
4.3.4. Resultados en la atenuación de los niveles de presión sonora del PMIB-03 al interior de la biblioteca del colegio Carlos Armando Laura de la prueba 0 sin barreras acústicas con la prueba 2 con barreras acústicas 50 % panca y 50 % tecnopor .....	49
En la tabla 12 se aprecia los niveles de presión sonora atenuado restando la prueba 0 – in barreras acústicas con la prueba 2 – con barreras acústicas 50% panca y 50 % tecnoopor. ....	49
4.3.5 Resultados de la eficacia en la atenuación de los niveles de presión sonora de la prueba 1 con barreras acústicas 100 % panca y de la prueba 2 con barreras acústicas de 50 % panca y 50 % de tecnopor .....	50
4.4. Contraste de la hipótesis .....	50
4.4.1. Hipótesis general.....	50
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN .....	54
CONCLUSIONES .....	57
RECOMENDACIONES .....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	60
ANEXO .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estándares nacionales de calidad ambiental para ruido (laeqt) .....	22
Tabla 2. Especificaciones de los materiales .....	27
Tabla 3. Especificaciones de los instrumentos .....	28
Tabla 4. Periodos de monitoreo en las tres pruebas experimentales en el exterior e interior del colegio.....	29
Tabla 5. Horarios de clases y de receso de los alumnos del nivel primario y secundaria.....	30
Tabla 6. Puntos de monitoreo de la zona de protección especial del exterior e interior del colegio .....	30
Tabla 7. Operacionalización de variables de investigación .....	31
Tabla 8. Escalamiento de cantidad de masa de panca de maíz por placa acústica, por barrera acústica y por las tres barreras acústicas.....	40
Tabla 9. Escalamiento de cantidad de masa de tecnopor por placa acústica, por barrera acústica y por las tres barreras acústicas.....	41
Tabla 10. Fecha, peso y costo de la panca de maíz húmeda .....	43
Tabla 11. Atenuación de los niveles de presión sonora con barreras acústicas 100% panca .....	49
Tabla 12. Atenuación de los niveles de presión sonora con barreras acústicas 50 % panca y 50 % tecnopor.....	49
Tabla 13. Porcentaje de eficacia en la atenuación de los niveles de presión sonora de la prueba 1 con barreras acústicas 100 % panca de maíz y prueba 2 con barreras acústicas 50 % panca y 50 % tecnopor .....	50
Tabla 14. Cuadro estadístico de la prueba de normalidad de chapiro wilk para muestras pequeñas .....	51
Tabla 15. Cuadro estadístico de la prueba t de student – parte 1 de las mediciones del ruido externo e interno .....	52
Tabla 16. Cuadro estadístico de la prueba t de student – parte 2 del ruido externo e interno .....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de una barrera acústica .....	12
Figura 2. Esquema de incidencia de una onda acústica sobre un cuerpo de baja densidad.....	13
Figura 3. Esquema de la metodología de investigación.....	25
Figura 4. Plan de desarrollo urbano tacna 2015-2025 .....	34
Figura 5. Ubicación de los puntos de monitoreo de la prueba 0 sin barreras acústicas, prueba 1 con barreras acústicas 100 % panca y prueba 2 con barreras acústicas 50 % panca y 50 % tecnopor.....	35
Figura 6. Niveles de presión sonora obtenido por el sonómetro de PMEVI-01, PMEVI-02 y PMIB - 03 de la prueba 0 sin barreras acústicas. ....	36
Figura 7. Resultados de los niveles de presión sonora de PMEVI-01, PMEVI-02 y PMIB - 03 de la prueba 1 – con barreras acústicas 100 % panca.....	37
Figura 8. Resultados de los niveles de presión sonora de PMEVI-01, PMEVI-02 y PMIB - 03 de la prueba 2 – con barreras acústicas 50 % panca 50 % tecnopor.....	38
Figura 9. Mediciones de las dimensiones de las tres ventanas de la biblioteca .....	39
Figura 10. Prototipo de placa acústica relleno al 100 % panca.....	40
Figura 11. Prototipo de placa acústica relleno al 100 % tecnopor.....	40
Figura 12. Diseño de las barreras acústicas.....	41
Figura 13. Barreras acústicas en plena construcción .....	42
Figura 14. Compra de panca de maíz en el mercado “la agronómica”.....	42
Figura 15. Proceso de picado de panca de maíz húmedos .....	43
Figura 16. Pancas húmedas a secar sobre franelas, dentro de una malla raschel y dentro de canastillas. ....	44
Figura 17. Acopio de tecnopor en calles colindante de la av. Mendoza.....	44
Figura 18. Picado de tecnopor en trozos .....	45
Figura 19. Relleno de panca seca trozadas a las placas acústicas .....	45
Figura 20. Empotramiento de las barreras acústicas.....	46
Figura 21. Relleno de panca seca y tecnopor trozados a las placas acústicas.....	46
Figura 22. Promedio de las tres pruebas experimentales de PMEVI-01 y PMEVI-02.....	47
Figura 23. Promedio de las tres pruebas experimentales de PMIB-03 .....	48

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1: Matriz de consistencia .....	65
Anexo 2: Resolución Ministerial N°227-2013-MINAM.....	66
Anexo 3: Certificado de calibración del Sonómetro .....	67
Anexo 4: Oficio sellado por secretaría del Colegio Carlos Armando Laura .....	75
Anexo 5: Ficha de registro de monitoreo de ruido .....	76
Anexo 6: Registro Fotográfico .....	77
Anexo 7: Mapa de ubicación del Colegio Carlos Armando Lau .....	91
Anexo 8: Resultados del conteo de número de vehículos de los PMEV1-01 y PME-V2-02 de los niveles de presión sonora del exterior del colegio Carlos Armando Laura de la prueba 0 sin barreras acústicas.....	92
Anexo 9: Resultados del conteo de número de vehículos del PMEV1-01 de los niveles de presión sonora del exterior del colegio Carlos Armando Laura de la prueba 1 con barreras acústicas 100 % panca.....	94
Anexo 10: Resultados del conteo de número de vehículos del PMEV1-01 de los niveles de presión sonora del exterior del colegio Carlos Armando Laura de la prueba 2 con barreras acústicas 50% panca y 50% tecnopor .....	96

## RESUMEN

La presente investigación se basó en un estudio experimental en la aplicación del monitoreo de ruido y aislamiento acústico, con el uso de barreras elaboradas de madera moema de 6 cm de ancho y triplay contraplacadas, rellenas con materiales orgánicos e inorgánicos reutilizables, como la panca de maíz picada de naturaleza fibrosa y tecnopor en pequeños trozos, para lograr la atenuación de los niveles de presión sonora dentro de los ambientes de la biblioteca escolar del Colegio “Carlos Armando Laura”; donde se realizó tres pruebas de carácter experimental en el mes de noviembre con ayuda de un sonómetro de clase 1. Se determinó la eficacia de las barreras y se obtuvo como resultados de las tres pruebas experimentales aplicadas, los siguientes valores: En la prueba 0 se logró un valor de 54.1 dB sin el uso de las barreras acústicas, en la prueba 1 se logró un valor de 42 dB aplicando el uso de las barreras acústicas rellenas con 100 % de panca de maíz y obteniéndose la atenuación de los niveles de presión sonora a 12 dB; aplicando la reutilización de tecnopor se realizó la prueba 2 con barreras acústicas con un relleno de 50 % de panca de maíz y un 50 % de tecnopor obteniéndose la atenuación de los niveles de presión sonora a 11 dB, demostrándose la importancia del uso de las barreras acústicas de panca de maíz y alternativamente de tecnopor.

**Palabras clave:** Niveles de presión sonora, atenuación, barreras acústicas, monitoreo, ruido, aislamiento acústico.

## ABSTRACT

The present investigation was based on an experimental study in the application of noise monitoring and acoustic insulation, with the use of barriers made of 6 cm wide Moema wood and plywood plywood, filled with reusable organic and inorganic materials, such as chopped fibrous corn and styrofoam in small pieces, to attenuate sound pressure levels within the environments of the school library of the Carlos Armando Laura College; where three experimental tests were carried out in the month of November with the help of a class 1 sound level meter, the effectiveness of the barriers was increased and the following results of the three applied experimental tests were obtained: In the test values 0 were improve a value of 54.1 dB without the use of acoustic barriers, in test 1 a value of 42 dB will be improved by applying the use of acoustic barriers filled with 100 % corn bread and obtaining the value of the difference of these data of 12 dB, applying the reuse of styrofoam, test 2 was carried out with acoustic barriers with a filling of 50 % corncob and 50 % styrofoam, obtaining an attenuation value of 11 dB, demonstrating the significance in the use of styrofoam. Acoustic barriers of corn kernels and alternatively of styrofoam, in terms of attenuation in sound pressure levels.

**Keywords:** Sound pressure levels, attenuation, acoustic barriers, monitoring, noise, acoustic insulation.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo comercial propio de la ciudad de Tacna trae beneficios económicos a la población y su crecimiento en estos últimos tiempos a superado muchos niveles permitidos por los gobiernos locales y regionales y por ende el flujo de comerciantes y compradores, sumados con el ruido producido por la congestión de automóviles particulares y de servicio, bocinas, parlantes y otros generan ruidos extremadamente molestos atentando contra la salud de las personas, lo que nos lleva a pensar la falta de un desarrollo urbanístico sostenible.

Tomando en cuenta el desarrollo sostenible implica que se tome en cuenta elementos como la reducción del consumo de energía, uso de materiales biodegradables, disponibilidad y ubicación adecuada de centros comerciales, mercados, mercadillos y otros alejados de zonas escolares, hospitales y oficinas, incluir espacios verdes aprovechando la biodiversidad, el control y atenuación de ruido en estos últimos.

Hoy en día existe diversos problemas graves que afectan a la población es la contaminación acústica ya que esta produce deterioro de la salud, la pérdida de la audición, falta de sueño (Insomnio), estrés, mal humor, etc (OEFA 2015).

Tomando en cuenta la importancia de la atenuación del ruido motivo de esta tesis de carácter ambiental ecológico en la construcción de barreras acústicas de 6 cm de ancho por 2,73 m de largo por 1,50 m de alto, con la formación de 12 celdas por cada una de las tres barreras las mismas que son rellenas de panca de maíz picada seca y según sea la prueba aplicada combinados con tecnopor haciendo uso de este material reutilizable en las barreras, se atribuya como una herramienta de fácil de manejo fácil, para ser ubicada en cualquier lugar donde se requiera atenuar el ruido sobre todo en instituciones educativas colindantes con mercadillos o zonas comerciales de la ciudad.

En conclusión, la presente investigación permitirá utilizar las barreras acústicas con relleno de material biodegradable para atenuar el ruido externo en un ambiente interno y de esta forma contribuir con el bienestar de niños y adultos en su salud y por ende con la calidad de vida de las personas en determinadas zonas dentro de una institución.

## CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción del problema

En la actualidad hay diferentes tipos de contaminación producidos por las acciones humanas de diferentes actividades antrópicas y antropogénicas, de esta manera perjudica a los tres elementos básicos ambientales: aire, suelo y agua. Este último elemento ambiental, abarca diferentes temáticas contaminantes, y una de estas temáticas, nos referimos a la contaminación acústica.

De acuerdo a lo mencionado de la Organización Mundial de la Salud (OMS), más del 4,9 % de la población mundial considerando una cantidad de 359 millones de personas tienden a tener problemas graves de audición discapacitante de 327 millones y 32 millones, adultos y niños respectivamente; que es la pérdida de audición excedente a 39 dB en el oído con mejor estado en las personas adultas, y excediendo a 29 dB en los niños. Una buena cantidad de personas tienen pérdidas de audición que se encuentran viviendo en países de menor calidad, señalando que algunas causas más resultantes respecto a la exposición a sonidos altos mientras realizan sus actividades diarias. Según el estudio de monitoreo que realizó la OEFA (Organismo de Evaluación de Fiscalización Ambiental) en el departamento de Tacna se registró que algunas zonas presentan niveles que superan los estándares ambientales en ruidos molestos que perturban un desenvolvimiento normal de los habitantes. Uno de los lugares con más problemas de contaminación sonora se detectó que son las zonas comerciales del distrito de Tacna que superaron el valor de 70 decibeles establecido en los ECA (Estándares de Calidad Ambiental) en casos diurnos.

La contaminación acústica fue y será considerado desde mucho tiempo como un problema que se origina en el ambiente y que afecta principalmente a personas y a animales que circulan en el departamento de Tacna, más que todo en el cercado de Tacna, el origen de estos problemas se da por el aumento del ruido producto de muchas de las actividades ya sean de transporte, obras en construcción, conciertos al aire libre, propagandas en centro comerciales, motocicletas sin tubo de escape, autos sin tubo de escape, despegue y aterrizaje de aviones y las mismas actividades que realizan algunos comerciantes, que producen ruidos molestos que superen los ECA para ruido de acuerdo a su zonificación y a la vez perturban un desenvolvimiento normal de los habitantes.

Estas incidencias se aprecian frecuentemente en diferentes sitios de elevada contaminación acústica y daña perjudicialmente a la salud de las personas que habitan

en sus viviendas, de igual forma a personas que se encuentren en oficinas, instituciones educativas, postas médicas y hospitales. La contaminación acústica generada en dichos sitios afecta de forma negativa, a los niños, a las personas, docentes, directivos, y a toda la comunidad educativa, así como en hospitales, puestos de salud a pacientes y personal que a futuro van a presentar síntomas tales como baja audición como hipoacusia, dolor de cabeza, incremento constante del pulso, acelerada agitación respiratoria, incremento de la presión arterial. De persistir este problema tendremos más personas con problemas auditivos y de salud física, sobre todo en los niños que desde temprana edad conviven con esta contaminación acústica en sus viviendas y alrededores. Por lo que es importante trabajar en la prevención sobre todo en la niñez y juventud.

La ubicación de la Institución Educativa “Carlos Armando Laura” se encuentra en una zona de protección especial según zonificación de los ECA para ruido, del mismo modo que en dicha zona existe un alto nivel de intensidad de ruido debido a la afluencia del tráfico vehicular, movimiento comercial formal e informal, que generan las avenidas (Coronel Mendoza y Gustavo Pinto) que colindan con esta Institución Educativa, viéndose este problema reflejado en toda la comunidad de este colegio ya que perturba, molesta, afecta, desconcentra y presenta indicios de problemas de salud auditiva como sordera (hipoacusia) que se ve reflejado en algunos alumnos, lo que se considera una situación grave, con la que se tiene que convivir diariamente durante las jornadas escolares, es por tales motivos que es necesario tomar acciones inmediatas para atenuar los ruidos molestos en esta institución sobre todo en la aulas durante el trabajo pedagógico.

Una alternativa de solución ante el problema será las barreras acústicas, esta se considera como unos de los sistemas más importantes para aislar el ruido, por lo cual, estas barreras va a estar interpuesta entre la fuente receptora y la emisión del sonido, para atenuar la intensidad del ruido molesto del exterior, la construcción de barreras a manera de placas acústicas elaboradas con panca de maíz *Zea mays*, es decir, reutilizar residuos orgánicos reaprovechables de bajo costo y de gran accesibilidad, que sirvan como absorbentes acústicos, de esta manera mitigar el ruido y que contribuyan a reducir los decibeles de ponderación A, para lo cual es necesario establecer parámetros para este proceso de solución respecto a nivel de ruido, la efectividad de implementar barreras acústicas compuesta por panca de maíz *Zea mays* ya que este material, es un material fibroso que se considera como absorbentes acústicos para la atenuación acústica. El nivel de ruido se va a controlar con un equipo especial para control de ruido llamado sonómetro en unidades de decibeles.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la eficacia en la atenuación de los niveles de presión sonora a través del uso de barreras acústicas de panca de maíz y tecnopor en el colegio Carlos Armando Laura, 2022?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cuáles son los niveles de presión sonora generado en el interior de la biblioteca y exterior del colegio Carlos Armando Laura, 2022?
- b. ¿Cuáles son las características que presentan las barreras acústicas de panca de maíz y tecnopor?
- c. ¿Cuál es la influencia del uso de barreras acústicas en base de panca de maíz y tecnopor en la atenuación de los niveles de presión sonora?

## **1.3. Justificación e Importancia**

La presente investigación es una contribución importante para atenuar los niveles de ruidos que constituye la presión sonora que causa molestia a ser generado cerca de la institución educativa Carlos Armando Laura, por vehículos particulares y de transporte, construcción, actividades comerciales internas y externas entre otros, y para lograr la atenuación sonora de estos ruidos se hará uso de pancas de maíz que no solo es un material de fácil acceso sino que también se constituye como el uso de un medio ecológico natural para ser aplicado en las placas insonoras y de esta forma se verá beneficiada la población escolar principalmente de la biblioteca adyacente a la avenida Coronel Mendoza, el impacto social del uso de estas barreras no solo puede ser ecológico, sino que también puede significar un ahorro en cuanto a los materiales y sus significativos usos que se puedan dar en instituciones o lugares públicos donde mitigar ruidos molestosos.

Este estudio beneficiará a la población educativa de la I.E. "Carlos Armando Laura" del cercado de Tacna, colindante a la avenida Mendoza.

Con los resultados y los porcentajes analíticos de la atenuación de ruidos en la fase experimental usados en las ventanas y paredes de la institución de estudio se podrá reconocer la incidencia y sus efectos negativos en los resultados de la contaminación de ruido en las aulas escolares cercanas a zonas de afluencia de tráfico vehicular y comercial, para lo que utilizaremos como atenuadores sonoros las barreras

acústicas elaboradas con pancas de maíz (*Zea mays*) para reducir el ruido y evitar la afección en el bienestar de la salud de la comunidad educativa de la zona de ejecución.

A nivel nacional existe normatividad en materia ambiental que persigue el logro de facilitar ambientes saludables y libres de perturbaciones para el ser humano, como está establecido en el Ley General del Ambiente N° 28611. El objetivo de la presente investigación se basa en el conocimiento de que la zona periférica de Tacna, no es ajena a los niveles de presión sonora que generan contaminación acústica por ruidos provenientes de diversas fuentes como comercio, parque automotor, etc., ya que el ruido se da en diferentes zonas aledañas y muy cercanas a colegios, donde los escolares a diario conviven con ruidos que perturban su audición y por ende en un futuro su salud, por lo que nuestra finalidad es atenuar estos ruidos externos con ayuda de placas acústicas elaboradas con pancas de maíz (*Zea mays*) y con el seguimiento planificado poder determinar los niveles de ruidos y la efectividad de la atenuación con placas acústicas, de esta forma con la demostración de la eficacia atenuadora de las placas en barreras podremos contribuir no solo a la mitigación o reducción de los ruidos y su impacto ambiental en esta institución sino a proyectarnos al uso ecológico de vegetales de la región en la construcción de barreras acústicas en otras instituciones ya sean educativas, hospitales, oficinas e instituciones que lo requieran.

### **1.3.1. Justificación Social**

Las actividades comerciales propias en el mercado de Tacna, la congestión vehicular motorizada, las construcciones, flujo de aviones, sonidos de bocinas, labor de cobradores, difusión de propagandas de comerciantes ambulatorios, etc. Incrementan considerablemente los niveles de ruidos generando elevados índices de contaminación acústica y estos contaminantes perturban los estándares de calidad ambiental de ruido en las instituciones inmersas en este ámbito como es el caso en la institución educativa “Carlos Armando Laura” que se ubica en el centro del área comercial de Tacna, y se ve perjudicada por los factores mencionados, ya que los alumnos, personal docente, administrativos tienen que lidiar con los ruidos en forma diaria y muchos casos al estar expuestos durante su jornada laboral o estudiantil, pueden llegar a perturbar la salud, provocando estrés, dolor de cabeza, problemas auditivos, por lo tanto, la importancia de realizar diversas acciones inmediatas para la reducción de ruidos en estos espacios educativos contribuyendo a la reducción de ruidos perturbadores durante su jornada de estudios y trabajo, mejorando sus calidad de vida.

### **1.3.2. Justificación Económica**

La implementación de las barreras acústicas a base de panca de maíz es mucho más económica que otros métodos de reducción de ruido ya sea los materiales acústicos comerciales como de concreto, vidrio y otros, debido a que los costos para la elaboración de estos últimos son muy elevados y como alternativa en el caso del uso de panca de maíz y tecnopor reduce costos y contribuye ecológicamente.

### **1.3.3. Justificación Ambiental**

Tomando en cuenta la problemática acústica perjudicial en zonas como en la ubicación de la IE Carlos Armando Laura que está considerado dentro de una zonificación establecido por los ECA para ruido, por lo cual se considera como una zona de alta sensibilidad acústica constituida dentro de los sectores de territorios que requieren un tipo de protección adecuada ante ruidos.

La contaminación acústica generada en dicha zona afecta de forma negativa, a los alumnos y personal del colegio, como se indicó afecta en la salud y esto nos motiva a realizar investigaciones sobre como atenuar los niveles de ruidos y plantear diversas alternativas de solución a este problema para lo cual consideramos el uso de placas acústicas elaborados con restos de vegetales propios de la región, éstas en forma compiladas en barreras acústicas contribuirán a solucionar la contaminación acústica o en muchos casos a reducir los niveles de contaminación.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar la eficacia en la atenuación de los niveles de presión sonora a través del uso de barreras acústicas de panca de maíz y tecnopor en el colegio Carlos Armando Laura, 2022.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a. Determinar los niveles de presión sonora generado en el interior y exterior del colegio Carlos Armando Laura
- b. Diseñar y construir barreras acústicas con relleno de panca de maíz y tecnopor
- c. Determinar la atenuación de los niveles de presión sonora de las barreras acústicas de panca de maíz y tecnopor en el colegio Carlos Armando Laura, 2022

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis General**

La eficacia en la atenuación de los niveles de presión sonora utilizando las barreras acústicas rellenas de panca de maíz y tecnopor en el colegio Carlos Armando Laura es significativa.

### **1.5.2. Hipótesis Específicas**

- a. Los niveles de presión sonora generado en el interior y exterior del colegio Carlos Armando Laura supera el ECA para ruido.
- b. Es posible diseñar y construir barreras acústicas que permitan reducir los niveles de ruido por debajo del ECA para zona de protección especial.
- c. La instalación de barreras acústicas en base a panca de maíz y tecnopor permite atenuar el ruido por debajo de los ECA para ruido.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Ámbito Internacional

En primer lugar Contasti (2009) en su tesis titulada “Análisis Técnico-Económico de la Barreras antiruidos laterales de vías expresas” se busca dar una solución al impacto de ruido proveniente de diferentes afluencias del tráfico automotor, por lo cual se construyó las barreras antiruidos, ya que esta tienen propiedades acústicas exigibles a las pantallas llego a la conclusión que la construcción de las barreras antiruidos en un corredor vial, realizaron la medición de ruidos y obtuvieron los niveles superiores a lo normado, producidos por la variable tránsito vehicular, esta investigación determina resolver la contaminación acústica producida por el constante tráfico vehicular de una zona específica y esta atenuación se realizó mediante construcción de barreras estructurales ya que estas tienen la propiedad de ser absorbentes y atenuadoras de ruidos de fácil integración con el entorno. Tuvo en consideración el estudio de barreras antiruidos o pantallas acústicas, analizando su eficacia acústica, así como las características del diseño y las variables de estudio: distancia a la fuente emisora, altura de las viviendas y la distancia entre ésta y el emisor, haciendo uso del sonómetro se determinó que la contaminación acústica está presente entre 64 y 96 dB(A), por lo cual estas pantallas de concreto armado tiene como característica la alta porosidad con la medida óptima de barreras antiruidos las que permiten reducir el nivel de ruido entre 29 % a 49 % el nivel sonoro corroborando sus eficacia acústica y estas se acompañan con jardinerías, ya que estas presentan un buen aislamiento acústico además de alta resistencia y presencia de vegetación que fácilmente se logra integrar al medio ambiente, la construcción de barreras antiruidos de concreto tienen una eficacia de 20 dB(A) y 48 dB(A).

En segundo lugar Molina (2013) determinó los niveles de absorción de ruido y para esta investigación hizo el uso de diversos materiales como: madera, corcho y vidrio, los cuales fueron objeto de análisis para determinar la presión sonora construyendo una sala de 30 cm, unidos por un punto en común, donde se hizo uso del sonómetro para medir los niveles de presión sonora, como resultados se alcanzó un nivel de ruido de 95 decibeles, comprobando de esta manera la existencia de un exceso de ruido producido por las diferentes actividades dentro del terminal motivo de estudio y que estas superan las normas permitidas. La madera de balsa es determinada como el material más eficiente con un 79 % de ondas incidentes en el nivel acústico, cabe

resaltar el promedio obtenido en el nivel de ruido atenuado en la madera balsa es de 69,09; 63,69 en la madera guarumo; 66,11 en la madera corcho y en el vidrio 57,04. Los niveles permisibles de ruido en terminales son 64 decibeles en el terminal motivo de estudio se dan en 95 decibeles y se atenúan de acuerdo al espesor de la barrera como el uso de la madera de balsa y láminas de corcho con mayor absorberencia acústica en un 79 %, seguidos del vidrio y madera guarumo con menos absorberencia acústica 69 %, la densidad del material nos permite afirmar que a mayor densidad del material mayor reflexión y menor la absorción acústica, esto significó que la balsa y el corcho son mejores absorbentes acústicos.

### **2.1.2 Ámbito Nacional**

De acuerdo a Delgadillo (2018) evaluó la reducción del ruido haciendo uso de barreras vegetales de diferentes especies como: *Jacobaea marítima* y *Aptenia cordifolia* contribuyendo de esta manera con su estudio a la reducción ecológica de los ruidos basada en el diseño cuadrado latino con 04 prototipos de barreras elaboradas con las especies vegetales mencionadas anteriormente en la cual consideró en los prototipos en la primera sola, especie *Jacobaea marítima* en la segunda barrera, mientras que la tercera hizo uso de las dos maderas vegetales, mientras que en la cuarta hizo uso de la especie vegetal *Aptenia cordifolia*, estableciendo periodos de estudio de 04 repeticiones por 04 semanas. Después del estudio por periodos establecidos se obtuvo resultados de 6,07 dBA de atenuación acústica en su prototipo sin cubierta vegetal, y 8,76 dBA de atenuación acústica usando la especie de origen vegetal *Jacobaea marítima*, 1,79 dBA de atenuación acústica en su modelo de usando las dos especies y 12,49 dBA finalmente haciendo uso de la especie *Aptenia cordifolia* lográndose de esta manera comprobar que se obtenía mayor atenuación en los niveles de presión sonora en el prototipo considerado con la barrera *Aptenia cordifolia* de origen vegetal con un 12,49 dBA porque estas permite mayor área foliar y esto permite la reducción del ruido evidenciándose los fenómenos de absorción propagación, difracción y refracción del sonido.

Así mismo, Puma (2018) determina el uso de barreras elaboradas con residuos orgánicos para la atenuación de sonidos mediante el estudio del uso de diferentes barreras acústicas elaboradas en base a materiales orgánicos y haciendo uso de otros tipos de medidas mitigadoras de ruido; combinó en diferentes proporciones materia prima como: marlo de choclo, cáscara de papa y papel periódico construyendo barreras con diferentes combinaciones, para elegir el mejor prototipo que presente las mejores características de atenuación de los ruidos para que lo que utilizó dos sonómetros de clase 2, tomando en cuenta los protocolos de monitoreo en lo que respecta al ruido

ambiental y la metodología directa de acuerdo a lo establecido en la norma ISO 10847:1997 en relación al cálculo de pérdida de inclusión sonora de barreras acústica in situ es así que corrobora que las barreras acústicas teniendo como posición a distintos materiales tales como la cascara de choclo, granos tiernos de maíz (Marlo de choclo), papel periódico y corteza de la papa tienen un 8,6 dBA de promedio en lo referente a atenuación sonora. La eficacia de la barrera para la atenuación sonora evidenció una disminución de ruido en 82,33 %, considerando los desechos orgánicos usados en la construcción de las barreras acústicas demuestran un proceder similar en lo referente a la absorción sonora, cabe indicar también que los residuos orgánicos favorecen al medio ambiente disminuyendo logrando disminuir la contaminación.

### **2.1.3 Ámbito Local**

De acuerdo a Mamani Valdez (2019) en los resultados de su investigación sobre los niveles de contaminación sonora a que están expuestos los miembros de las comunidad educativa de la ciudad de Tacna, comparado con los ECA normativa nacional y normativa internacional de los valores determinados por la Organización Mundial de la salud, realizó monitoreo y aplicó encuestas durante los meses de mayo a julio a 13 instituciones educativas, de las encuestas se obtuvieron una percepción social en un numero de 265 sobre todo en las instituciones en las que se dieron valores más altos se recopiló información sobre efectos y repercusiones en la salud del ruido y sobre calidad de vida, se obtienen valores entre 43,18 dBA y también de 69,25 dBA, por lo que se concluye que ninguna de las 13 instituciones educativas del cercado alcanza la normatividad internacional de la OMS que es de 35 dBA, cabe indicar que 5 colegios superan los 50 dBA que es el ECA para ruido determinado en la zonificación de la protección especial en las que se encuentran inmersos las Instituciones educativas, centros de salud, albergues, etc. En cuanto a los encuestados 69% indican que el ruido ambiental producido cerca a las instituciones educativas afecta en la salud, durante las clases escolares, estos datos son importantes ya que debemos tomar en consideración para realizar acciones inmediatas para mitigar la contaminación acústica no solo en zonas escolares sino cerca a hospitales, oficinas y otros en nuestra ciudad.

Por un lado, Gómez (2019) realizó una investigación relacionada a los efectos negativos de la contaminación acústica producida por el tránsito vehicular y su relación con salud y calidad de vida, su investigación establece nueve puntos focalizados de monitoreo del ruido producido del parque automotor en la parte externa de los muros y estableció cinco lugares focalizados en los bloques de edificios de las aulas de la universidad motivo de estudios, midió el ruido ambiental por tres días en tres horarios

diferentes, registra y procesamiento de datos con ayuda del proceso de datos Microsoft Excel 2016, Statgraphics Centurión XVII y Minitab 18. Por lo cual se establece el ruido exterior del muro de 74 dBA y 54 dBA en las aulas de la zona de estudio y en los edificios cuyo resultado es mayor a 50 dBA establecidos en el ECA para ruido, determina que el nivel de ruido del tráfico vehicular en las inmediaciones de la ciudad universitaria es alto y lo que afecte buen porcentaje de estudiantes afectados que varía entre el 59 % a 89 % aproximadamente. Se comprueba que el nivel de contaminación sonora dentro de las aulas varía de 40 a 46 dBA cuyo promedio no debería superar el 30 dBA que indica OMS, por otro lado el ruido exterior LeqA de 74dB mayor a 50dB promedio corroborando en 89 % el grado de molestia a los estudiantes, la repercusión negativa en el rendimiento académico se determina en un 64 % por el tráfico vehicular, estos datos obtenidos mediante estudio detallado del ruido producto por la congestión vehicular permiten realizar acciones inmediatas para reducir la contaminación acústica.

Por otro lado Maquera (2018) determinó la eficiencia en barreras acústicas, baso su estudio en una caja de insonorización cubica de 49 cm de lado con aberturas en cada lado de 2,9 cm rellenando estas con diferentes materiales, sometió estas al efecto de sonido graves y agudos para luego, al azar experimentar con las variables de estudios con materiales como: , lana de vidrio, poliestireno expandido, y fibras de madera orientadas (OSB) de diferentes combinaciones y grosores; de esta manera demostró la eficiencia experimental de las barreras acústicas tomando en cuenta su capacidad insonora y se obtuvo resultados; para sonidos graves a la lana de vidrio 2,9 cm con un valor de 4,79 dB; 0,4 dB para poliestireno expandido son lana de vidrio; 0,29 dB para madera OSB 1,9 cm; 0,29 dB para poliestireno expandido con lana de vidrio; 0,31 dB para lana de vidrio de 2,0 cm; 0,31 dB para lana de vidrio con madera OSB mientras se tiene 0,20 dB para madera de 1,0 cm y poliestireno 2,0 cm y en ultimo valor al poliestireno expandido de 3,0 cm con 0,21 dB. Obtuvo como resultados también que la capacidad de insonorización con el uso de diferentes barreras acústicas frente a un incentivo agudo de 100 dB obteniendo valores de 0,43 dB de lana de vidrio con madera osb; 0,39 dB para poliestireno expandido con lana de vidrio; seguido de 0,32 dB para lana de vidrio de 2,1 cm; 0,21 dB para madera osb de 2,2 cm; 0,21 dB para madera osb de 0,9 cm; 0,18 dB para lana de vidrio de 3 cm y por último 0,16 dB para poliestireno expandido de 3,1 cm. Se bajó a 60,04 dB para lana de vidrio de 2,9 cm para los sonidos graves mientras que en sonidos agudos se redujeron a 8,51 dB para lana de vidrio con madera OSB. Las barreras acústicas presentan la capacidad de atenuación de los niveles para sonidos graves y agudos, dependiendo de su grosor, ruidos expuesto y tipo de material, la lana de vidrio permite una reducción de transmisión de 5 dB como un grosor de 3,0 cm, estas barreras acústicas demuestran insonorización a sonidos graves.

## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. Características de las placas y barreras acústicas

#### 2.2.1.1. Barreras acústicas

Para Ocaña (2018) se define a las barreras acústicas a aquellos elementos de suma importancia para tener un mayor control de sonido, dichos elementos se acondicionan en medio de la fuente receptora y la emisión de sonido. La característica principal de dichas barreras es el control de sonido de parque automotor y de equipos electrónicos con el objetivo de tratar de impedir el efecto de diferentes ondas en el receptor.

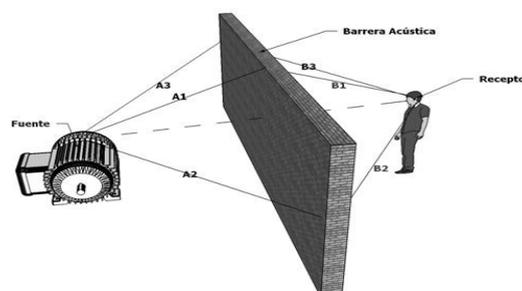
Existe algunos factores que ayuda a la reducción del sonido tales como el espectro del sonido y características del ambiente donde se realice, separación en medio de la fuente receptora y emisora, la dimensión planteada y el tipo de material que se empleara como barrera. Así mismo se conocen algunos tipos de barreras de reducción del ruido que son mucho más destacables al aumento de frecuencia sonora atenuando de 10 a 15 dB (Ocaña, 2018)

#### 2.2.1.2. Descripción de las barreras acústicas

Dichas se encuentran posicionado en medio de las fuentes receptoras y emisoras, en lo cual funcionamiento es simple. Asimismo, estas estructuras se conceptualizan en zonas o áreas donde la fuente es muy transcurrida. Generalmente en estos sectores se le comprende como la sombra acústica. En el diseño o bosquejo de esta barrera se tiene que considerar el efecto de difracción. Una vez que ya utilizado estas barreras acústicas, se alcanzará a atenuar entre los rangos de 1 a 15 decibeles dependiendo de su composición, tal como se muestra en la figura1 (Kotzen y English, 2009).

**Figura 1**

*Esquema de una barrera acústica*



*Nota.* Adaptado de Kotzen y English (2009)

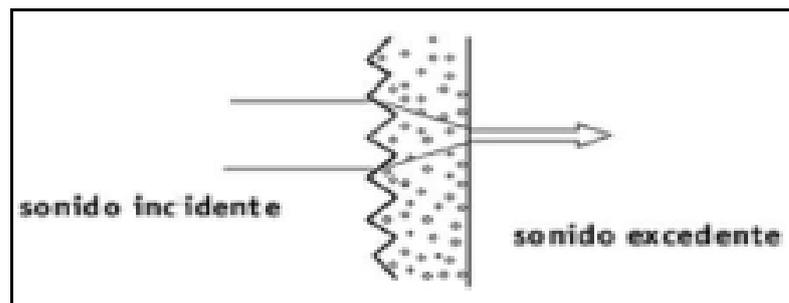
### 2.2.1.3. Absorbentes acústicos

De acuerdo con Ocaña (2018) el termino de absorbente acústico se refiere a material que contiene elevada propiedad de absorción del sonido en dos formas, ya sea parcial o total de la amplitud de frecuencia auditiva, por lo cual se posee materiales fibrosos ya sea de yute, espiguilla de trigo, entre otros.

Según Boschi et al. (2005) la definición del término de absorbente acústico se define como la absorción acústica a ciertas propiedades y características que tiene diferentes materiales en transformar la energía sonora en otra energía diferente, ya sea energía calórica, por lo cual esta última energía mencionada, no es de suma importancia, por lo cual en la figura 2 se detalla la incidencia de una onda acústica sobre un cuerpo de baja densidad.

**Figura 2**

*Esquema de incidencia de una onda acústica sobre un cuerpo de baja densidad*



*Nota.* Adaptado de Boschi et al. (2005)

De acuerdo con Boschi et al. (2005) se conceptualiza a los materiales absorbentes por la composición celular que tiene como característica resaltante de facilitar el flujo de aire, por ende, esto quiere decir que son acústicamente permeables. Algunas esponjas se resaltan como su propiedad importante de absorber lo acústico, por lo cual, se debe tener en cuenta variables ya sea como el grado de permeabilidad, densidad y porosidad.

Es por ello, que se toma en cuenta que un material permeable facilitará a disipar el sonido y convertirlo en energía calórica, por lo cual, si es más largo la trayectoria de la estructura celular a traspasar, será mejor la conversión en energía calórica. De esta forma el espesor estará estrechamente relacionado con el rango de frecuencia. Ejemplo: lo que son de mayor espesor actuarán los sonidos graves y agudos, en otro lado los de menor densidad solo con los agudos (Bochi et al., 2005).

#### 2.2.1.4. Atenuación acústica

Este término hace referencia a la diferencia tomada en cuenta de pasar dos niveles de presión sonora (SPL) en unidades de decibeles, una vez medido en un punto de monitoreo anterior y posterior de colocar un elemento en medio del punto de medición y la parte productora de ruido (Wong et al., 2010).

Por lo que debemos tomar en cuenta que previamente a colocar un elemento se define al medio o pared de control

posteriormente de colocar la barrera diseñada. La variación en SPL es la reducción de inserción gracias al uso de una de barrera de diseño (Wong et al., 2010).

$$IL_{pantalla} = L_{pantes} - L_{pdespues} \quad (1)$$

Estudios de Olmos (2002) indica que la atenuación producida o que se le atribuye a las barreras se le denomina baja por inserción, es decir, la disminución de los niveles en cuanto a la presión sonora de un lugar monitoreado con la ayuda del instrumento sonómetros. Asimismo, se considera la interposición de la barrera, respecto a los niveles iniciales antes de su instalación relacionado a la naturaleza de los valores resaltantes para la emisión de ruido aleatorio.

#### 2.2.1.5. Contaminación acústica

Este término se detalla como la ocurrencia de vibraciones y ruidos en el entorno, originado por diferentes fuentes de emisores acústicos que generan un riesgo para las personas que dificulte sus actividades día a día. Debido a su emisión puede originar efectos resaltantes al medio ambiente (Martínez y Peters, 2015).

#### 2.2.1.6. Fuentes de eficacia acústica

A fin de describir las barreras antiruidos, se tiene que tomar en cuenta la perspectiva de diseño y los estudios de principios de eficacia acústica, y que acepte a hallar os lineamientos para su implementación (Lokken, 2015).

Hay tres bases que influyen de forma directa, en la eficacia acústica de la barrera, estas tres bases son la siguientes: efectos de reflexión, transferencia del sonido mediante la barrera y la difracción en su cima. Asimismo, se admita que la fuente emisora está adherida en un foco emisor posicionado entre un rango de 0,79 y 1,79 metros sobre el nivel de calzada y en el eje de ésta (Lokken, 2015).

Por ello, las ondas propagadas se emiten en diferentes direcciones, logrando que varios lleguen al paramento exterior y la demás determina por su manera de actuar mediante reflexión, por lo cual estas ondas tienen diferentes comportamientos ya sea por absorción, otras se transmiten, y la demás a final se reflejan (Lokken, 2015).

## **2.2.2. Descripción del material de estudios**

### **2.2.2.1. Maíz**

Este término se considera a plantas monoicas dispone de condición de reproducirse por sí sola. Asimismo, los diversos gametos ya sea féminas y masculinas se localiza en la misma planta. Una de sus características más resaltantes es su crecimiento, ya que crece de manera rápida que logra a crecer a una altura de 2,4 metros como máximo, con un tallo bien rígido, sólido y erguido; respecto a sus variaciones silvestres alcanzan a tener una altura de 6,5 metros como máximo. En consecuencia, el tallo compone de 3 diferentes capas: pared, en esta capa recorre las sustancias alimenticias; una epidermis exterior cuyo aspecto importante es que tiene propiedades de permeabilidad y ser transparente; y por último blanco en donde se guarda las reservas alimenticias, ya sea azúcares (Serratos, 2009).

### **2.2.2.2. Panca de maíz**

Se asigna este término a las plantas de maíz en estado maduro que relativamente a la parte seca del que se le han secado las mazorcas, en lo cual el forraje dispone de diferentes propiedades resaltando que tiene un valor importante de celulítico para los animales domésticos, en especialmente para los vacunos. Es relevante resaltar que la panca de maíz es un recurso fibroso con pocas cantidades de proteínas y una contribución escasa de energía. Al cosechar el rastrojo de maíz, esta se agrega en cantidades con niveles de 19 y 59 %. De acuerdo con la mecánica agropecuaria de la Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos del MINAGRI, en el año 2013 se logró cultivar aproximadamente de 559 mil hectáreas en el Perú, se ha cultivado el maíz duro, con una aportación de gran escala en términos de cantidad, teniendo una mayor influencia en las regiones de Lima, Loreto, Cajamarca, San Martín y La Libertad (MINAGRI, 2014).

### **2.2.2.3. Tecnopor**

Es un material derivado del monómero de estireno. Este producto termoplástico de consistencia efervescente tiene una multitud de aplicaciones básicas en la industria actual. Los nombres de este material son tan variados como sus usos. El Tecnopor se

empleará para el uso en los ámbitos de aislamiento de refrigeración, térmico, acústico (Etsa Perú, 2015).

#### **2.2.2.4. Triplay**

Triplay o contrachapado, es un tablero formado por varias capas delgadas de madera que son prensadas y unidas entre sí. De tal forma que es un material flexible, resistente y de buena estabilidad. El triplay funciona como un material de aislante acústico (Gavilan, 2016).

### **2.2.3. Nivel de ruido**

#### **2.2.3.1. El ruido**

De acuerdo con el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2016) este término se conceptualiza al sonido como no deseado por lo cual este origina incomodidades, desfavorece, genera molestia, y afecta a la salud de los ciudadanos (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2016).

Para el Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía (2016) se conceptualiza el ruido como una manera particular de sonido, emisión de energía originada por diferentes fenómenos vibratorios que son captadas por la parte auditiva (oído) y sonido, una emisión de energía generada por fenómenos vibratorios que son detectadas por el oído y produce molestia.

El ruido es una mezcla compleja de sonidos producidos con frecuencias diferentes. Una primera diferencia es que no todo sonido es ruido, aunque el ruido por su concepción implica cierto grado determinado de sonido (García y Garrido, 2003).

#### **2.2.3.2. Tipos de ruido**

De acuerdo a lo indicado por el Protocolo Nacional de Monitoreo para Ruido (2013), establece que la Norma Técnica Peruana ISO 1996-1 hay diferentes tipos de sonidos, que se considera como ruido, ya sea en función a tiempo y en función a la actividad productora de ruido:

a) En función al tiempo:

- Ruido Estable: Se considera ruido estable proveniente de distintas fuentes emisora de sonido, por lo cual este ruido no revela de un periodo de tiempo de más de un minuto que se tiene que tener en cuenta al ruido provenientes en las industrias o otros sectores.

- Ruido Fluctuante: Se considera ruido fluctuante a fluctuaciones sonoras que sobrepasa de los 5 decibeles por un periodo de tiempo de un minuto.
- Ruido intermitente: Se considera ruido intermitente a periodos de tiempos cortos que sobrepasa de 5 segundos relativamente. Un ejemplo podría ser las compresoras de aire.
- Ruido impulsivo: Se considera ruido impulsivo a pulsaciones de poco tiempo, es decir, menos de 1 segundo. Es aquel correspondiente a pulsaciones de corta duración menos de un segundo. Un ejemplo podría ser el sonido de un disparo.

b) En función a la actividad productora de ruido se tiene:

- Ruido causado por el tráfico automotor, aeronaves y ferroviario.
- Ruido causado por diversos recreativas, servicios. También ruido causado por labores productivas, entre otros.

### **2.2.3.3. Clasificación de fuentes sonoras de vehículos**

La representación acústica de diversos vehículos se tiene en cuenta a largo de tiempo como ruido de tráfico molesto no deseado. Asimismo, los diversos tipos de vehículos originan patrones de sonidos diversos incluyendo disposiciones de trabajos parecidos. Por lo cual se considera patrones de sonido originado por diversos vehículos en desplazamiento se encuentra que se diferencia en mayor escala conforme a la información de pistas requeridas para categorizar los vehículos y de acuerdo a los tipos de vehículos. Diversas fuentes de sonido abarcan piezas giratorias, sistema de escape y motor. Algunos otros causantes intervienen en la variación de sonido tales como características de las carreteras, equipamientos, entre otros. Los diversos tipos de ruido producidos por los vehículos se juntan en la identificación y el entorno de un vehículo en particular es un desafío (Rybakowski et al., 2014). Las diversas expulsiones de ruido por partes de vehículos son las siguientes: ruido aerodinámico, ruido neumático y ruido del motor.

Por consiguiente, una factible categorización de diversas fuentes sonoras producidas por un vehículo es: Ruidos de rodadura, de origen mecánico y aerodinámico (Segués, 2008).

### **2.2.3.4. Efectos del ruido sobre el rendimiento de las personas**

Mediante pruebas científicas, se ha comprobado que el ruido es muy perjudicial respecto al rendimiento de los diversos procesos cognitivos de los sujetos, sujetos tales como estudiantes universitarios, alumnos de educación básica, niños, trabajadores, entre otros. Asimismo, el rendimiento cognitivo baja en gran escala en actividades

complejas. En los diversos efectos cognitivos que son más perjudicados por el ruido son los siguientes: soluciones de problemas, memorización y lecturas. Por ende, algunas veces el ruido se considera como una fuente de estímulo de distracción, en cambio, el ruido súbito se puede originar mediante un efecto desestabilizante con parte de resultado de una respuesta frente a una alarma. También lo que puede causar el ruido es diversas deficiencias y errores en el trabajo, y diferentes incidentes que puedan señalar como un rendimiento deficiente (Kiely, 2003).

De acuerdo con Lucic (2009) manifiesta que cuando hay movimiento, existe el sonido, en caso contrario no hay sonido. En cada momento, en día a día se ve claramente que estamos infectados por diversos sonidos, esto quiere decir, que el mundo que actualmente se vive es un mundo sonoro. Teniendo en consideración que el ambiente sonoro que rodea a distintas personas es de suma importancia respecto a la emisión de información captada por los usuarios, por lo cual dicha información si incluya errores, llevará a un detrimento en la cognición y esta se manifiesta en el aspecto de aprendizaje en los alumnos si fuera el caso de escolares.

#### **2.2.3.5. Posibles consecuencias de la contaminación sonora**

La contaminación sonora puede producir algunas consecuencias tales como:

- **Fatiga auditiva:** La fatiga auditiva puede ocasionar reducción de la condición auditiva de las personas, por lo que para su mejoría de dicha persona es lenta, ya que debe estar en reposo 16 horas, lo que hay que resaltar que, en las 2 primeras horas, se recupera la mayor parte de la audición (García et al., 2010).
- **Carencia de rendimientos, atención y concentración:** Algunas personas se encuentran expuestas a lugares donde existe una mayor intensidad de niveles de presión sonora, y a estas personas le puede afectar su capacidad de concentración, faltas de atención, entre otros aspectos (Reyes, 2011).
- **Falta de sueño:** Algunas personas como consecuencia de la contaminación sonora, puede originar algunos obstáculos o problemas graves tales como conciliar el sueño, reducción de la calidad de sueño y tener insomnio (Reyes, 2011).

#### **2.2.3.6. Sonómetro**

La contaminación sonora puede producir algunas consecuencias tales como:

- **Fatiga auditiva:** La fatiga auditiva puede ocasionar reducción de la condición auditiva de las personas, por lo que para su mejoría de dicha persona es lenta,

ya que debe estar en reposo 16 horas, lo que hay que resaltar que, en las 2 primeras horas, se recupera la mayor parte de la audición (García et al., 2010).

- Carencia de rendimientos, atención y concentración: Algunas personas se encuentra expuesta a lugares donde existe una mayor intensidad de niveles de presión sonora, y a estas personas le puede afectar su capacidad de concentración, faltas de atención, entre otros aspectos (Reyes, 2011).
- Falta de sueño: Algunas personas como consecuencia de la contaminación sonora, puede originar algunos obstáculos o problemas graves tales como conciliar el sueño, reducción de la calidad de sueño y tener insomnio (Reyes, 2011).

### **2.2.3.7. Medición de ruido ambiental**

Se guiará de la norma del D.S. N° 085 – 2003-PCM, para la utilización de equipos de medición y la evaluación del nivel de ruido (Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, 2003).

El nivel acústico ambiental será el resultado de las mediciones tomadas por los generadores de ruido en tiempos preestablecidos en relación a las características técnicas, obteniendo como producto todos los niveles de ruido captados por los instrumentos en ese momento. Asimismo, se debe definir el nivel de presión sonora continuo equivalente en decibeles con ponderación, y un dentro de rango de tiempo (Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, 2003).

El nivel sonoro continuo equivalente se refiere a ser usado para realizar comparaciones teniendo en consideración la zona de aplicación y el horario reglamentado en los estándares nacionales de calidad ambiental para ruido mediante el D.S N° 085–2003-PCM (Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, 2003).

Para Jácome & Jácome (2013) la medición del ruido es necesario tener en cuenta el certificado de calibración, posteriormente se realiza los siguientes procesos ya sea la verificación, comprobación respecto a la operatividad y los materiales extras. Una vez que se sigue estos procedimientos, se considera la ubicación del punto, dicha ubicación se instala el trípode, luego encima del trípode se coloca el instrumentos llamado sonómetro de una altura de 1.5 metros del piso, con un ángulo de inclinación de una proximidad de 45 grados, un filtro de ponderación de tipo A y teniendo en cuenta

una separación de la fuente a partir de 2 metros, y en caso que haya tipo de materiales que originen interferencias tales como muebles, paredes, o otros, debe haber una distancia de a 3 metros como mínimo.

### **2.2.3.8. Nivel de presión sonora continuo equivalente**

El nivel de ruido continuo implica la idéntica energía que cuando el ruido sea medido, y congruentemente posee de igual forma la capacidad de perjudicar a las personas en su sistema auditivo. Uno de los provechos a que se le da a este término es que se puede diferenciar el riesgo de daño auditivo frente a la exposición de diversos tipos de ruido establecidos en el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental, por lo cual el nivel de presión sonora continuo equivalente de ponderación A se será de forma obligatoria en comparar con los Estándares de Calidad Ambiental para ruido. Asimismo, el nivel de presión sonora continuo de ponderación A del intervalo de tiempo, será determinado concretamente con sonómetro de diferentes clases ya sea 1 o 2 de tipo integradores (Protocolo Nacional de Monitoreo para Ruido, 2013, p. 15).

Si en caso el instrumento no fuera de esos tipos de aplicar la siguiente ecuación:

$$L_{AeqT} = 10 \log\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i}\right] \quad (2)$$

**Donde:**

**L**= Nivel de presión sonora ponderado A instantáneo o en un tiempo T de la muestra i, medido en función "Slow".

**n**= Cantidad de mediciones en la muestra i

### **2.2.3.9. Niveles de decibelios del entorno**

Según Sánchez (2010) las unidades de la presión acústica son de decibelios (dB) por lo cual a los tonos altos (dB-A) se considera como ruidos. Se considera un sonido perjudicial cuando sobrepasa los 75 dB, sin embargo, si sobrepasa más de 120 dB se considera doloroso. Asimismo, si una persona llega a escuchar una exposición de 100 dB, se requerirá un descanso o reposo una cantidad mínima de tiempo de 16 horas. Es importante resaltar si una persona se encuentra en un entorno que excede a los 180 dB, podría causar la muerte. Estos son los distintitos rangos de decibeles que se toma en cuenta a diario:

- Entre los rangos de 10 a 30 decibeles: La intensidad del nivel de presión sonora se considera bajos. Un caso como ejemplo: estar en una conversación de manera tranquila en algún lugar determinado.

- Entre los rangos de 30 a 50 decibeles: La intensidad del nivel de presión sonora también se considera bajos. Un caso como ejemplo: estar en una conversación normal o al sonido de una cañería o nevera.
- Entre los rangos de 55 a 75 decibeles: La intensidad del nivel de presión sonora se considera como adecuado. Un caso como ejemplo: tráfico vehicular, utilizar dispositivos electrónicos como la aspiradora, que está en un intervalo de 64 decibeles, despertador de volumen alto, lavadora, teléfono móvil, que está en un intervalo de 73 decibeles.
- Entre los rangos de 75 a 100 decibeles: La intensidad del nivel de presión sonora se considera alto y la sensación es molesta. Un caso como ejemplo: la congestión o atasco de tránsito que está en un intervalo de 88 decibeles, la sirena de las ambulancias, policías, entre otros.
- Entre los rangos de 100 a 120 decibeles: La intensidad del nivel de presión sonora se considera muy alto, por lo cual esto se hace notar estando en una discoteca, que la intensidad de nivel de presión sonora llega a los 110 decibeles, también los conciertos de diferentes estilos musicales, entre otros.
- Entre los rangos de 120 decibeles a más: La intensidad del nivel de presión sonora se considera ya dañino para la salud de la persona ya que ellas tendrán presencia de sordera. Un caso como ejemplo: la explosión de dinamita con estallido cerca.

#### **2.2.3.10. Protocolo nacional de monitoreo de ruido ambiental**

Según Protocolo Nacional de Monitoreo para Ruido (2013) se conceptualiza como una forma de medir los niveles de presión sonora provenientes de diversas fuentes del exterior, fuentes tales como estables, fluctuantes, impulsivo e intermitentes por el periodo. Asimismo, en este protocolo se plasma las diversas instrucciones en el monitoreo respecto a su parte metodológica a la hora de ejecutarlo, de los cuales son las siguientes:

- En el instrumento que se opera es el sonómetro, por lo cual se debe tener una distancia entre la fuente y superficies reflectantes tales como suelo, paredes, techo, entre otros.
- La persona encargada llamada operador tendrá que distanciarse lo que más que pueda del instrumento de esta forma evitar el apantallamiento, si en caso el instrumento no necesite a la persona encargada cerca, de lo contrario la persona encargada debe realizar un distanciamiento moderado sin apantallar dicho instrumento, por lo cual siempre se debe usarse el trípode.

### 2.2.3.11. Estándares de calidad ambiental

Según el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (2003) con el objetivo fundamental del dicho reglamento, se señala que se debe aumentar la calidad de vida de la ciudadanía, resguardar o preservar la salud de las personas y fomentar el desarrollo sostenible.

Según Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (2003) en el país aún no se considera los estándares para ruido vehicular, por lo cual los Estándares Primarios de Calidad Ambiental para Ruido constituyen una serie de niveles máximos de ruidos en el entorno que no deberán sobrepasarse con la finalidad de resguardar la salud de las personas, estos estándares se toman en cuenta como un factor de Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A (LAeqT), y en el D.S N° 085-2003-PCM en el primer anexo se considera los horarios tales como diurno y nocturno con su respectivos valores establecidos en diferentes zonas de aplicación, tal como se aprecia en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Estándares nacionales de calidad ambiental para ruido (LAeqT)*

<b>Zonas de aplicación</b>	<b>Horario diurno (dB)</b>	<b>Horario Nocturno (dB)</b>
Protección Especial	50	40
Residencial	60	50
Comercial	70	60
Industrial	80	70

*Nota.* Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (2003).

## 2.3. Definición de términos

### 2.3.1. Acústica

“Es referenciada como energía mecánica en forma de ruido, trepidaciones, infrasonidos, sonidos, vibraciones, y ultrasonidos” (Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, 2003, p.3).

### 2.3.2. Barreras Acústicas

“Son considerados como aquellos dispositivos que se encuentran entre la fuente emisora y el receptor con la finalidad de atenuar la propagación aérea del sonido, siendo así que no incide en el receptor” (Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, 2003, p.3).

### **2.3.3. Contaminación sonora**

“Presencia en el ambiente exterior o en el interior de las edificaciones, de niveles de ruido que generen riesgos a la salud y al bienestar humano” (Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, 2003, p.3).

### **2.3.4. Decibel A (dBA)**

“Es la unidad adimensional de la presión sonora medido con un filtro de ponderación A, el cual esta adecuado al comportamiento de la audición humana” (Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, 2003, p.3).

### **2.3.5. Fuente Emisora de ruido**

“Es algún elemento, afiliado a una actividad determinada, que es capaz de generar ruido hacia el exterior de los límites de un predio” (Protocolo Nacional de Monitoreo para Ruido, 2013, p.4).

### **2.3.6. Monitoreo**

“Acción de medir y conseguir datos en forma programada de los parámetros que inciden o modifican la calidad del entorno” (Protocolo Nacional de Monitoreo para Ruido, 2013, p. 4).

### **2.3.7. Nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A (LAeqT)**

“Conocido como nivel de presión sonora constante en ponderación A, que en un periodo de tiempo (T), contiene la energía total del sonido medido” (Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, 2003, p.3).

### **2.3.8. Panca de maíz**

“Se denomina panca de maíz, a la planta de maíz maduro por lo general parte seca del que se le han sacado las mazorcas” (Olmeda, 2019, p. 26).

### **2.3.9. Ruido ambiental**

“Todos aquellos sonidos que pueden provocar molestias fuera del recinto o propiedad que contiene a la fuente emisora” (Protocolo Nacional de Monitoreo para Ruido, 2013, p. 4).

### **2.3.10. Sonómetro**

“Es un instrumento normalizado que se utiliza para medir los niveles de presión sonora” (Protocolo Nacional de Monitoreo para Ruido, 2013, p. 4).

### **2.3.11. Zona de protección especial**

“Es aquella de alta sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren una protección especial contra el ruido donde se ubican establecimientos de salud, establecimientos educativos asilos y orfanatos” (Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, 2003, p.4).

## CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Diseño de la investigación

El diseño de investigación es de tipo experimental considerando que el área o zona de estudio de investigación no se dio aleatoriamente, se priorizó por conveniencia de la circunstancias perjudiciales evidenciadas mediante la observación de la zona, para lo cual se considera como punto de partida inicial la toma de medición acústica antes y después de la implementación de las barreras acústicas elaboradas en su contenido de panca de maíz, de esta determinamos el efecto de las barreras en la atenuación acústica del aula de estudio.

Se desarrolla considerando el tipo de enfoque cuantitativo ya que se registrarán las diversas mediciones de la atenuación acústica del aula experimental en el Colegio Carlos Armando Laura en decibeles A determinando el nivel de presión sonora promedio que se receptiona en el aula experimental.

### 3.2. Acciones y actividades

En la figura 3 se aprecia los procedimientos a seguir para el desarrollo del trabajo de investigación.

**Figura 3**

*Esquema de la metodología de investigación*

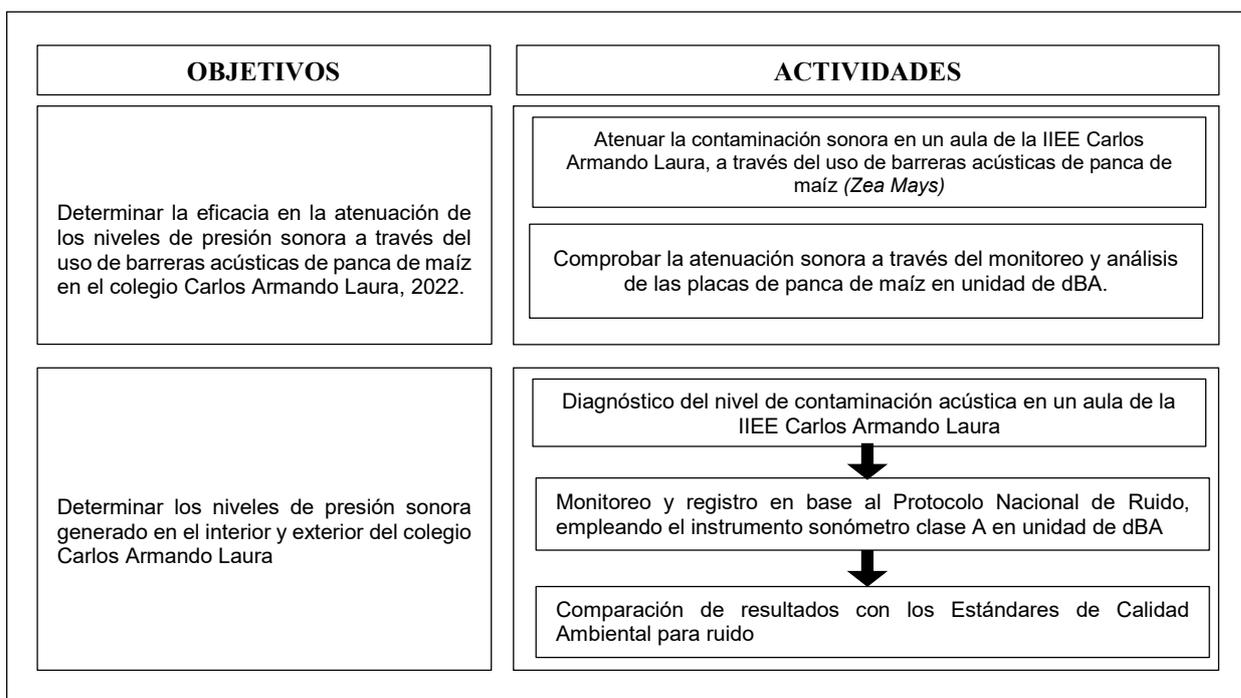
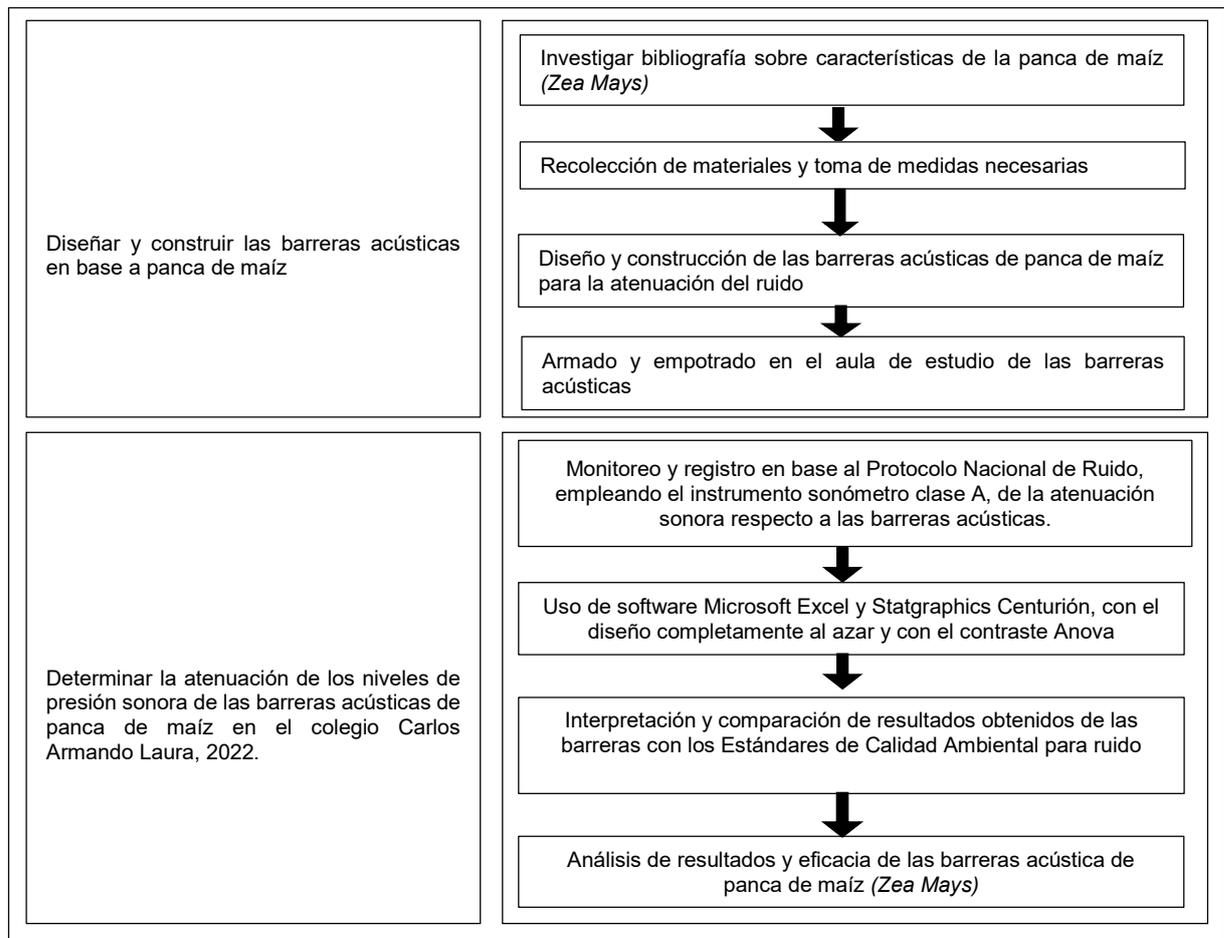


Figura 3 (continuación)



### 3.3. Materiales y/o instrumentos

#### 3.3.1. Materiales

Los materiales que se utilizarán para el desarrollo del trabajo de investigación están descritos en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Especificaciones de los materiales*

<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>	<b>Detalle / descripción</b>
10	Listones de madera	Madera Pachaco de 1 pulgada de espesor de 6,00 cm ancho x 3,10 m de largo (Construcción de barreras de 6 cm)
03	Kilos de clavos	Clavos de Madera de 2,5 pulgadas (armado de armazón de barreras)
02	Kilos de cola	Cola de Carpintero (Para fijar uniones de las barreras)
85	Kilos de hoja de maíz	Cosechadas 15 días antes para aprovechar su flexibilidad al ser extendidas
20	Pernos y tuercas	Metálicas de 2,5 pulgadas de largo (para fijar los bloques de barreras)
16	Armellas cerradas	Metálicas de 45 mm (para fijar las barreras en las paredes)
10	Tarugos	De plástico PVC naranja de 3/8 (Para fijar las armellas en la pared)
1	Martillo	Universal o de carpintero o de uña, mango de madera cabeza de metal
1	Taladro	Percutor Eléctrico Universal Marca De Walt 20V 4A 2baterias (para abrir huecos y entornillas los tarugos y fijar los pernos de las barreras)
1	Alicate	Metálico universal Marca Irwin Vise Grip 1000V (para fijar los tarugos)
2	Tijeras para Podar	Marca Makawa Modelo MK-0390A (para cortar las pancas de maíz)
1	Malla Rachel	Ancho 4,20 m, Largo 4,00 m (para almacenar y secar a la vez las pancas húmedas)

1	Sierra	Arco de Sierra de material de acero, Marca Total (para cortar las pancas húmedas en trocitos en cantidad)
---	--------	---

*Nota.* Materiales que se empleó para el desarrollo de la tesis

### 3.3.2. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizarán para el desarrollo del trabajo de investigación están descritos en la tabla 3

**Tabla 3**

*Especificaciones de los instrumentos*

*Nota.* Instrumentos que se empleó para el desarrollo de la tesis

Cantidad	Equipo	Detalle / descripción
1	Sonómetro	Marca Larson Davis modelo LxT1, clase 1, resolución 0,1 dB, calibrado por el INACAL
1	Trípode	Metal plástico para sonómetro (soporte para posicionar el sonómetro)
1	Portátil GPS	Marca Garmin Modelo Extrex 10X (para obtener las coordenadas UTM)
1	Laptop	Lenovo Core i5 (conteniendo software Microsoft Office, uso del Excel y Statgraphics Centurión, procesar información, formatos y otros)
1	Cámara Fotográfica	Panasonic Lumix Modelo DMC-SZ02, compacta (registro fotográfico)

### 3.4. Población y muestra de estudio

La muestra del estudio que se utilizará en esta investigación es no probabilística, esto quiere decir que el investigador seleccionará la zona de estudio, por lo tanto, dicha zona no será seleccionada al azar, sino por conveniencia.

Se tomará como muestra para esta investigación un aula (Biblioteca escolar) colindante con la avenida Coronel Mendoza de la Institución Educativa Carlos Armando Laura.

De esta forma se identificará los puntos de monitoreo de ruido dentro del aula de estudio colindante a la avenida mencionada, por lo que se determinará que esta zona de estudio tiene mayor concurrencia de personas, comerciantes y elevado flujo vehicular, esto se identificará mediante observaciones y visitas de inspecciones física, de esta manera, se concluirá que en esta zona no solo existe un excesivo flujo vehicular sino también gran cantidad de establecimientos comerciales formales e informales alrededor de esta institución educativa que perturban con las emisiones de ruidos que tienen efectos negativo en las aulas de la institución en estudio.

Por lo cual la muestra de unidades experimentales estará conformada por la construcción de tres barreras acústicas respectivamente que servirán para la atenuación acústica de las tres ventanas exteriores de la biblioteca del aula de experimentación. En la tabla 4 se aprecia las fechas del periodo de monitoreo de ruido, la tabla 5 el horario de nivel primario y secundario y la tabla 6 detallando los puntos de monitoreo de ruido.

**Tabla 4**

*Periodos de monitoreo en las tres pruebas experimentales en el exterior e interior del colegio*

<b>Prueba</b>	<b>Fechas</b>	<b>Días</b>	<b>Horarios por día</b>
Prueba 0 Sin barreras acústicas	4 y 7 de noviembre	Viernes y Lunes	10:00 a 10:30 a.m. 04:00 a 04:20 p.m.
Prueba 1 Con barreras acústicas 100 % Panca (6 cm)	9 y 10 de noviembre	Miércoles y Jueves	10:00 a 10:20 a.m. 04:00 a 04:20 p.m.

Prueba 2 Con barreras acústicas 50 % Panca y 50 % de Tecnopor (3cm y 3 cm)	11 y 14 de noviembre	Viernes y Lunes	10:00 a 10:20 a.m. 04:00 a 04:20 p.m.
--	----------------------	--------------------	--

*Nota.* Periodo de monitoreo de ruido empleado con el instrumento sonómetro.

**Tabla 5**

*Horarios de clases y de receso de los alumnos del nivel primario y secundario*

Nivel	Horario de Entrada y Salida	Horario de receso
Primario	8:00 am a 12:45 pm	09:15 a 09:30 a.m. - 11:00 a 11:15 p.m.
Secundario	1:00 pm a 6:05 pm	02:20 a 2:35 a.m. - 03:30 a 03:45 p.m.

*Nota.* Información brindada por el director del colegio

**Tabla 6**

*Puntos de monitoreo de la zona de protección especial del exterior e interior del colegio*

Punto de monitoreo	Ubicación	Coordenadas UTM	
		Este	Norte
PMEV1 - 01	Av. Coronel Mendoza vereda contigua al IE Carlos Armando Laura,	368483	8009049
PMEV2 - 02	Av. Coronel Mendoza Vereda 2, frente a IE Carlos Armando Laura, Av. Coronel Mendoza, Tacna, Tacna	368486	8009042
PMIB - 03	A 1.5 m de las ventanas externas de la biblioteca del IE Carlos Armando Laura	368482	8009057

*Nota.* Leyenda: PMEV1: Punto de monitoreo externo de la vereda 1. PMEV2: Punto de monitoreo externo de la vereda 2. PMIB: Punto de monitoreo al interior de la biblioteca.

### 3.5. Operacionalización de variables

En la tabla 7 se aprecia las variables dependiente e independiente con sus especificaciones y a mas detalla en el anexo 1 matriz de consistencia.

**Tabla 7**

*Operacionalización de variables de investigación*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Escala	Técnicas o métodos
Barreras acústicas de pancas de maíz en la atenuación acústica.	Las barreras acústicas de materiales vegetales conforman parte importante para controlar y regular los ruidos, son barreras que incorporan entre la emisión del sonido y la fuente receptora. Son de uso frecuente ya que controlan los ruidos producidos generalmente por el parque automotor, evitando que las ondas ruidosas impactado en el receptor. Martínez, J., & Peters, J. (2015)	Características de las barreras acústicas a base de panca de maíz.	Ancho/espesor	cm	Diseño y construcción del prototipo de barrera acústica en base a panca de maíz
			Altura	cm	
			Largo	cm	
			Atenuación Acústica	dBA	
			Peso de panca/placa	Kg	
Nivel de ruido	Producción de sonidos indeseados, dañinos generados por diferentes actividades y/o acciones del ser humano, incluidos los ruidos molestos producidos por medios de transporte, comercio ambulatorio, ferroviario, construcciones, aéreo y también producto de la actividad industrial. Martínez, J., & Peters, J. (2015)	Exposición  Intensidad de ruido antes  Intensidad de ruido después	Tiempo   Nivel de presión sonora continua equivalente con ponderación (A)	min   LAeqt	Monitoreo de ruido en área de influencia del estudio, aplicación de protocolo Nacional de monitoreo ruido ambiental. RM N°227-2013-MINAM.

*Nota.* Variables del desarrollo del proyecto de investigación.

### 3.6. Procesamiento y análisis de datos

Referente a las variables de estudios encontradas de esta investigación se utilizará la prueba de T student con dos tipos de tratamientos probándose tres barreras acústicas con el contraste estadístico de Anova.

Según Scientific European (2009) La prueba "t" de Student es un tipo de estadística deductiva. Se utiliza para determinar si hay una diferencia significativa entre

las medias de dos grupos. Con toda la estadística deductiva, asumimos que las variables dependientes tienen una distribución normal. Especificamos el nivel de la probabilidad (nivel de la alfa, nivel de la significación,  $p$ ) que estamos dispuestos a aceptar antes de que cerco datos ( $p < ,05$  es un valor común se utiliza que).

Consideramos en la investigación la prueba T student se realizará el uso del software SPSS, ya que es software nos permitirá considerar la evaluación de en referencia a incidencias en los factores de entrada, los cuales son de composición y parámetro de proceso, por otro lado, encontramos a la variable respuesta que nos permite contrastar el nivel de ruido y la calidad de esta según ECAs.

Se realizará un análisis estadísticos respecto a los tres tratamientos que se recoge productos del diagnóstico sin las barreras y con las barreras, las mismas que se desarrollaran durante 3 días con tomas de 30 minutos en 03 horarios preestablecidos y con un registro según el Protocolo Nacional de Ruido Ambiental, de 10 mediciones, considerando por minuto tres variaciones por cada punto de monitoreo, los que nos arrojarán en la dos etapas diversos resultados, de donde desprendemos en la segunda etapa el uso de las tres barreras para luego contrastar el análisis e interpretación de todos los datos.

Se aplicará el paquete de software estadístico SPSS Statistics versión 28,0 del cual se hará uso de las herramientas estadísticas que a continuación mencionamos:

- *Frecuencia de Tablas*: se hará uso para registrar los datos producto de obtenidos en las diferentes pruebas experimentales.
- *Gráficas estadísticas*: se hará uso para esquematizar resultados que se obtendrán con ayuda del sonómetro.
- *Factor de absorción acústica*: ayudará a hallar el coeficiente que existe entre correlación de la presión sonora externa y la presión sonora interna con el uso de las barreras.
- *Análisis de varianza (ANOVA)*: se hará uso de para que se pueda comparar las varianzas entre las medias (o el promedio) de diferentes cantidades de panca en las barreras.
- *Prueba T student*: nos permitirá realizar comparaciones planeadas del antes y después del uso de las barreras acústicas.

- *Cantidad de aislamiento acústico*: nos permitirá hallar y analizar la diferencia entre los niveles sonoros que provienen del exterior del aula experimental.

### **3.6.1. Calibración del sonómetro integrador de clase 1**

El sonómetro integrador de clase 1 de marca Larson Davis modelo LxT1 cuenta con un certificado de calibración de INACAL, con fecha de calibración el 20 de octubre del 2022.



un punto de monitoreo al exterior del colegio y un punto de monitoreo al interior de la biblioteca.

### Figura 5

*Ubicación de los puntos de monitoreo de la prueba 0 sin barreras acústicas, prueba 1 con barreras acústicas 100 % panca y prueba 2 con barreras acústicas 50 % panca y 50 % tecnopor*



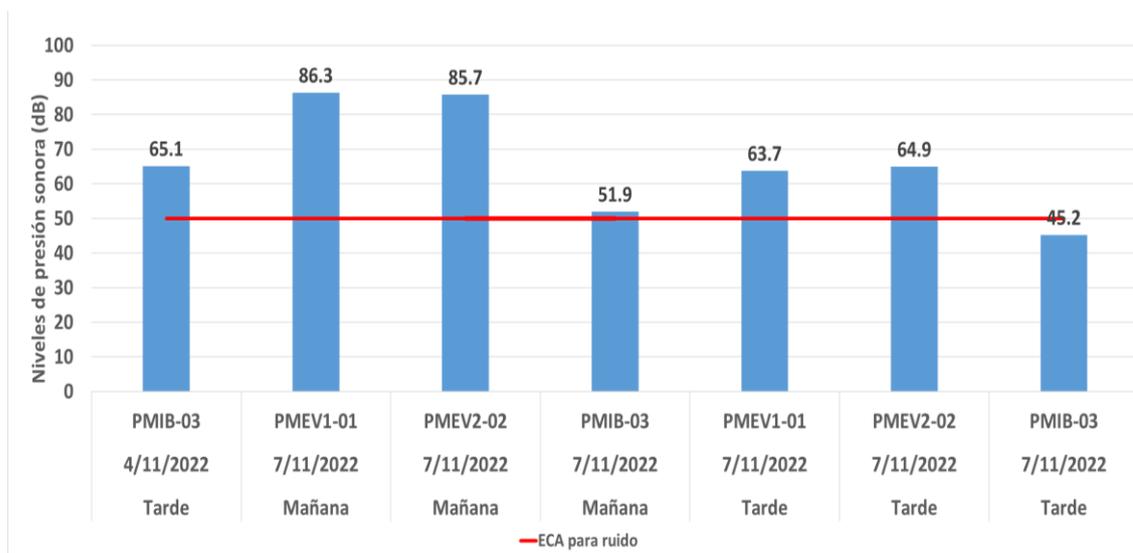
*Nota.* Leyenda: PMEV1: Punto de monitoreo externo de la vereda 1. PMEV2: Punto de monitoreo externo de la vereda 2. PMIB: Punto de monitoreo al interior de la biblioteca.

#### 4.1.2. Resultados de los puntos de monitoreo de ruido de la prueba 0 - sin barrera acústica, al interior y exterior del colegio Carlos Armando Laura.

En la figura 6 se aprecia los resultados de las mediciones de los tres puntos de monitoreo en el día 4 y 11 de noviembre en diversos turnos.

**Figura 6**

*Niveles de presión sonora obtenido por el sonómetro de PME V1-01, PME V2-02 y PMIB- 03 de la prueba 0 sin barreras acústicas*



*Nota.* Leyenda: PME V1: Punto de monitoreo externo de la vereda 1. PME V2: Punto de monitoreo externo de la vereda 2. PMIB: Punto de monitoreo al interior de la biblioteca.

### *Interpretación*

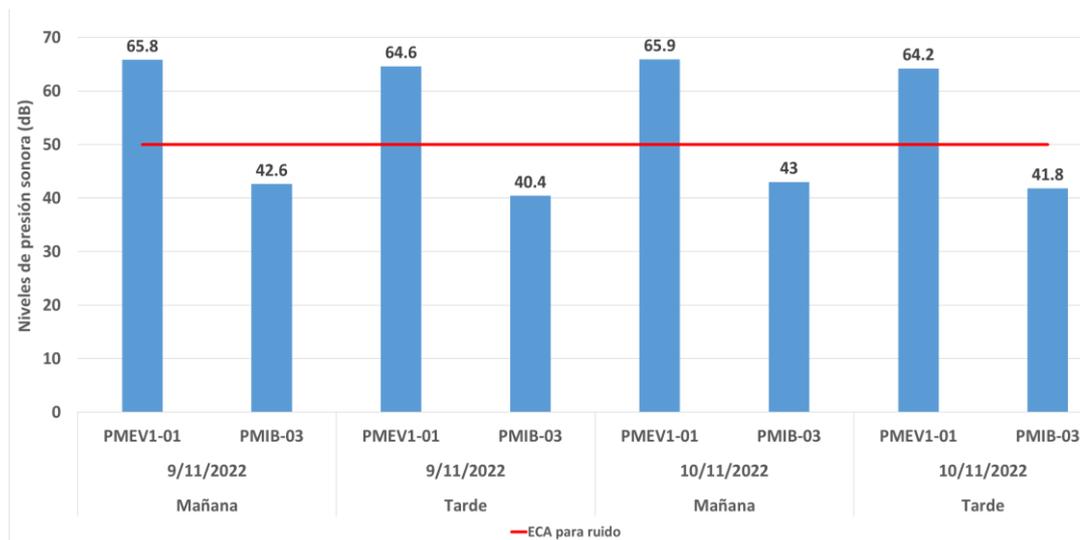
En la presente grafica de barras, se aprecia que los valores de 86,3 dB y 85,7 dB de PME V01-01 y PME V02-02 en el turno de mañana del día 7 de noviembre fueron los más alto durante el periodo de monitoreo de ruido la prueba 0 sin barreras acústicas. Mientras que las mediciones del PMIB-03 el valor más alto fue de 65,1 dB de turno tarde del 4 de noviembre.

### **4.1.3. Resultados de los puntos de monitoreo de ruido de la prueba 1 - con barrera acústica 100% panca de maíz, al interior y exterior del colegio Carlos Armando Laura.**

En la figura 7 se aprecia los resultados de las mediciones de los tres puntos de monitoreo en el día 9 y 10 de noviembre en diversos turnos

## Figura 7

Resultados de los niveles de presión sonora de PMEV1-01, PMEV2-02 y PMIB-03 de la prueba 1 – con barreras acústicas 100 % panca



*Nota.* Leyenda: PMEV1: Punto de monitoreo externo de la vereda 1. PMEV2: Punto de monitoreo externo de la vereda 2. PMIB: Punto de monitoreo al interior de la biblioteca.

### Interpretación

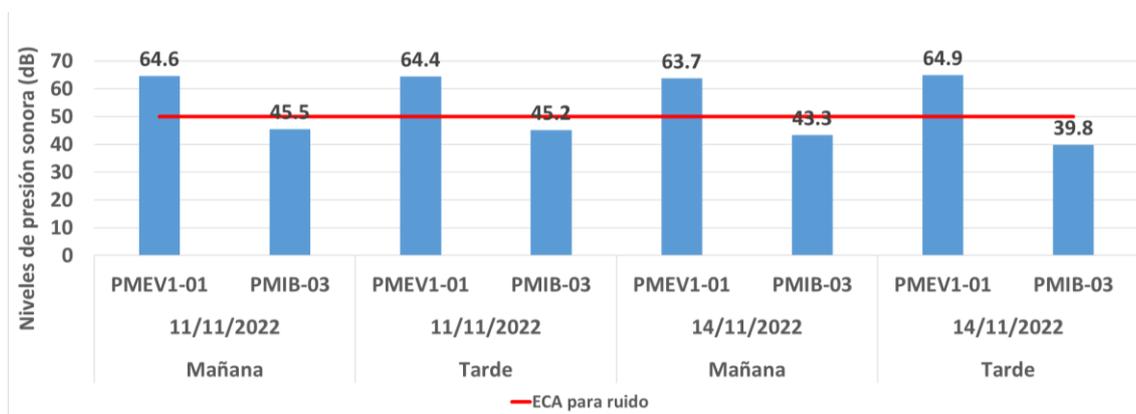
En la presente grafica de barras, durante las mediciones de la prueba 1 – con barreras acústicas 100 % panca, el valor más alto de PMEV1-01 fue de 65,9 dB y el más bajo es de 65,2 dB, y de PMIB-03 el valor más alto es de 42,6 dB y el más bajo es de 40,4 dB, siendo así que las mediciones más altas y baja del PMIB-03 se encuentra debajo de los 50 dB del ECA para ruido.

#### 4.1.4. Resultados de los puntos de monitoreo de ruido de la prueba 1 - con barrera acústica 50 % panca de maíz y 50 % tecnopor, al interior y exterior del colegio Carlos Armando Laura.

En la figura 8 se aprecia los resultados de las mediciones de los tres puntos de monitoreo en el día 11 y 14 de noviembre en diversos turnos

**Figura 8**

*Resultados de los niveles de presión sonora de PMEV1-01, PMEV2-02 y PMIB-03 de la prueba 2 – con barreras acústicas 50 % panca 50 % tecnopor*



*Nota.* Legenda: PMEV1: Punto de monitoreo externo de la vereda 1. PMEV2: Punto de monitoreo externo de la vereda 2. PMIB: Punto de monitoreo al interior de la biblioteca.

### *Interpretación*

En la presente grafica de barras, durante las mediciones de la prueba 2 – con barreras acústicas 50% panca y 50% tecnopor el valor más alto del PMEV1-01 fue de 64,9 dB y el más bajo es de 63,7 dB, y del PMIB-03 el valor más alto es de 45,5 dB y el más bajo es de 39,8 dB.

#### **4.1.5. Influencia del tráfico vehicular en inmediaciones de la I.E. Carlos Armando Laura del cercado de Tacna**

El cercado de Tacna se caracteriza por ser netamente zona de alto grado comercial y también de excesivo flujo vehicular, sobre todo entre las Avenidas Coronel Mendoza y Gustavo Pinto donde geográficamente está ubicada la institución educativa Carlos Armando Laura, encontramos en estas avenidas el comercio ambulatorio, galerías comerciales, flujo vehicular de transporte público y particular, camiones, zona de parqueo y otros que día a día influyen enormemente con la contaminación acústica en toda esta zona, los efectos de la contaminación acústica no atenuados trascienden al interior de las aulas, pabellones administrativos, patios, y otros de esta institución educativa, causando efecto nocivos para la salud como estrés, problemas de audición (hipoacusia), irritabilidad, disminución de la productividad, dolor de cabeza, aceleración del pulso, ansiedad, etc. En la presente investigación después de haber realizado estudios de flujo vehicular en las inmediaciones de esta institución, concluimos que existe un impacto ambiental negativo y perjudicial referente a la salud y bienestar de toda la comunidad educativa expuesta a ruidos diarios de motores de vehículos de

diversa índole, exceso de sonidos emitidos por parlantes o bocinas realizando perifoneo comercial, además del ruido no controlado de escapes de motocicletas y otros tal como se constató con ayuda de un sonómetro de clase 1 en los registros de monitoreo realizado en varios días, por lo cual se recomienda el uso de barreras acústicas dentro de varios ambientes en la institución educativa Carlos Armando Laura y poder contribuir a mejorar la calidad de vida de la comunidad educativa. Cabe indicar que se determinó una contaminación acústica de 67,1 dB del promedio de las mediciones de los puntos de monitoreo exteriores de las 3 pruebas experimentales, siendo lo recomendable para esta zona de protección especial de 50 dB en horario diurno de acuerdo a lo establecido en el ECA para ruido.

## **4.2. Diseño y construcción de las barreras acústicas a base de panca de maíz**

### **4.2.1. Visita in situ al interior de la biblioteca del colegio Carlos Armando Laura**

Se realizó una visita de campo a las instalaciones del colegio Carlos Armando Laura, para conocer las dimensiones de las tres ventanas externas de la Biblioteca ubicada en el segundo nivel del colegio; ventanas contiguas a la Av. Coronel Mendoza. En la figura 9 se aprecia que con la compañía de un carpintero se realizó las mediciones respectivas de las dimensiones de la ventana del interior de la biblioteca

#### **Figura 9**

*Mediciones de las dimensiones de las tres ventanas de la biblioteca*



*Nota.* Las tres ventanas tienen las mismas dimensiones de 2,73 m de largo y 1,50 m de ancho

### **4.2.3. Simulación de una placa acústica de dimensión de 67 cm x 48 cm**

Se realizó la construcción de una placa acústica de estructura de madera, que tuvo las dimensiones de 0,67 m x 0,48 m x 0,06 m, a fin de conocer la cantidad de panca y tecnopor que se utilizara para el prototipo de barrera acústica. En la figura 10 y 11 se aprecia el llenado de panca de maíz y tecnopor a la celda acústica.

**Figura 10**

*Prototipo de placa acústica relleno al 100 % panca*



*Nota.* Con una cantidad de 1,1 kg se relleno con panca a 6 cm de ancho a la placa acústica

**Tabla 8**

*Escalamiento de cantidad de masa de panca de maíz por placa acústica, por barrera acústica y por las tres barreras acústicas*

Placa acústica	Barrera Acústica	3 Barreras acústica
1,1 kg	13,2 kg	39,6 kg

*Nota.* Masa de panca de maíz por especificaciones.

**Figura 11**

*Prototipo de placa acústica relleno al 100 % tecnopor*



*Nota.* Con una cantidad de 180 g se relleno con tecnopor a 6 cm de ancho a la placa acústica. Esto quiere que decir que 90 g se utilizará para relleno una placa acústica.

**Tabla 9**

*Escalamiento de cantidad de masa de tecnopor por placa acústica, por barrera acústica y por las tres barreras acústicas*

Placa acústica	Barrera Acústica	3 Barreras acústica
90 g	1,08 kg	3,2 kg

*Nota.* Masa de panca de tecnopor por especificaciones.

**4.2.4. Diseño de las barreras acústicas**

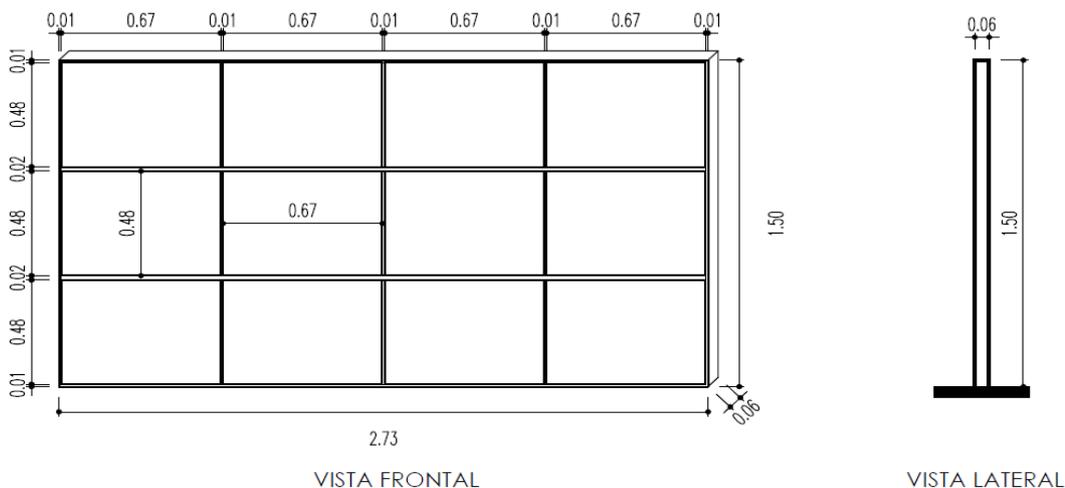
De acuerdo a las dimensiones de las tres ventanas exteriores de la biblioteca, que son 2,73 m de largo, 1,50 m de alto y 6 cm de ancho en base de madera moema, es que se procede a dividir en 4 columnas, y 3 filas, lo que hace un total de 12 placas, teniendo como dimensiones de 0,67 m de largo y 0,48 m de alto.

La tapa posterior interna y externa de las barreras acústicas son de triplay y está compuesta por tapas contra placadas, que cubre el total de la barrera acústica; siendo la tapa posterior externa de tipo corredizo que permite agilizar el tratamiento de pruebas según el material. Así mismo, se colocó en los bordes laterales 2 seguros que permiten el soporte con ayuda de pernos a la pared que se removerán para desempotrar las barreras en las pruebas a realizar.

Se realizó el triplay movable de las tapas externas de las barreras acústicas debido a que durante las pruebas a realizar se incluye y extrae los materiales para pasar de una prueba a otra, en este caso prueba 1, 100 % panca, y prueba 2, 50 % panca y 50 % tecnopor. Ambos materiales en trozos pequeños. En la figura 12 se aprecia las medidas de las barreras.

**Figura 12**

*Diseño de las barreras acústicas*



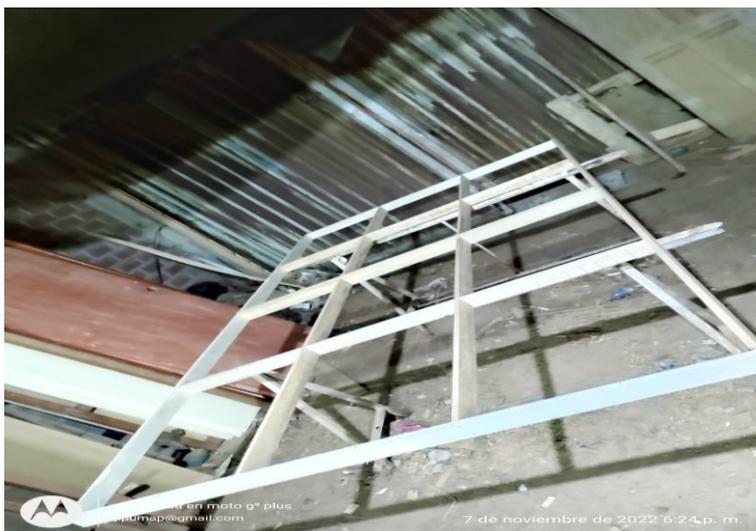
*Nota.* Diseño de barreras acústicas siendo empotradas a las ventanas exteriores de la biblioteca

#### 4.2.5. Construcción de las barreras acústicas

Se construyeron las barreras acústicas de forma rectangular y de estructura de madera moema, donde se disponen 12 placas según las especificaciones de 0,67 x 0,48 x 0,06 m, además de colocar las tapas que son de tipo contra placada, el área de la placa es de 4,1 m<sup>2</sup>. En la figura 13 se aprecia la construcción de las barreras acústicas.

**Figura 13**

*Barreras acústicas en plena construcción*



*Nota.* Construcción de las barreras acústicas

#### 4.2.6 Recolección de panca de maíz

Se realizó el acopio de panca de maíz en los mercados “Grau”, “La Agronómica”, y zonas agrícolas, materiales que fueron adquiridos en costalillos de panca maíz, para posteriormente proceder con el proceso de picado y secado del mismo. En la figura 14 se aprecia la compra.

**Figura 14**

*Compra de panca de maíz en el mercado “La Agronómica”*



**Tabla 10***Fecha, Peso y Costo de la panca de maíz húmeda*

<b>Fecha de compra</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Costo (S/)</b>
11 de setiembre 2022	2.8	6
15 de octubre 2022	129	57
18 de octubre 2022	57.6	29
22 de octubre 2022	123	79
30 de octubre 2022	26.5	10
<b>Total</b>	<b>338.9</b>	<b>181</b>

*Nota.* Compra realizada de panca de maíz húmeda en los mercados.

#### 4.2.7 Picado de panca de maíz húmedos en trozos

Posterior a la compra de pancas de maíz, se procede al picado de pancas de maíz húmedas y posteriormente pasan al área de secado en condiciones ambiente. Cabe mencionar que los trozos de panca de maíz y tienen una dimensión de trocitos de 0,03 m de largo que facilita su manejo al momento de la instalación de las barreras acústicas. En la figura 15 se aprecia el picado de la panca de maíz húmedas.

**Figura 15***Proceso de picado de panca de maíz húmedos*

#### 4.2.8 Secado de panca de maíz ya trozadas

Para la etapa de secado de los trocitos de panca de maíz, estas se disponen en cajas de plástica y son colocadas en un área acondicionada que asegure el secado homogéneo de las mismas. En la figura 16 se aprecia diferentes tipos de secado para la panca de maíz húmeda.

**Figura 16**

*Pancas húmedas a secar sobre franelas, dentro de una malla raschel y dentro de canastillas.*



#### 4.2.9. Acopio de tecnopor en los centros comerciales de Av. Coronel Mendoza

Se fue a las distintas calles colindantes a la Av. Mendoza, y se acopio el tecnopor en cantidad que fueron desechados por las mismas tiendas comerciales, para posteriormente picar este material en trocitos e incluir a las barreras acústicas como contenido. En la figura 17 se aprecia el acopio de tecnopor.

**Figura 17**

*Acopio de tecnopor en calles colindante de la Av. Coronel Mendoza*



#### 4.2.10 Picado del tecnopor recogido

Una vez que se recogió el tecnopor, se procedió a picar el tecnopor en trozos diminuto. En la figura 18 se aprecia en picado de tecnopor en trozos diminutos.

**Figura 18**

Picado de tecnopor en trozos



#### 4.2.11. Proceso de acondicionamiento de barrera acústica en base a panca de maíz

Se relleno al 100 % de panca de maíz seca la barrera acústica, para posteriormente ser instaladas en las ventanas de la biblioteca según corresponda. En la figura 19 se parecía el llenado de panca seca trozadas a las placas acústicas.

**Figura 19**

*Rellenado de panca seca trozadas a las placas acústicas*



#### 4.2.12. Empotramiento de las barreras acústicas a las ventanas

Con la ayuda de personas se cargó las barreras acústicas ya contenida de los materiales panca y tecnopor y se encajó a las ventanas y como herramienta de soporte en el lado izquierdo y derecho se colocaron armellas de tal modo que sostenga las barreras y se evite caer. En la figura 20 se aprecia el empotramiento de las barreras acústica a las ventanas.

**Figura 20***Empotramiento de las barreras acústicas***4.2.13. Relleno de panca seca y tecnopor trozados hacia las barreras acústicas.**

Se rellenó completamente de panca seca trozadas con pedazos de tecnopor a cada placa acústica de las barreras acústica, para posteriormente empotrar estas mismas a las ventanas, y después realizar las mediciones respectivas para la prueba 2, 50 % panca y 50 % tecnopor. En la figura 21 se aprecia el llenado de panca seca y tecnopor a las placas acústicas.

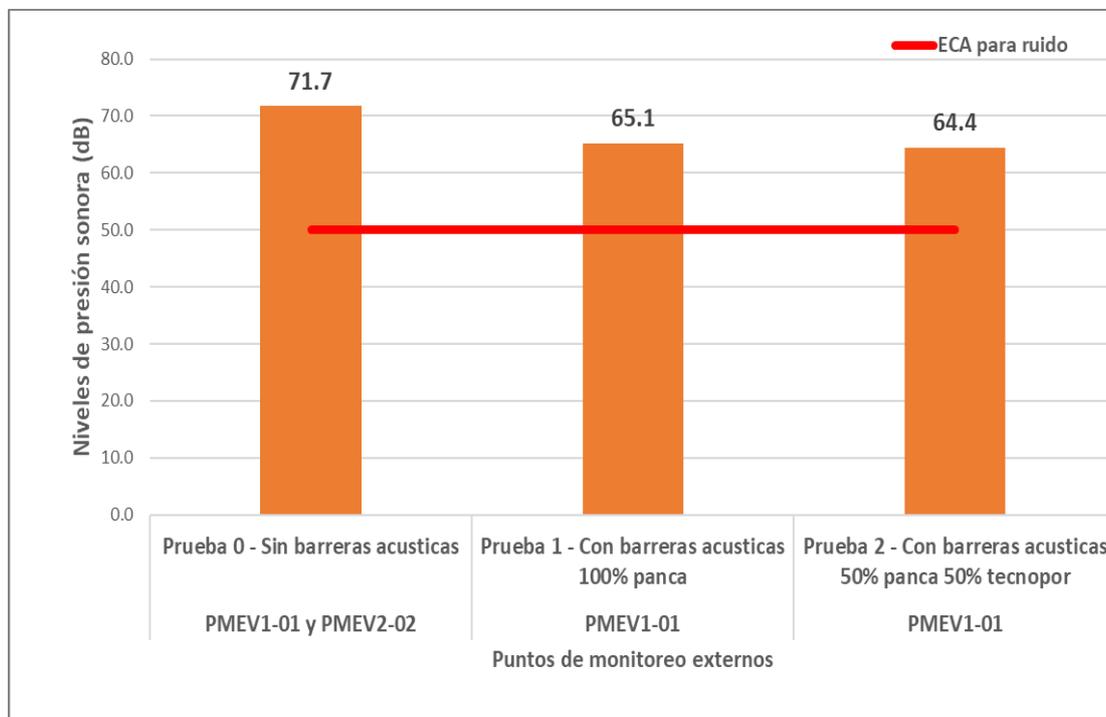
**Figura 21***Rellenado de panca seca y tecnopor trozados a las placas acústicas***4.3. Determinar la atenuación de los niveles de presión sonora de las barreras acústicas de panca de maíz y tecnopor en el colegio Carlos Armando Laura, 2022****4.3.1. Resultados resumen de los promedios de los niveles de presión sonora del PMEV1-01 y PMEV2-02 al exterior del colegio Carlos Armando Laura de la prueba 0 sin barreras acústicas, prueba 1 con barreras acústicas 100 % panca de maíz y prueba 2 con barreras acústicas 50 % panca y 50 % tecnopor**

En la figura 22 se aprecia las mediciones promedias de los puntos de monitoreo de ruido exteriores del colegio de las tres pruebas experimentales.

## Figura 22

*Promedio de las tres pruebas experimentales de PMEV1-01 y PMEV2-02*

*Nota.* Leyenda: PMEV1: Punto de monitoreo externo de la vereda 1. PMEV2: Punto de monitoreo externo de la vereda 2. PMIB: Punto de monitoreo al interior de la biblioteca.



### *Interpretación*

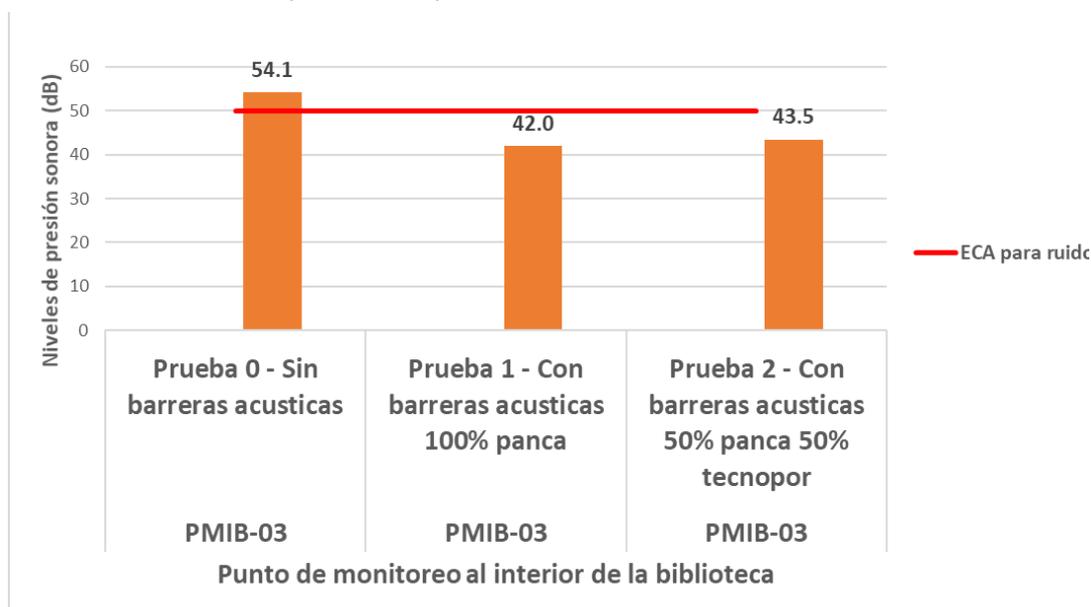
De las 3 pruebas experimentales de los PMEV1-01 y PMEV2-02, la prueba 0 – sin barreras acústicas es la que se obtuvo la mayor cantidad de niveles de presión sonora con un valor de 71,7 dB y la prueba 2 con barreras acústicas 50 % de panca y 50 % de tecnopor con la menor cantidad de niveles de presión sonora con un valor de 64,4 dB.

### **4.3.2. Resultados resumen de los promedios de los niveles de presión sonora del PMIB-03 al interior de la biblioteca del colegio Carlos Armando Laura de la prueba 0 sin barreras acústicas, prueba 1 con barreras acústicas 100 % panca de maíz y prueba 2 con barreras acústicas 50 % panca y 50 % tecnopor**

En la figura 23 se aprecia las mediciones promedias de los puntos de monitoreo de ruido interiores del colegio de las tres pruebas experimentales.

**Figura 23**

*Promedio de las tres pruebas experimentales de PMIB-03*



*Nota.* Leyenda: PME1: Punto de monitoreo externo de la vereda 1. PME2: Punto de monitoreo externo de la vereda 2. PMIB: Punto de monitoreo al interior de la biblioteca.

#### *Interpretación*

De las 3 pruebas experimentales del PMIB-03, la prueba 0 – sin barreras acústicas se obtuvo un valor de 65,1 dB, la prueba 1 con barreras acústicas 100 % panca se obtuvo un valor de 42,0 dB y de la prueba 2 con barreras acústicas 50 % de panca y 50 % de tecnopor se obtuvo un valor de 43,5. De esta forma se evidencia que las barreras acústicas 100 % panca es que el que mayores niveles de presión sonora atenúa, siendo la más efectiva.

#### **4.3.3. Resultados en la atenuación de los niveles de presión sonora del PMIB-03 al interior de la biblioteca del colegio Carlos Armando Laura de la prueba 0 sin barreras acústicas con la prueba 1 con barreras acústicas 100% panca de maíz**

En la tabla 11 se aprecia los niveles de presión sonora atenuado restando la prueba 0 – in barreras acústicas con la prueba 1 – con barreras acústicas 100% panca.

**Tabla 11**

*Atenuación de los niveles de presión sonora con barreras acústicas 100% panca*

<b>Tipos de pruebas</b>	<b>Lmin</b>	<b>Lmax</b>	<b>LAeqT</b>
Prueba 0 - Sin barreras acústicas	40,5	61,0	54,1
Prueba 1 - Con barreras acústicas 100% panca	36,2	51,5	42,0
Decibeles atenuados	4,3	9,5	12,2

*Nota.* Atenuación de decibeles.

#### *Interpretación*

De la prueba 0 sin barreras acústicas se obtuvo un valor de 54,1 dB, mientras que con la prueba 1 con barreras acústicas 100 % panca de maíz se obtuvo un valor de 42,0 dB, siendo la atenuación de 12,2 dB.

#### **4.3.4. Resultados en la atenuación de los niveles de presión sonora del PMIB-03 al interior de la biblioteca del colegio Carlos Armando Laura de la prueba 0 sin barreras acústicas con la prueba 2 con barreras acústicas 50 % panca y 50 % tecnopor**

En la tabla 12 se aprecia los niveles de presión sonora atenuado restando la prueba 0 – in barreras acústicas con la prueba 2 – con barreras acústicas 50% panca y 50 % tecnoopor.

**Tabla 12**

*Atenuación de los niveles de presión sonora con barreras acústicas 50 % panca y 50 % tecnopor*

<b>Tipos de pruebas</b>	<b>Lmin</b>	<b>Lmax</b>	<b>LAeqT</b>
Prueba 0 - Sin barreras acústicas	40,5	61,0	54,1
Prueba 2 - Con barreras acústicas 50% panca 50% tecnopor	37,7	57,4	43,5
Decibeles atenuados	2,8	3,6	10,7

*Nota.* Atenuación de decibeles.

### Interpretación

De la prueba 0 sin barreras acústicas se obtuvo un valor de 54,1 dB, mientras que con la prueba 2 con barreras acústicas 50 % panca de maíz y 50 % tecnopor se obtuvo un valor de 43,5 dB, siendo la atenuación de 10,7 dB.

#### 4.3.5 Resultados de la eficacia en la atenuación de los niveles de presión sonora de la prueba 1 con barreras acústicas 100 % panca y de la prueba 2 con barreras acústicas de 50 % panca y 50 % de tecnopor

**Tabla 13**

*Porcentaje de eficacia en la atenuación de los niveles de presión sonora de la prueba 1 con barreras acústicas 100 % panca de maíz y prueba 2 con barreras acústicas 50 % panca y 50 % tecnopor*

Prueba 0 - Sin barreras acústicas (LAeqT)	Prueba 1 - Con barreras acústicas 100 % panca (LAeqT)	Prueba 2 - Con barreras acústicas 50 % panca 50 % tecnopor (LAeqT)	Eficacia con barreras acústicas 100 % panca	Eficacia con barreras acústicas 50 % panca 50 % tecnopor
54,1 dB	42 dB	43,5 dB	22 %	20 %

*Nota.* Atenuación de decibeles y porcentaje de eficacia acústica.

### Interpretación

La eficacia en la atenuación de los niveles de presión sonora con barreras acústicas 100 % panca es de 22 % y con barreras acústicas 50 % panca y 50 % tecnopor es de 20 %.

## 4.4. Contraste de la hipótesis

### 4.4.1. Hipótesis general

La eficacia en la atenuación de los niveles de presión sonora de las barreras acústicas es significativa

#### a) Hipótesis de prueba

$H_0$  = No hay diferencia significativa entre las medias de ruido interior y exterior

$H_1$  = Hay diferencia significativa entre las medias de ruido interior y exterior

#### b) Significancia

$\alpha = 0,05$

#### c) Prueba estadística

T de Student para muestras relacionadas.

#### d) Prueba de normalidad

Prueba de Chapiro Wilk para muestras pequeñas (<30 datos). En total 22 datos. Que se muestra en la Tabla 22. Es normal la muestra cuando la significancia es mayor que 0,05 (95 % de nivel de confianza) y en dicha tabla los 22 datos sobrepasan a 0,05, por lo que quiere decir que la distribución fue normal, eso quiere decir que los datos fueron bien medidos, y por lo tanto se puede a proceder hacer la prueba estadística T de student.

**Tabla 14**

*Cuadro estadístico de la prueba de normalidad de Chapiro Wilk para muestras pequeñas*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk (<30 datos)		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dia1_SoloPanca_ext_mañ	0,193	11	0,200 <sup>+</sup>	0,910	11	0,246
Dia1_SoloPanca_int_mañ	0,164	11	0,200 <sup>+</sup>	0,942	11	0,544
Dia1_SoloPanca_int_tard	0,126	11	0,200 <sup>+</sup>	0,983	11	0,982
Dia1_SoloPanca_ext_tard	0,212	11	0,179	0,891	11	0,143
Dia2_SoloPanca_ext_mañ	0,157	11	0,200 <sup>+</sup>	0,903	11	0,202
Dia2_SoloPanca_int_mañ	0,130	11	0,200 <sup>+</sup>	0,970	11	0,882
Dia2_SoloPanca_int_tard	0,135	11	0,200 <sup>+</sup>	0,959	11	0,757
Dia2_SoloPanca_ext_tard	0,191	11	0,200 <sup>+</sup>	0,912	11	0,257
Dia3_PancTecn_ext_mañ	0,199	11	0,200 <sup>+</sup>	0,863	11	0,063
Dia3_PancTecn_int_mañ	0,257	11	0,041	0,894	11	0,157
Dia3_PancTecn_int_tard	0,203	11	0,200 <sup>+</sup>	0,931	11	0,419
Dia3_PancTecn_ext_tard	0,212	11	0,180	0,900	11	0,184
Dia4_PancTecn_ext_mañ	0,110	11	0,200 <sup>+</sup>	0,953	11	0,681
Dia4_PancTecn_int_mañ	0,225	11	0,127	0,929	11	0,402
Dia4_PancTecn_int_tard	0,269	11	0,025	0,863	11	0,064
Dia4_PancTecn_ext_tard	0,214	11	0,171	0,925	11	0,358
Dia0_SB_int_mañ	0,168	11	0,200 <sup>+</sup>	0,952	11	0,674
Dia0_SinBarreras_ext1_mañ	0,127	11	0,200 <sup>+</sup>	0,965	11	0,827
Dia0_SinBarreras_ext2_mañ	0,151	11	0,200 <sup>+</sup>	0,942	11	0,539
Dia0_SinBarreras_int_tard	0,364	11	0,070	0,757	11	0,063
Dia0_SinBarreras_ext1_tard	0,243	11	0,069	0,886	11	0,125
Dia0_SinBarreras_ext2_tard	0,227	11	0,117	0,818	11	0,061

**e) Decisión estadística**

P-Valor (sig)  $\geq$  0,0

**Tabla 15**

*Cuadro estadístico de la prueba T de student – parte 1 de las mediciones del ruido externo e interno*

		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Dia1_ SoloPanca _ext_mañ_	23,4090	3,29164	0,99247	21,1977	25,62045	23,587	10	0,000
	Dia1_ SoloPanca _int_mañ								
Par 2	Dia1_ SoloPanca _int_tard_	24,5818	2,89718	0,87353	22,6354	26,52817	28,141	10	0,000
	Dia1_ SoloPanca _ext_tard								
Par 3	Dia2_ SoloPanca _ext_mañ – Dia2_	22,6545	3,28340	0,98998	20,4487	24,86036	22,884	10	0,000
	SoloPanca _int_mañ								
Par 4	Dia2_ SoloPanca _int_tard_	22,2909	2,13375	0,64335	20,8574	23,72438	34,648	10	0,000
	Dia2_ SoloPanca _ext_tard								
Par 5	Dia3_ PancTecn _ext_mañ_	19,5363	3,20726	0,96703	17,3816	21,69103	20,203	10	0,000
	Dia3_ PancTecn _int_mañ_								
Par 6	Dia3_ PancTecn _int_tard_	18,6272	2,69892	0,81376	16,8141	20,44043	22,890	10	0,000
	Dia3_ PancTecn _ext_tard_								
Par 7	Dia4_ PancTecn _ext_mañ_ Dia_	20,3636	2,40511	0,72517	18,7478	21,97941	28,081	10	0,000
	PancTecn _int_mañ_								
Par 8	Dia4_ PancTecn _int_tard_ Dia_	24,4818	3,32530	1,00262	22,24785	26,71579	24,418	10	0,000
	PancTecn _ext_tard								

**Tabla 16**

*Cuadro estadístico de la prueba T de student – parte 2 del ruido externo e interno*

**Prueba de muestras relacionadas**

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
	Dia0_								
Par	SnBarre_int1_mañ	-							
1	- Dia0_ SnBarre _ext1_mañ	34,42727	2,34141	0,70596	36,00025	32,85429	-48,767	10	0,000
	Dia0_ SnBarre								
Par	_int1_tard – Dia0_	-							
2	SnBarre ra_ext1_tard	16,70909	4,65477	1,40347	19,83621	13,58197	-11,906	10	0,000
	Dia0_ SnBarre								
Par	_ext1_mañ –								
3	Dia0_ SnBarre _ext2_mañ	0,27273	3,64200	1,09811	-2,17400	2,71946	0,248	10	0,809
	Dia0_ SnBarre								
Par	_ext1_tard –								
4	Dia0_ SnBarre ext2_tard	-1,92727	3,53188	1,06490	-4,30002	,44548	-1,810	10	0,100

**Interpretación**

Todos los datos de la prueba estadística T student que son las mediciones que se realizó con barreras acústicas 100 % panca de maíz y barreras acústicas 50 % panca de maíz y 50 % tecnopor, de la significación bilateral, son menores de 0,05, eso quiere decir que son significativas que están a 95 % de confianza; a excepción de lo días que no se instaló las barreras acústica a las ventanas, que viene siendo las mediciones exteriores del turno mañana (0.809) y las mediciones exteriores del turno tarde (0,100), ya que no superaron al 95 % de nivel de confianza, de tal modo no son significativo.

**f) Conclusión**

Debido a que en todas las comparaciones de medias de ruido interior y exterior resultan diferentes como se aprecia en la Tabla 15 y 16, se acepta que existe diferencias significativas al 95 % de confianza, por lo cual se concluye que la barrera acústica construida en base a pancas de choclo sí reduce significativamente el ruido.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

En relación a los resultados de la presente experimentación se concluyó que los resultados óptimos de la eficacia en la atenuación de los niveles de presión sonora con el uso de barreras acústicas de 6 cm de ancho, 2,73 m de largo y 1,5 m de alto; rellenas de pancas de maíz y combinadas con Tecnopor es de 22 % y 20 % respectivamente atenuando con los valores de 12 dBA y 11 dBA, siendo estos resultados muy significativos para reducir la intensidad del ruido.

Según Contasti (2009) en su tesis titulada “Análisis Técnico-Económico de la Barreras antiruidos laterales de vías expresas” determina que el ruido producido por las afluencias del parque automotor alcanza entre 64 y 96 dBA y que estas causan diversos problemas en la salud deteriorando la calidad de vida de los peatones. Logra atenuar el nivel de ruido automotor entre 29 % a 49 % corroborando la eficacia de la construcción de barreras acústicas en vías de flujo vehicular elevado durante el día y en horas puntas, cabe indicar que el costo de los materiales de barreras antiruidos haciendo uso de material de construcción hoy en día es muy elevado por lo es más recomendable el uso de materiales biodegradables y reutilizables que contribuyen enormemente en favor de nuestra ecología ambiental; si realizamos una observación en cuanto a la eficacia de 20 dBA y 48 dBA tenemos que reconocer que la mayor atenuación se da en las barreras que propone ya que logra esos resultados al ser construidas con material concreto pero a elevados costos.

Según Molina (2013) en su investigación sobre niveles de absorción de ruido construyendo una sala, con un punto en común; haciendo uso de diversos materiales como: madera, corcho y vidrio, concluye haciendo uso del sonómetro comprobando que el nivel de ruido es de 95 decibeles dentro del terminal motivo de estudio que al hacer uso de la madera balsa esta es más eficiente con un 79 % de incidencia en el nivel acústico obteniendo un promedio de atenuación de 69,09; 63,69 de la madera balsa, demostrando una vez más que los vegetales aplicados para efectos de reducción acústica tienen muy buen resultado en su aplicación. Pero hay que ver que la experimentación se realiza haciendo uso de los materiales previstos en una proporción mínima al referirse a las salas de prueba de 30 cm siendo estas como cajas en donde se evidencia una reducción de ruido considerable pero no se toma en cuenta la cantidad de material que se requeriría si se quiere lograr una atenuación del ruido en un ambiente más grande del terminal ya que determinaría el uso de gran cantidad de madera balsa, tomamos los niveles logrados y podemos rescatar que la atenuación de la madera es recomendable como el caso de la presente investigación al hacer uso de estructuras de

madera moema en la construcción de las barreras acústicas con relleno de panca de maíz y tecnopor.

De acuerdo a Delgadillo (2018) en su investigación evalúa la reducción del ruido construyendo barreras vegetales de dos especies como: la *Jacobaea marítima* y la *Aptenia cordifolia*, aportando de esta manera a la atenuación ecológica de ruidos en base al diseño cuadrado latino con aplicación de 04 prototipos; obteniendo como resultados que las barreras elaboradas con el vegetal *Aptenia cordifolia* logro un 12,49 dBA evidenciando en esta especie tienen mayor reducción del ruido, cabe indicar que el uso de materiales vegetales demuestran eficiencia en la atenuación de ruido, como en el caso de la *Aptenia cordifolia* 12,49 dBA, mientras la panca de choclo demuestra una eficiencia de 12dBA, de esta forma podemos aseverar que la construcción de barreras acústicas en base a especies vegetales no solo permite obtener resultados óptimos de atenuación sonora sino que también es una forma de reutilizar materia biodegradable que contribuyen ecológicamente con el medio ambiente.

Así mismo, Puma (2018) evaluó el uso de barreras acústicas haciendo uso de residuos orgánicos para la atenuación de sonidos mediante el estudio de su comportamientos combinó en diferentes proporciones: marlo de choclo, cáscara de papa y papel periódico construyendo barreras con diferentes combinaciones, para elegir el mejor prototipo que presente las mejores características de atenuación de los ruidos para que lo que utilizó dos sonómetros de clase 2, con la cascara de choclo, granos tiernos de choclo (Marlo de choclo), papel periódico y corteza de la papa obtuvo un 8,6 dBA de promedio en lo referente a atenuación sonora. La eficacia de la barrera para la atenuación sonora evidenció una disminución de ruido en 18.33%, considerando la reutilización de algunos residuos orgánicos podemos concluir que el uso de materia orgánica para la atenuación logra su objetivo pero debemos de considerar que los niveles son relativamente bajos ya que logra una eficiencia de 18,33 % y 8,6 dBA mientras que el uso de pancas de maíz inclusive mezcladas con tecnopor atenúan un 20 % y 11 dBA y en el caso panca pura de maíz atenúa en un 22 % y 12dBA siendo esta última más recomendable para la elaboración de barreras acústicas con vegetales.

Según Mamani (2019) que realizó en su investigación la “Evaluación y Percepción Social del Ruido Ambiental a la que se exponen la comunidad Educativa del cercado de Tacna, 2019” en donde realiza una evaluación de los niveles de contaminación sonora a que están sujetos la comunidad educativa del cercado de Tacna, relacionándolo con los estándares de calidad de ambiental y los valores mínimos propuestos por la Organización Mundial de la salud, realizo su investigación en 13 Instituciones Educativas, obtuvo valores entre 43,18 dBA y 69,25 dBA concluyendo que de las 13 Instituciones Educativas ninguna cumple la normatividad internacional de 35

dBA entre ellas la Institución Educativa Carlos Armando Laura con un 61,19 dBA en el interior de la institución educativa frente a un 54,1dBA en el exterior de la institución. Desprendiendo de la data en cuanto a los valores obtenidos en el interior de la Institución Educativa “Carlos Armando Laura” podemos ver que es de 61,19 dBA y en el caso de las tomas realizadas en la presente investigación nos arroja un resultado de 54,1bBA, mientras que en el exterior se obtuvo 72,4 % y en la presente investigación se obtuvo 71,7 dB por lo que podemos inferir que ambos resultados de las tomas de contaminación acústica es decir la interior y exterior de esta Institución Educativa dan como resultados que de acuerdo a la ECA para ruido (Zona de protección especial) que sobrepasan los 50 dB que se debe tener como máximo y concluimos que en esta institución educativa por ubicarse en una zona comercial, de flujo automovilístico permanente y expuesta a diversos ruidos se debe implementar por la salud y bienestar de todo el personal el uso de barreras acústica para mitigar el ruido exterior que como vimos supera las ECA’s permitidos en esa zonificación establecidas.

## CONCLUSIONES

Con el desarrollo de la presente investigación sobre la determinación respecto a la eficacia en la atenuación de los niveles de presión sonora, a través del uso de barreras acústicas de panca de maíz en la biblioteca del Colegio “Carlos Armando Laura” de Tacna, 2022, se obtuvieron los siguientes resultados: en la prueba 1 con barreras acústicas de 6 cm de ancho rellenos con 100 % pancas se demostró una eficacia en la atenuación de los niveles de presión sonora de 22 % y en la prueba 2 con barreras acústicas de 6 cm de ancho rellenos con 50 % pancas de maíz y 50 % de tecnopor, se obtuvo una eficacia en la atenuación de los niveles de presión sonora de 20 %.

Se determinó mediante los resultados de la prueba 0 sin barreras acústicas de los niveles de presión sonora del PMIB-03 dentro de la biblioteca escolar es de 54,1 dB; la prueba 1 con barreras acústicas 100 % pancas de maíz es de 42,0 dB y de la prueba 2 con barreras acústicas 50 % panca de maíz y 50 % de tecnopor es de 43,5 dB. Mientras que las mediciones exteriores, referenciales de los niveles de presión sonora de los PME1-01 y PME2-02 fuera de la Institución Educativa, contigua a la biblioteca escolar, se obtuvo para la prueba 0 un valor de 71,7 dB, para la prueba 1 un valor de 65,1 dB y para la prueba 2 un valor de 64,4 dB.

En cuanto al diseño y construcción de las barreras acústicas se comprobó la eficacia de su diseño al ser construidas con madera moema siendo ésta muy liviana y resistente, facilitando su transporte y manejo. Las barreras con un ancho de 6 cm para cubrir las ventanas sin causar modificaciones en la estructura de las ventanas son adecuadas; así como en el empotrado tomando en cuenta las dimensiones de largo 2,73 m y con un alto de 1,5 m que encajan adecuadamente al fijarse con los seguros metálicos y pernos en la pared. El uso de placas con dimensiones de 67 cm de largo y con un alto de 48 cm (por barrera, 4 placas por columna y 3 placas por fila, siendo un total de 12 placas), se evidenció su fácil manejo y su eficacia al ser rellenas en el intercambio de material de estudio (pancas de maíz y tecnopor) siendo la reutilización una opción para la obtención de estos materiales.

Se determinó la atenuación de los niveles de presión sonora, con el uso de barreras acústicas en el interior de la biblioteca del colegio “Carlos Armando Laura” de Tacna, 2022. En la prueba 0 se logró un valor de 54,1 dB sin el uso de las barreras

acústicas; en la prueba 1 se logró un valor de 42 dB aplicando el uso de las barreras acústicas rellenas con 100 % de panca de maíz atenuando los niveles presión sonora a 12 dB; aplicando la reutilización de tecnopor se realizó la prueba 2 con barreras acústicas con un relleno de 50 % de panca de maíz y 50 % de tecnopor, se logró un valor de 43,5 dB atenuando los niveles de presión sonora a 11 dB. Por tanto se evidencia que las barreras acústicas 100 % panca de maíz muestra valores significativos de 22 % y 12 dB en su eficacia y atenuación de los niveles de presión sonora.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer de conocimiento a la comunidad educativa del Colegio Carlos Armando Laura los resultados que se obtuvieron en la presente investigación ya que la contaminación acústica externa al colegio es un problema de impacto ambiental negativo para los alumnos, docentes y personal administrativo y de servicio ya que los ruidos molestos causan estrés, mala concentración, irritabilidad dolor de cabeza, etc., y a la larga problemas auditivos, al tener conocimiento se puede realizar acciones para prevenir estos síntomas negativos para la salud de esta institución en la prevención y control de ruidos externos con el uso de barreras acústica ecológicas en lugares estratégicos.

Para una mayor eficacia en el uso de las barreras acústicas de panca de maíz en la atenuación de los niveles de presión sonora recomendamos que la panca de maíz debe pasar un proceso riguroso de secado (mínimo de 3 a 4 días al sol) y esto facilitará la mayor compactación en las placas acústicas, teniendo en cuenta que al estar más secas tendrán mayor compactación y al estar mayor compactado será más eficiente en la atenuación de los niveles de presión sonora. Y en el caso del uso del tecnopor para una mayor compactación debe de pasar por un proceso de picado en trozos diminutos facilitando de esta manera su introducción dentro de las barreras.

El fácil transporte y manejo de las barreras, nos permite recomendar; realizar varias pruebas en diversos ambientes del Colegio y lograr su uso según las necesidades de cada ambiente u oficina. Y según sea la necesidad de atenuación de los niveles de presión sonora se podrá hacer uso de panca de maíz pura, o tecnopor puro o combinación de panca y tecnopor que se constituyen en material ecológicos reutilizables dentro de las barreras. Ya que ambos materiales según los resultados cumplen la función en la atenuación de los niveles de presión sonora de 6 dB en el 100% panca con una eficacia de 12 % y en el caso de 50 % panca de maíz y 50 % de tecnopor de 4 dB con una eficacia de 8 %.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bochi, C., Acosta, A., & González, A. (2005). Determinación del coeficiente de aislación acústica de un muro construido con bloques de cemento rellenos con arena. Obtenido de EnIDI:  
<http://www1.frm.utn.edu.ar/laboratoriodeacustica/Determinaci%C3%B3n%20de%20coeficiente%20de%20aislaci%C3%B3n%20ac%C3%BAstica%20de%20un%20muro%201.pdf>
- Contasti, Y. (2009). Análisis técnico-económico de la viabilidad de barreras antiruido laterales de vías expresas (Tesis de pregrado). Universidad Central de Venezuela, Venezuela. Obtenido de  
<http://saber.ucv.ve/jspui/handle/123456789/11257>
- Delgadillo, G. (2018). Reducción del ruido mediante barreras vegetales con las especies *Jacobaea maritima* y *Aptenia cordifolia* en condiciones controladas – Lima (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Perú. Obtenido de  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/36267/Delgadillo\\_VGJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/36267/Delgadillo_VGJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Etsa Perú. (2015). El poliestireno expandido en la construcción y decoración. Obtenido de Tipos de uso de Tecnopor: <https://etsaperu.com.pe/poliestireno-expandido-construccion-decoracion/#:~:text=Planchas%20de%20tecnopor&text=Las%20planchas%20de%20poliestireno%20expandido,aislamiento%20t%C3%A9rmico%2C%20ac%C3%BAstico%20y%20refrigeraci%C3%B3n>.
- García, B., & Garrido, F. (2003). La contaminación acústica en nuestras ciudades. Fundación La Caixa, 45-46.
- García, X., García, I., & García, J. (2010). Los efectos de la contaminación acústica en la salud: conceptualizaciones del alumnado de Enseñanza Secundaria Obligatoria de Valencia (Tesis de pregrado). Universidad de Valencia. Obtenido de <https://roderic.uv.es/handle/10550/21231>
- Gavilan. (2016). Gavilan. Obtenido de <https://maderasgavilan.com/triplay/#:~:text=El%20triplay%2C%20tambi%C3%A9n%20conocido%20como,ligereza%2C%20elevada%20resistencia%20y%20estabilidad>
- Gómez, C. (2008). Conceptualización del ECA para ruido.

- Gómez, L. (2019). Diagnóstico del nivel de contaminación por ruido vehicular en aulas y su efecto en la enseñanza - aprendizaje en la ciudad universitaria los granados (Tesis de maestría). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3769>
- Hernández, J. (2009). Diseño de un sonómetro. Instituto Politécnico Nacional, Perú. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/3972/DISENOSONOMETRO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jácome, M., & Jácome, M. (2013). Análisis a la exposición de ruido ambiental y propuesta de un sistema de insonorización a través de procedimientos técnicos para minimizar el impacto ambiental en la empresa CEDA - Latcunga (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1641/1/T-UTC-1515.pdf>
- Kiely, G. (2003). Ingeniería Ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Colombia: Mc Graw-Hill.
- Kotzen, B., & English, C. (2009). Barreras de ruido ambiental, una guía para su diseño acústico y visual. Routledge.
- Lokken, E. (2015). Muros de hormigón para reducir el ruido en las carreteras. *Revista ingeniería asce*, 102(4), 675-676.
- Lucic, Y. (2009). El ruido como problema en el aprendizaje (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Chile. Obtenido de [http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2009/aq-lucic\\_y/pdfAmont/aq-lucic\\_y.pdf](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2009/aq-lucic_y/pdfAmont/aq-lucic_y.pdf)
- Mamani Valdez, A. (2019). Evaluación y Percepción Social del ruido ambiental a la que se expone la comunidad educativa del cercado de Tacna. Tacna: Repositorio Universidad Privada de Tacna. Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1215/Mamani-Valdez-Antuanne.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Maquera, K. (2018). Determinación de la eficiencia en barreras acústicas, evaluando la capacidad insonora frente a niveles de presión sonora. Universidad Privada de Tacna, Perú. Obtenido de <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/1061>
- Martínez, J., & Peters, J. (2015). Contaminación acústica y ruido (Tercera ed.). Ecologistas en Acción.
- MINAGRI. (2014). Oficina de Estudios Económicos. Perú: <http://www.minag.gob.pe/portal/herramientas/estadisticas>.
- Molina, O. (2013). Niveles de absorción de ruido con madera, corcho y vidrio en la terminal terrestre de quevedo. Universidad Técnica Estatal de Quevedo,

Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2341/1/T-UTEQ-0024.pdf>

Municipalidad Provincial de Tacna. (2015). Plan de desarrollo urbano Tacna 2015-2025.

Tacna: Architech. Obtenido de <https://architectacna.carto.com/builder/4250c730-61c1-11e7-a1fb-0e98b61680bf/embed?state=%7B%22map%22%3A%7B%22ne%22%3A%5B-18.003873773261322%2C-70.24461865425111%5D%2C%22sw%22%3A%5B-18.002072845383164%2C-70.24069190025331%5D%2C%22center%22%3A%5B-18.00297>

Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía. (2011). Ruido y salud. Obtenido de OSMAN: [https://www.diba.cat/c/document\\_library/get\\_file?uuid=c40089f2-47b6-4b57-9c7f-9c7c5cdc63&groupId=7294824](https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=c40089f2-47b6-4b57-9c7f-9c7c5cdc63&groupId=7294824)

Ocaña, T. (2018). Eficacia en la atenuación del nivel de presión sonora mediante placas de espiguilla de trigo en el Colegio Politécnico del Callao Carmen de La Legua (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Perú. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/20213/Oca%3%b1a\\_PTD.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/20213/Oca%3%b1a_PTD.pdf?sequence=6&isAllowed=y)

Olmeda, F. (2019). Evaluación de la calidad nutritiva de los residuos del cultivo de maíz en el centro agrnómico - K'Ayra (Tesis de Pregrado). Universidad Naiconal de San Antonio Abad del Cusco. Obtenido de [http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/3817/253T2019\\_0127\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/3817/253T2019_0127_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Olmos, D. (2002). Evaluación de la pérdida de inserción de una barrera acústica aplicada en un proyecto lineal (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2002/bmficio.51e/doc/bmficio.51e.pdf>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (5 de Junio de 2016). Contaminación sonora en Lima y Callao. Obtenido de OEFA: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=19088](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=19088)

Protocolo Nacional de Monitoreo para Ruido. (2013). Resolución Ministerial N° 227-2013-MINAM. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/02/RM-N%C2%BA-227-2013-MINAM.pdf>

Puma, J. (2018). Atenuación sonora por barreras acústicas a base de residuos orgánicos para reducir el nivel de ruido en una avenida principal, Puente Piedra. Universidad César Vallejo, Perú. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/19344/Puma\\_AJY](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/19344/Puma_AJY)

.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido. (2003). Decreto Supremo N° 085-2003-PCM. Obtenido de Ministerio del Ambiente: [https://www2.congreso.gob.pe/Sicr/Comisiones/2004/Ambiente\\_2004.nsf/Documentosweb/7F7A233762288E5205256F320057E462/\\$FILE/ds-85-2003-pcm-RUIDO.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/Sicr/Comisiones/2004/Ambiente_2004.nsf/Documentosweb/7F7A233762288E5205256F320057E462/$FILE/ds-85-2003-pcm-RUIDO.pdf)
- Reyes, M. (2009). Aplicación del diseño experimental en el desarrollo de las prácticas interna, en el área de operaciones unitarias - Guatemala (Tesis de oregradi). Universidad de San Carlos de Guatemala , Guatemala. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1138\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1138_Q.pdf)
- Reyes, S. (2011). La necesidad de crear los reglamentos para evitar la contaminación auditiva en la ciudad de antigua Guatemala del departamento de Sacatepéquez (Tesis de Pregrado). Universidad de San Carlos, Guatemala. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04\\_8905.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_8905.pdf)
- Rybakowski, M., Dudarski, G., & Kowal, E. (2014). Investigación y análisis del ruido emitido por los vehículos según el tipo de pavimento y la velocidad de conducción. Instituto Europeo de Ciencia e Investigación, 2(2), 71-78. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/270218419\\_Research\\_and\\_analysis\\_of\\_noise\\_emitted\\_by\\_vehicles\\_according\\_to\\_the\\_type\\_of\\_surface\\_roads\\_and\\_driving\\_speed](https://www.researchgate.net/publication/270218419_Research_and_analysis_of_noise_emitted_by_vehicles_according_to_the_type_of_surface_roads_and_driving_speed)
- Sánchez, J. (28 de Marzo de 2010). Niveles de decibelios (dB) en nuestro entorno. rtve. Obtenido de <https://www.rtve.es/noticias/20100328/niveles-decibelios-db-nuestro-entorno/322078.shtml>
- Segués, F. (2008). Ruido de tráfico: Carreteras. eoi, 3-4. Obtenido de <https://www.eoi.es>
- Serratos, J. (2009). El origen y diversidad del maíz en el continente. México: Greenpeace.
- Sexto, L. (2007). ¿Cómo elegir un sonómetro? Obtenido de Centro de Estudio Innovación y Mantenimiento (CEIM / ISPJAE), Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría: <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/sonometr.htm>
- Wong, N., Kwang, A., Yok, P., Chiang, K., & Chung, N. (2010). Evaluación acústica de sistemas de vegetación vertical para muros de edificios. Revista ELSEVIER, 45(2). doi:0.1016 / j.buildenv.2009.06.017

**ANEXO**

## Anexo 1. Matriz de consistencia

TÍTULO: ATENUACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO A TRAVÉS DE BARRERAS ACÚSTICAS DE PANCAS DE MAÍZ EN EL COLEGIO CARLOS ARMANDO LAURA, TACNA, 2022								
Interrogante del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicador	Escala	Métodos	Prueba Estadística
¿Cuál es la eficacia en la atenuación de los niveles de presión sonora a través del uso de barreras acústicas de panca de maíz y tecnopor en el colegio Carlos Armando Laura, 2022?	Determinar la eficacia en la atenuación de los niveles de presión sonora a través del uso de barreras acústicas de panca de maíz y tecnopor en el colegio Carlos Armando Laura, 2022.	La eficacia en la atenuación de los niveles de presión sonora utilizando las barreras acústicas rellenas de panca de maíz y tecnopor en el colegio Carlos Armando Laura es significativa.	Barreras acústicas de pancas de maíz y tecnopor en la atenuación sonora.	Características de las barreras acústicas a base de panca de maíz y tecnopor	Ancho	m	Diseño y construcción del prototipo de barreras acústicas en base a panca de maíz y tecnopor	<b>Diseño experimental:</b> Diseño completamente al azar con dos tipos de tratamientos. <b>Muestra:</b> No probabilística. <b>Técnica de recolección de datos:</b> Documentales (las fichas de recolección de datos)
					Altura	m		
					Largo	m		
					Atenuación Acústica	dBA		
					Peso de panca/placa	Kg		
¿Cuáles son los niveles de presión sonora generado en el interior de la biblioteca y exterior del colegio Carlos Armando Laura, 2022?	Determinar los niveles de presión sonora generado en el interior y exterior del colegio Carlos Armando Laura	La atenuación en los niveles de presión sonora usando las barreras acústicas rellenas a 100% panca maíz en el colegio Carlos Armando Laura, 2022, es mayor a 12 dB.	Nivel de ruido	Exposición	Tiempo	min	Monitoreo de ruido en área de influencia del estudio, aplicación de protocolo Nacional de monitoreo ruido ambiental. RM N°227-2013-MINAM.	<b>Técnicas de análisis de datos:</b> Prueba Anova, Prueba T student. <b>Aplicación software:</b> Microsoft Excel, Statgraphics Centurión.
¿Cuáles son las características que presentan las barreras acústicas a base de panca de maíz y tecnopor?	Diseñar y construir las barreras acústicas en base a panca de maíz y tecnopor							
¿Cuál es la influencia del uso de barreras acústicas a base de panca de maíz y tecnopor en la atenuación de los niveles de presión sonora?	Determinar la atenuación de los niveles de presión sonora de las barreras acústicas de panca de maíz y tecnopor en el colegio Carlos Armando Laura, 2022.							
		Intensidad de ruido después						

## Anexo 2: Resolución Ministerial N°227-2013-MINAM



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteAutoridad Nacional  
de Gestión AmbientalDirección General  
de Calidad Ambiental

### PROTOCOLO NACIONAL DE MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL

#### I.- Introducción

El Ministerio del Ambiente es el organismo rector del sector ambiental, forma parte del Poder Ejecutivo y tiene por función desarrollar, dirigir, supervisar y ejecutar la política nacional del ambiente, aplicable a todos los niveles de gobierno y en el marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Como parte de los lineamientos de la Política de Calidad del Aire comprendidos en el eje de Política N° 02 "Gestión integral de la calidad ambiental", la autoridad deberá impulsar mecanismos técnico-normativos para la vigilancia y control de la contaminación sonora.

De acuerdo a lo dispuesto en el artículo 133° de la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, la importancia de manejar instrumentos de vigilancia y monitoreo eficientes radica en que la información obtenida puede orientar la adopción de medidas que aseguren el cumplimiento de los objetivos de la política y normativa ambiental. Por tal razón, la autoridad ambiental nacional será la encargada de establecer los criterios para el desarrollo de las acciones de vigilancia y monitoreo.

Mediante Decreto Supremo N° 085-2003-PCM se aprobaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, con el objetivo de establecer los niveles máximos de ruido en el ambiente que no deben excederse para proteger la salud humana. El artículo 14° de la referida norma establece que la vigilancia y monitoreo de la contaminación sonora en el ámbito local es una actividad a cargo de las municipalidades provinciales y distritales de acuerdo a sus competencias, sobre la base de los lineamientos que establezca el Ministerio de Salud.

No obstante lo anterior, a la fecha no existe ninguna **norma de observancia obligatoria** que determine cómo **realizar un monitoreo de calidad ambiental para ruido**. Actualmente se cuenta con dos (02) Normas Técnicas Peruanas (NTPs), en adelante **NTPs**, emitidas por el INDECOPI:

- a) NTP-ISO1996-1:2007, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimiento de evaluación, y;
- b) NTP-ISO1996-2:2008, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental. Sin embargo, dichas normas sólo son de carácter voluntario y no establecen ninguna obligación de ser observadas por las entidades públicas y privadas al momento de realizar los monitoreos.

Por lo antes expuesto, el presente **Protocolo Nacional de Monitoreo del Ruido** pretende establecer **metodologías, técnicas y procedimientos para realizar las mediciones de niveles de ruido en el país**, los cuales serán de observancia obligatoria por los **Gobiernos Locales** (*principales responsables de ejecutar los monitoreos de ruido de conformidad con lo establecido en el D.S. N° 085-2003-PCM*), así como por todas aquellas personas naturales y jurídicas que deseen evaluar los niveles de ruido en el ambiente. El presente Protocolo establece las directrices generales a ser aplicadas en todo el territorio nacional, independientemente de su ubicación geográfica, contexto social o situación económica específica.

Los resultados obtenidos en los monitoreos, siguiendo el presente protocolo, podrán ser comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Ruido vigentes a efectos de verificar su cumplimiento. Dicha información estará uniformizada y permitirá que la autoridad oriente la adopción de medidas correctivas o preventivas que permitan asegurar el cumplimiento de los objetivos de la política y normativa ambiental en materia de ruido.

Para el desarrollo del Protocolo se toma como base los criterios técnicos descritos en las Normas Técnicas Peruanas aprobadas por el INDECOPI, en la propuesta de Protocolo de Monitoreo elaborada por el OEFA y en la información obtenida en las reuniones celebradas con autoridades en la materia. Este Protocolo incluye capítulos relativos al diseño del plan de monitoreo, frecuencia del monitoreo y períodos de muestreo, selección de métodos de medición y lugares de muestreo, entre otros.



El presente Documento de Trabajo no constituye la posición u opinión del Ministerio del Ambiente en tanto no se encuentre suscrito por autoridad competente. Su reproducción, difusión o cita esta prohibida y limitada por la Ley.

## Anexo 3: Certificado de calibración del Sonómetro

 <p><b>INACAL</b> Instituto Nacional de Calidad Metrología</p>		<h2>Certificado de Calibración</h2> <h3>LAC - 180 - 2022</h3>	
Laboratorio de Acústica		Página 1 de 9	
Expediente	1048774	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>	
Solicitante	MT EQUIPAMIENTO TECNOLOGIC SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - MT EQUITEC S.A.C.		
Dirección	Av. Basadre y Forero Nro. 2142 P.J. Bolognesi		
Instrumento de Medición	Sonómetro		
Marca	LARSON DAVIS		
Modelo	LxT1		
Procedencia	NO INDICA		
Resolución	0,1 dB		
Clase	1		
Número de Serie	0007157		
Micrófono	PCB 377B02		
Serie del Micrófono	340128		
Fecha de Calibración	2022-10-20		
<p>Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.</p>			
		Responsable del área  Firmado digitalmente por LA CRUZ GARCIA Leonardo FAU 1048774015.pdf Fecha: 2022-10-20 17:49:31	Responsable del laboratorio  Firmado digitalmente por GUEVARA CHUQUILLANCA Diamante Miguel FAU 2022102015.pdf Fecha: 2022-10-20 17:58:50
Dirección de Metrología		Dirección de Metrología	
Instituto Nacional de Calidad - INACAL Dirección de Metrología Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501 Email: metrologia@inacal.gob.pe Web: www.inacal.gob.pe		Puede verificar el número de certificado en la página: <a href="https://aplicaciones.inacal.gob.pe/dm/verificar/">https://aplicaciones.inacal.gob.pe/dm/verificar/</a>	



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología  
**Laboratorio de Acústica**

## Certificado de Calibración LAC – 180 – 2022

Página 2 de 9

### Método de Calibración

Segun la Norma Metrológica Peruana NMP-011-2007 "ELECTROACÚSTICA. Sonómetros. Parte 3: Ensayos periódicos" (Equivalente a la IEC 61672-3:2006)

### Lugar de Calibración

Laboratorio de Acústica  
Calle de La Prosa N° 150 - San Borja, Lima

### Condiciones Ambientales

Temperatura	22,0 °C ± 0,2 °C
Presión atmosférica	997,5 hPa ± 0,2 hPa
Humedad relativa	57,1 % ± 0,9 %

### Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia del CENAM Certificado CNM-CC-510-368/2021 Certificado CNM-CC-510-373/2021 Certificado CNM-CC-510-372/2021 Certificado CNM-CC-510-348/2021 Patrones de Referencia de la Dirección de Metrología Certificado INACAL DM LTF-C-041-2022 Certificado INACAL DM LE-230-2021 Certificado INACAL DM LE-327-2020	Calibrador acústico multifunción BRÜEL & KJAER 4226	INACAL DM LAC-116-2022
Patrón de Referencia de la Dirección de Metrología Oscilador de Frecuencia de Cesio Symmetricom 5071A el cual pertenece a la red SIM Time Scale Comparisons via GPS Common-View <a href="http://sim.nist.gov/scripts/sim_rx_grid.exe">http://sim.nist.gov/scripts/sim_rx_grid.exe</a>	Generador de funciones de onda AGILENT 33220A	INACAL DM LTF-C-137-2021
Certificado FLUKE N° F8066025	Multímetro AGILENT 34411A	INACAL DM LE-191-2020
Patrones de Referencia de la Dirección de Metrología Certificado INACAL DM LTF-C-172-2018 Certificado INACAL DM LE-191-2020	Atenuador PASTERNAK 1652	INACAL DM LAC-180-2021

### Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM.  
El sonómetro ensayado de acuerdo a la norma NMP-011-2007 cumple con las tolerancias para la clase 1 establecidas en la norma IEC 61672-1:2002.



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología  
Laboratorio de Acústica

## Certificado de Calibración LAC – 180 – 2022

Página 4 de 9

### ENSAYOS CON SEÑAL ELÉCTRICA

#### Ponderaciones frecuenciales

Señal de referencia: 1 kHz a 45 dB por debajo del límite superior del rango de referencia (95 dB).

#### Ponderación A

Frecuencia (Hz)	Ponderación temporal F		Nivel continuo equivalente de presión acústica (eq)		Tolerancia* (dB)
	Desviación (dB)	Incertidumbre (dB)	Desviación (dB)	Incertidumbre (dB)	
63	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,5
125	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,5
250	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,4
500	-0,1	0,3	-0,1	0,3	± 1,4
2000	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,6
4000	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,6
8000	0,0	0,3	0,0	0,3	+ 2,1;- 3,1
16000	0,1	0,3	0,1	0,3	+ 3,5;- 17,0

#### Ponderación C

Frecuencia (Hz)	Ponderación temporal F		Nivel continuo equivalente de presión acústica (eq)		Tolerancia* (dB)
	Desviación (dB)	Incertidumbre (dB)	Desviación (dB)	Incertidumbre (dB)	
63	-0,1	0,3	-0,1	0,3	± 1,5
125	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,5
250	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,4
500	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,4
2000	0,1	0,3	0,1	0,3	± 1,6
4000	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,6
8000	0,0	0,3	0,0	0,3	+ 2,1;- 3,1
16000	0,0	0,3	0,0	0,3	+ 3,5;- 17,0



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Acústica

## Certificado de Calibración LAC – 180 – 2022

Página 5 de 9

### Ponderación Z

Frecuencia (Hz)	Ponderación temporal F		Nivel continuo equivalente de presión acústica (eq)		Tolerancia*
	Desviación (dB)	Incertidumbre (dB)	Desviación (dB)	Incertidumbre (dB)	
63	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,5
125	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,5
250	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,4
500	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,4
2000	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,6
4000	0,0	0,3	0,0	0,3	± 1,6
8000	0,0	0,3	0,0	0,3	+ 2,1;- 3,1
16000	-0,1	0,3	-0,1	0,3	+ 3,5;- 17,0

### Ponderaciones de frecuencia y tiempo a 1 kHz

- Señal de referencia: 1 kHz, señal sinusoidal.
- Nivel de presión acústica de referencia: 94 dB en el rango de referencia; función  $L_{AF}$
- Desviación con relación a la función  $L_{AF}$

Nivel de referencia (dB)	Función $L_{CF}$ (dB)	Función $L_{ZF}$ (dB)	Función $L_{AS}$ (dB)	Función $L_{Aeq}$ (dB)
94	94,0	94,0	94,0	94,0
Desviación	0,0	0,0	0,0	0,0
Incertidumbre	0,3	0,3	0,3	0,3
Tolerancia*	± 0,4	± 0,4	± 0,3	± 0,3



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

Metrología

**Laboratorio de Acústica**

## Certificado de Calibración LAC – 180 – 2022

Página 6 de 9

### Linealidad de nivel en el rango de nivel de referencia

- Señal de referencia: 8 kHz, señal sinusoidal.
- Nivel de presión acústica de partida: 94 dB en el rango de referencia; función  $L_{AF}$
- Nivel de referencia para todo el rango de funcionamiento lineal:  
Nivel de partida incrementado en 5 dB y luego en 1 dB hasta indicación de sobrecarga sin incluirla.  
Nivel de partida disminuido en 5 dB y luego en 1 dB hasta indicación de insuficiencia sin incluirla.

Nivel de referencia (dB)	Nivel leído (dB)	Desviación (dB)	Incertidumbre (dB)	Tolerancia <sup>a</sup> (dB)
139	139,1	0,1	0,3	± 1,1
134	134,1	0,1	0,3	± 1,1
129	129,1	0,1	0,3	± 1,1
124	124,1	0,1	0,3	± 1,1
119	119,1	0,1	0,3	± 1,1
114	114,1	0,1	0,3	± 1,1
109	109,1	0,1	0,3	± 1,1
104	104,1	0,1	0,3	± 1,1
99	99,1	0,1	0,3	± 1,1
94	94,0	0,0	0,3	± 1,1
89	89,0	0,0	0,3	± 1,1
84	84,0	0,0	0,3	± 1,1
79	79,0	0,0	0,3	± 1,1
74	74,0	0,0	0,3	± 1,1
69	69,0	0,0	0,3	± 1,1
64	64,0	0,0	0,3	± 1,1
59	59,0	0,0	0,3	± 1,1
54	54,0	0,0	0,3	± 1,1
49	49,0	0,0	0,3	± 1,1
44	44,1	0,1	0,3	± 1,1
43	43,1	0,1	0,3	± 1,1
42	42,2	0,2	0,3	± 1,1
41	41,2	0,2	0,3	± 1,1
40	40,3	0,3	0,3	± 1,1
39	39,3	0,3	0,3	± 1,1
38	38,4	0,4	0,3	± 1,1
37	37,5	0,5	0,3	± 1,1

Nota: Para los niveles de 89 dB hasta 37 dB se utilizó un atenuador.



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

Metrología  
**Laboratorio de Acústica**

## Certificado de Calibración LAC – 180 – 2022

Página 7 de 9

### Linealidad de nivel incluyendo el control de rango de nivel

Nota: No se aplica debido a que el sonómetro tiene un rango único.

### Respuesta a un tren de ondas

- Señal de referencia: 4 KHz, señal sinusoidal permanente.
- Nivel de referencia: 3 dB por debajo del límite superior en el rango de referencia; función:  $L_{AF}$

Función:  $L_{AFmax}$  (para la indicación del nivel correspondiente al tren de ondas)

Duración del tren de ondas (ms)	Nivel leído $L_{AF}$ (dB)	Nivel leído $L_{AFmax}$ (dB)	Desviación (D) (dB)	Rpts. Ref.* $\bar{\sigma}_{ref}$ (dB)	Diferencia (D - $\bar{\sigma}_{ref}$ ) (dB)	Incertidumbre (dB)	Tolerancia* (dB)
200	137,0	136,0	-1,0	-1,0	0,0	0,3	$\pm 0,8$
2	137,0	118,8	-18,2	-18,0	-0,2	0,3	+ 1,3; - 1,8
0,25	137,0	109,5	-27,5	-27,0	-0,5	0,3	+ 1,3; - 3,3

Función:  $L_{ASmax}$  (para la indicación del nivel correspondiente al tren de ondas)

Duración del tren de ondas (ms)	Nivel leído $L_{AF}$ (dB)	Nivel leído $L_{ASmax}$ (dB)	Desviación (D) (dB)	Rpts. Ref.* $\bar{\sigma}_{ref}$ (dB)	Diferencia (D - $\bar{\sigma}_{ref}$ ) (dB)	Incertidumbre (dB)	Tolerancia* (dB)
200	137,0	129,5	-7,5	-7,4	-0,1	0,3	$\pm 0,8$
2	137,0	109,9	-27,1	-27,0	-0,1	0,3	+ 1,3; - 3,3

Función:  $L_{AE}$  (para la indicación del nivel correspondiente al tren de ondas)

Duración del tren de ondas (ms)	Nivel leído $L_{AF}$ (dB)	Nivel leído $L_{AE}$ (dB)	Desviación (D) (dB)	Rpts. Ref.* $\bar{\sigma}_{ref}$ (dB)	Diferencia (D - $\bar{\sigma}_{ref}$ ) (dB)	Incertidumbre (dB)	Tolerancia* (dB)
200	137,0	130,0	-7,0	-7,0	0,0	0,3	$\pm 0,8$
2	137,0	110,0	-27,0	-27,0	0,0	0,3	+ 1,3; - 1,8
0,25	137,0	100,7	-36,3	-36,0	-0,3	0,3	+ 1,3; - 3,3

Nota: La medición se realizó en la función SEL (Nivel de exposición al ruido según manual del instrumento).



**INACAL**

Instituto Nacional  
de Calidad

Metrología

**Laboratorio de Acústica**

## Certificado de Calibración LAC – 180 – 2022

Página 8 de 9

### Nivel de presión acústica de pico con ponderación C

- Señales de referencia: 8 kHz y 500 Hz, señal sinusoidal permanente.
- Nivel de referencia: 8 dB por debajo del límite superior en el rango de nivel menos sensible (39 dB a 140 dB);  
función:  $L_{CF}$

**Función:**  $L_{Cpeak}$ , para la indicación del nivel correspondiente a 1 ciclo de la señal de 8 kHz;  
1 semiciclo positivo<sup>+</sup> y 1 semiciclo negativo<sup>-</sup> de la señal de 500 Hz.

Señal de ensayo	Nivel leído $L_{CF}$ (dB)	Nivel leído $L_{Cpeak}$ (dB)	Desviación (D) (dB)	$L_{Cpeak} - L_{C.}^*$ (L) (dB)	Diferencia (D - L) (dB)	Incertidumbre (dB)	Tolerancia <sup>*</sup> (dB)
8 kHz	132,0	134,7	2,7	3,4	-0,7	0,3	± 2,4
500 Hz <sup>+</sup>	132,0	134,1	2,1	2,4	-0,3	0,3	± 1,4
500 Hz <sup>-</sup>	132,0	134,1	2,1	2,4	-0,3	0,3	± 1,4

### Indicación de sobrecarga

- Señal de referencia: 4 kHz, señal sinusoidal permanente.
- Nivel de referencia: 1 dB por debajo del límite superior en el rango de nivel menos sensible (39 dB a 140 dB);  
función:  $L_{Aeq}$

**Función:**  $L_{Aeq}$ , para la indicación del nivel correspondiente a 1 semiciclo positivo<sup>+</sup> y 1 semiciclo negativo<sup>-</sup>. Indicación de sobrecarga a los niveles leídos.

Nivel leído semiciclo + $L_{Aeq}$ (dB)	Nivel leído semiciclo - $L_{Aeq}$ (dB)	Diferencia (dB)	Incertidumbre (dB)	Tolerancia <sup>*</sup> (dB)
139,2	139,2	0,0	0,3	1,8

### Nota:

Los ensayos se realizaron con su preamplificador PCB PRLxT1 077531.

Se utilizó el manual del equipo proporcionado en inglés: Larson Davis LxT Manual for SoundTrack LxT & SoundExpert, I770.01 Rev M, Supporting Firmware Version 2.302, Copyright 2017 by PCB Piezotronics, Inc.

El sonómetro tiene grabado lo siguiente: IEC 61672-2013 Class 1; IEC 60651-2001 Type 1; IEC 60804-2000 Type 1; IEC 61260-2001 Class 1; IEC 61252-2002.



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

Metrología

**Laboratorio de Acústica**

## Certificado de Calibración LAC – 180 – 2022

Página 9 de 9

### Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

### Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

### DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metrológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

### SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

## Anexo 4: Oficio sellado por secretaría del Colegio Carlos Armando Laura

	<b>UPT</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL</b>
<i>Sin fines de lucro</i>		Tacna, 03 de noviembre de 2022
<b>OFICIO N°030-2022-EPIAM-FAING</b>		
<b>Señor</b> <b>Prof. JUAN CARLOS ZAPATO GALLEGOS</b> <b>Director</b> <b>Institución Educativa Carlos Armando Laura N° 4303</b> <b>Ciudad</b>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>I.E. CARLOS ARMANDO LAURA SECRETARÍA</p> <p style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">RECIBIDO</p> <p>FOLIO N°: 07    FECHA: 08/11/22          HORA: 11:34    FIRMA: <i>[Firma]</i></p> </div>
Presente. -		
<b>ASUNTO : SOLICITO BRINDAR FACILIDADES DE INGRESO A INSTALACIONES DE INSTITUCIÓN EDUCATIVA CARLOS ARMANDO LAURA</b>		
<p>Es grato dirigirme a usted para saludarlo y a la vez presentarle al Bachiller en Ingeniería Ambiental Rafael Alejandro Puma Condori quien viene desarrollando el estudio de investigación: "ATENUACIÓN DE NIVEL DE RUIDO A TRAVÉS DE BARRERAS ACÚSTICAS DE PANCA DE MAÍZ EN EL COLEGIO CARLOS ARMANDO LAURA, TACNA, 2022" el estudio comprende en diseñar y construir las barreras acústicas según condiciones de área de estudio seleccionada y posteriormente comprobar a través de indicadores la atenuación del ruido al interior del área de estudio comparando con el Estándar de Calidad Ambiental de Ruido, ECA Ruido.</p>		
<p>Motivo por el cual, es que solicito a usted brinde las facilidades de ingreso al bachiller a las instalaciones de la institución educativa para el desarrollo del presente estudio de investigación. Agradeceré comunicarse con la MSc. Marisol Mendoza Aquino, asesor de estudio de investigación, al celular 988113000 para las coordinaciones correspondientes.</p>		
<p>Sin otro particular, es propicia la ocasión para expresar a usted mi especial consideración y estima personal.</p>		
Atentamente		
 Ing. Milagros Herrera Rejas COORDINADOR(e) ESC. PROF. ING. AMBIENTAL		
AAV/MHR Cc arch.		
<hr/> Universidad Privada de Tacna, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental Campus Capanique Teléfono 052- 4272, Apartado postal: 126, Tacna – Perú <a href="http://www.upt.edu.pe">http://www.upt.edu.pe</a> ; <a href="http://epiam.upt.edu.pe">http://epiam.upt.edu.pe</a> .		

### Anexo 5: Ficha de registro de monitoreo de ruido

 <b>Universidad Privada de Tacna</b> <b>EPIAM - UPT</b> <b>Ficha de Monitoreo de Ruido</b>	
Ubicación	
Codificación del punto	
Coordenadas UTM	
Tipo de prueba	
Zonificación según ECA para ruido	
Fecha	
Nombre que se guardo el archivo	
Fuente fija o movil	
Hora de inicio	
Hora final	

Minutos del punto de monitoreo de ruido	Lmin	Lmax	LAeqT	Observaciones/ Incidencias
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Total				

Tipos de vehiculos		Total
Minibuses		
Combis		
Autos		
Motos		
Camionetas		
Camiones		
N° Total de Vehiculos		

**Anexo 6: Registro Fotográfico**



5 sep. 2022 7:35:53 p. m.  
18.0047S 70.2448W  
138° SE

P.º Francisco de Paula Gonzales Vigil  
Tacna

Altitud: 613.0m

Velocidad: 1.1km/h

Número de índice: 447



23 oct. 2022 2:12:51 p. m.  
17.9968S 70.2519W  
177 S  
Tacna  
Altitud:609.0m  
Velocidad:3.1km/h  
Número de índice: 555







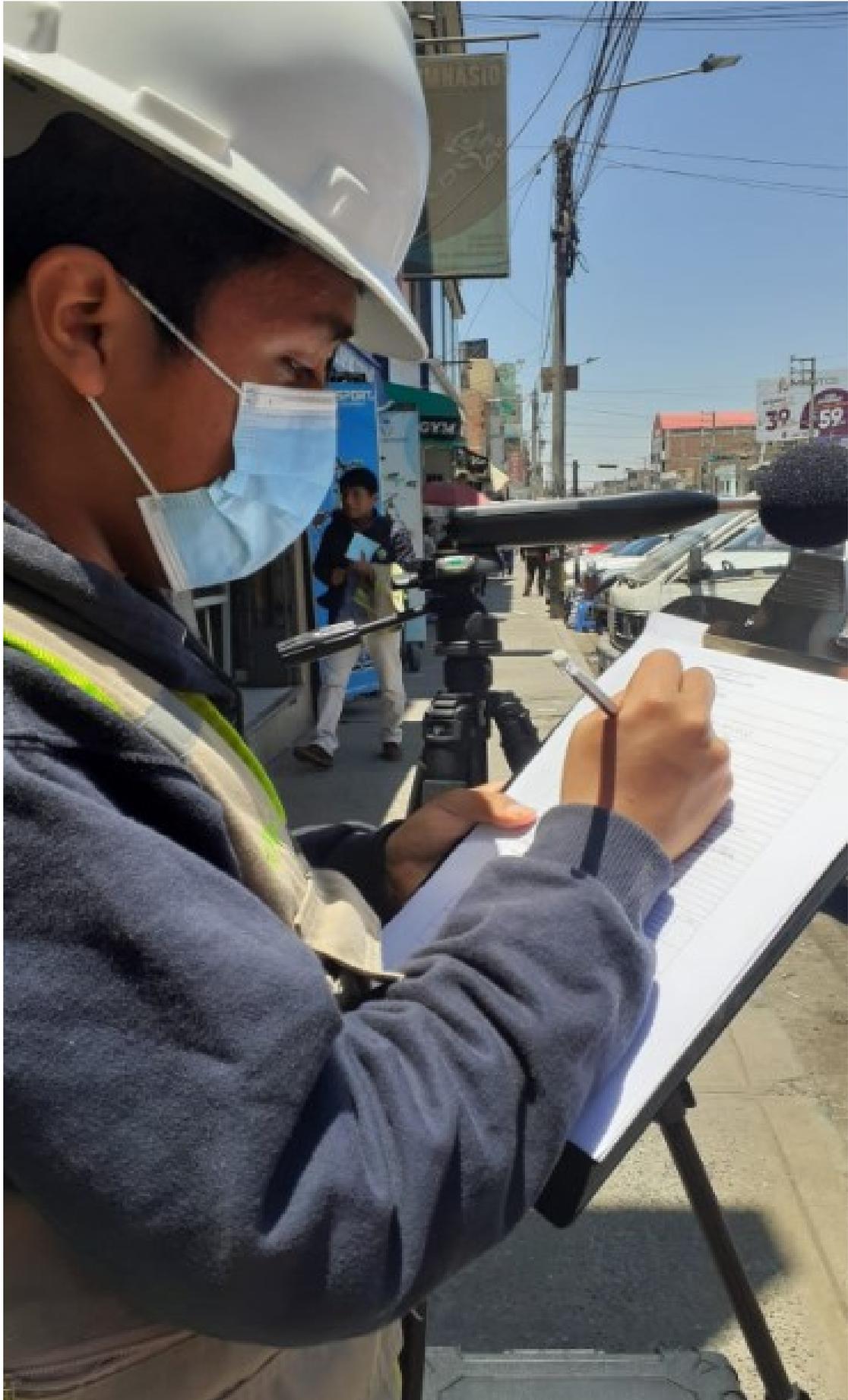




capturada en moto g<sup>+</sup> plus  
@pumap@gmail.com

7 de noviembre de 2022 4:31 p. m.











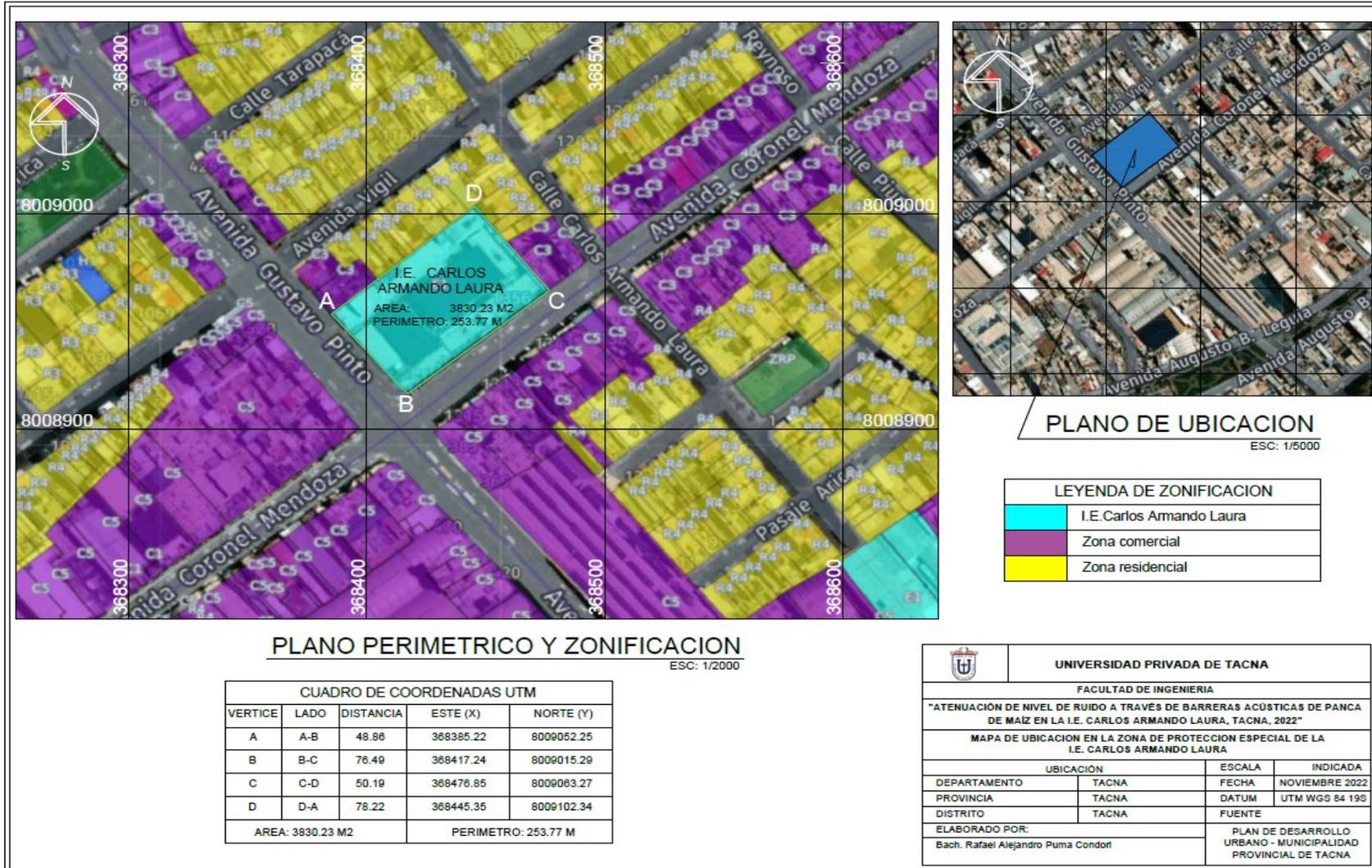


capturada en moto g\* plus  
jlximap@gmail.com

8 de noviembre de 2022 4:04 p. m.



Anexo 7: Mapa de ubicación del Colegio Carlos Armando Laura



**Anexo 8: Resultados del conteo de número de vehículos de los PMEVI-01 y PME-  
V2-02 de los niveles de presión sonora del exterior del colegio Carlos Armando  
Laura de la prueba 0 sin barreras acústicas.**

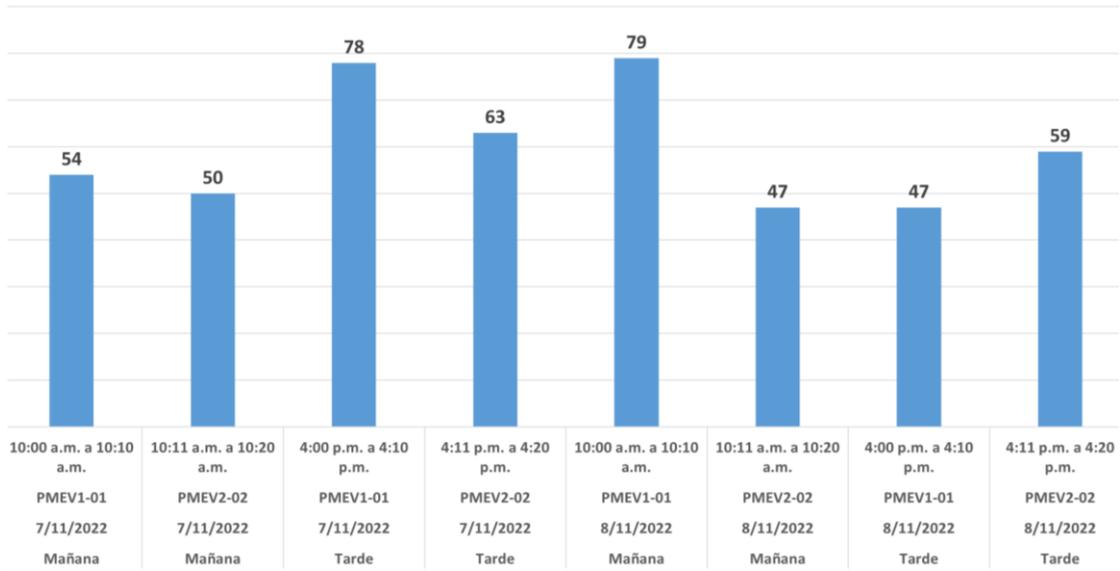
Categorización de vehículos de los puntos de monitoreo exteriores de la prueba 0 sin barreras acústicas

<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Codificación del punto</b>	<b>Vehículos</b>	<b>Cantidad de vehículos</b>	
7/11/2022	10:00 a.m. a 10:10 a.m.	PMEV1-01	Minibuses	0	
			Combis	0	
			Autos	45	
			Motos	4	
			Camionetas	5	
			Camiones	0	
			Bicicletas	0	
				<b>Total</b>	<b>54</b>
	10:11 a.m. a 10:20 a.m.	PMEV2-02	Minibuses	0	
			Combis	0	
			Autos	40	
			Motos	1	
Camionetas			7		
Camiones			1		
			<b>Total</b>	<b>50</b>	
4:00 p.m. a 4:10 p.m.	PMEV1-01	Minibuses	0		
		Combis	0		
		Autos	45		
		Motos	21		
		Camionetas	12		
		Camiones	0		
		Bicicletas	0		
			<b>Total</b>	<b>78</b>	
4:11 p.m. a 4:20 p.m.	PMEV2-02	Minibuses	0		
		Combis	0		
		Autos	50		
		Motos	4		
		Camionetas	6		
		Camiones	3		
			<b>Total</b>	<b>63</b>	

*Nota.* Clasificación de conteo de vehículos de la fecha indicada.

Número de vehículos en total de los PME1-01 y PME2-02 de la prueba 0 sin barreras acústicas

**Interpretación**



En la presente grafica de barras, se aprecia el conteo de números de vehículos en total de los 2 puntos monitoreo (PMEV1-01 y PME2-02) , siendo así el PME1-01 del día de 8 de noviembre en la mañana con la mayor cantidad de números de vehículos de 79, y PME2-02 y PME1-01 del día 8 de noviembre de turno mañana y tarde se obtuvo la menor cantidad de números de vehículos de 47.

**Anexo 9: Resultados del conteo de número de vehículos del PMEV1-01 de los niveles de presión sonora del exterior del colegio Carlos Armando Laura de la prueba 1 con barreras acústicas 100 % panca.**

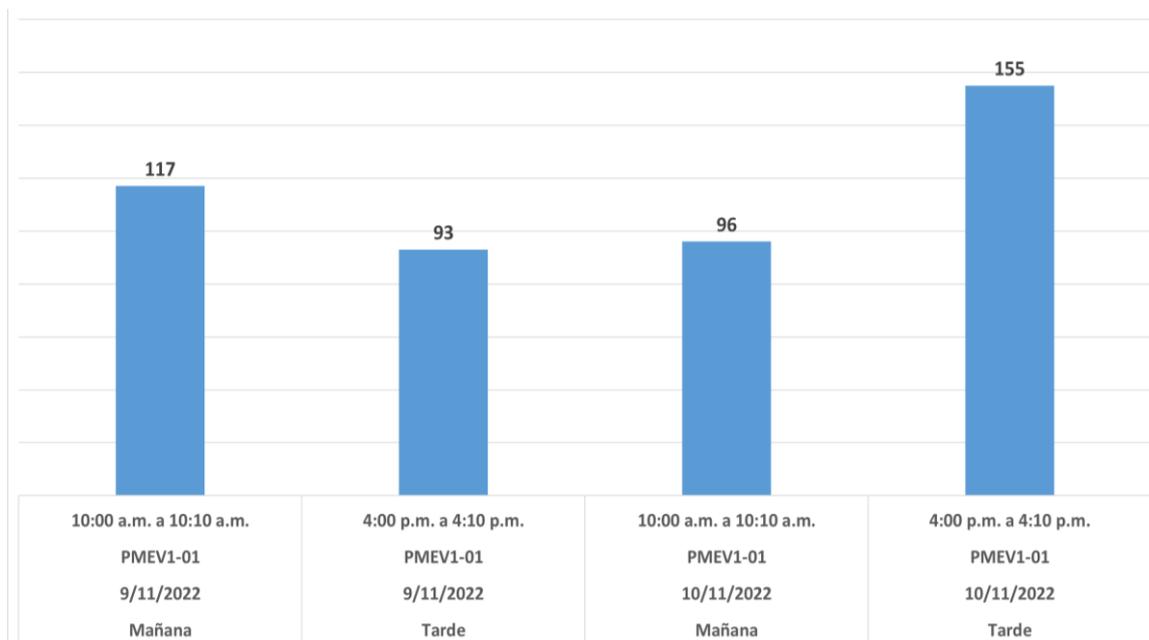
Categorización de vehículos de los puntos de monitoreo exteriores de la prueba 1 con barreras acústicas 100% panca

<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Codificación del punto</b>	<b>Vehículos</b>	<b>Cantidad de vehículos</b>
9/11/2022	10:00 a.m. a 10:10 a.m.	PMEV1-01	Minibuses	0
			Combis	0
			Autos	84
			Motos	8
			Camionetas	15
			Camiones	10
			Bicicletas	0
	<b>Total</b>	<b>117</b>		
	4:00 p.m. a 4:10 p.m.	PMEV1-01	Minibuses	0
			Combis	0
			Autos	72
			Motos	13
			Camionetas	6
			Camiones	2
Bicicletas			0	
<b>Total</b>	<b>93</b>			
10/11/2022	10:00 a.m. a 10:10 a.m.	PMEV1-01	Minibuses	0
			Combis	1
			Autos	80
			Motos	6
			Camionetas	5
			Camiones	4
			Bicicletas	0
	<b>Total</b>	<b>96</b>		
	4:00 p.m. a 4:10 p.m.	PMEV1-01	Minibuses	0
			Combis	0
			Autos	130
			Motos	9
			Camionetas	14
			Camiones	2
Bicicletas			0	
<b>Total</b>	<b>155</b>			

*Nota.* Clasificación de conteo de vehículos de las fechas indicada.

Número de vehículos en total del PMEV1-01 de la prueba 1 con barreras acústicas 100% panca

*Nota.* Clasificación de conteo de vehículos de las fechas indicada.



### Interpretación

En la presente grafica de barras, se aprecia el conteo de números de vehículos en total de un punto monitoreo exterior de la vereda 1 (PMEV1-01), siendo así el PMEV1-01 del día de 10 de noviembre en la tarde con la mayor cantidad de números de vehículos de 155, y PMEV1-01 del día 9 de noviembre de turno tarde con la menor cantidad de números de vehículos de 93.

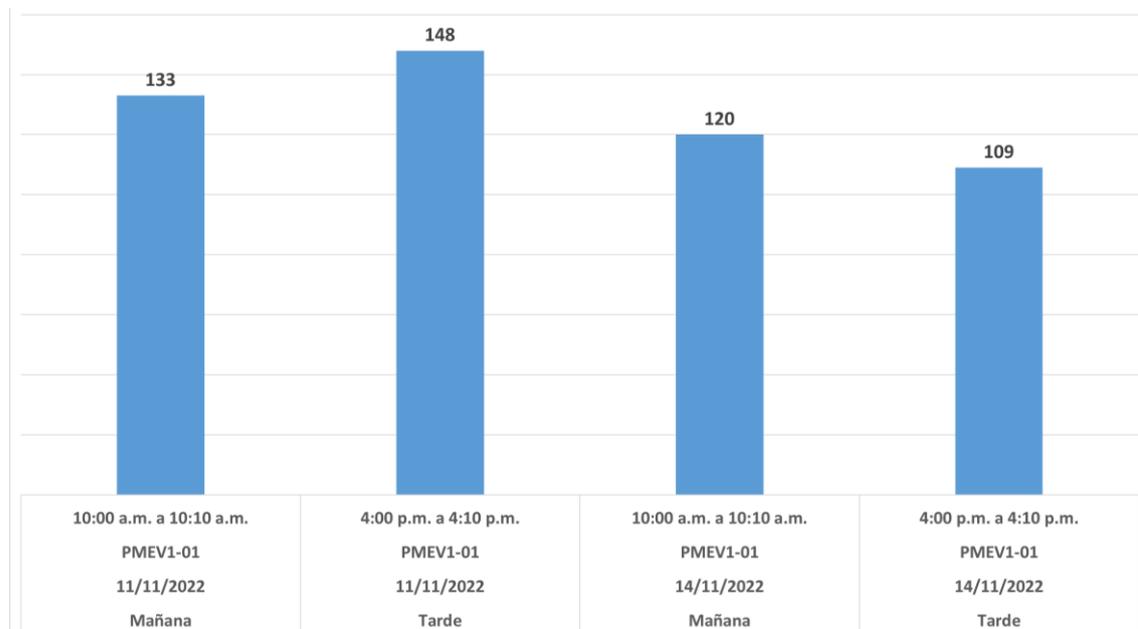
**Anexo 10: Resultados del conteo de número de vehículos del PMEV1-01 de los niveles de presión sonora del exterior del colegio Carlos Armando Laura de la prueba 2 con barreras acústicas 50% panca y 50% tecnopor**

Categorización de vehículos de los puntos de monitoreo exteriores de la prueba 2 con barreras acústicas 50% panca y 50% tecnopor

<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Codificación del punto</b>	<b>Vehículos</b>	<b>Cantidad de vehículos</b>
11/11/2022	10:00 a.m. a 10:10 a.m.	PMEV1-01	Minibuses	0
			Combis	0
			Autos	115
			Motos	9
			Camionetas	5
			Camiones	2
			Bicicletas	2
			<b>Total</b>	<b>133</b>
	4:00 p.m. a 4:10 p.m.	PMEV1-01	Minibuses	0
			Combis	0
			Autos	120
			Motos	10
			Camionetas	7
			Camiones	11
Bicicletas			0	
<b>Total</b>			<b>148</b>	
14/11/2022	10:00 a.m. a 10:10 a.m.	PMEV1-01	Minibuses	0
			Combis	0
			Autos	97
			Motos	15
			Camionetas	2
			Camiones	6
			Bicicletas	0
			<b>Total</b>	<b>120</b>
	4:00 p.m. a 4:10 p.m.	PMEV1-01	Minibuses	0
			Combis	1
			Autos	93
			Motos	6
			Camionetas	7
			Camiones	2
Bicicletas			0	
<b>Total</b>			<b>109</b>	

*Nota.* Clasificación de conteo de vehículos de las fechas indicada.

Número de vehículos en total del PMEV1-01 de la prueba 2 con barreras acústicas 50% panca y 50% tecnopor



### Interpretación

En la presente grafica de barras, se aprecia el conteo de números de vehículos en total de un punto monitoreo exterior de la vereda 1 (PMEV1-01), siendo así el PMEV1-01 del día de 11 de noviembre en la tarde con la mayor cantidad de números de vehículos de 148, y PMEV1-01 del día 14 de noviembre de turno tarde con la menor cantidad de números de vehículos de 109.