



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Atenuación acústica de Cristales de Sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones controladas – Lima 2017”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR

Eliot Kevin Cosme Ponce

ASESOR

Ing. Elmer Benites Alfaro, Dr.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Sistemas de Gestión Ambiental

LIMA – PERÚ

2017 - I

PÁGINA DEL JURADO

.....
Ing. Jorge Leonardo Jave Nakayo, Dr.
Presidente

.....
Ing. Rita Cabello Torres, Mg.
Secretaria

.....
Ing. Elmer Benites Alfaro, Dr.
Vocal

DEDICATORIA

En mi mente conservo la firme convicción de tener siempre la frente en alto, con honestidad e ímpetu de mostrar que la prueba tangible del esfuerzo de mi familia, soy yo. Por ello, esta investigación se la dedico a ellos *Ab imo corde meo*.

Eliot Kevin Cosme Ponce.

AGRADECIMIENTO

Para todas aquellas personas que contribuyeron de distintas maneras y en distintas situaciones en el transcurso de mi vida universitaria. En el conglomerado de vivencias rodeadas por altas y bajas, no muestro ningún arrepentimiento; por el contrario la sensación de orgullo y humildad permanecen.

Eliot Kevin Cosme Ponce.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Eliot Kevin Cosme Ponce con DNI N° 46558076, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 01 de Julio de 2017

Eliot Kevin Cosme Ponce

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Atenuación acústica de Cristales de Sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones controladas – Lima 2017”, la misma que someto a su consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Eliot Kevin Cosme Ponce.

ÍNDICE

PAGINAS PRELIMINARES

PAGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN.....	vi
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad Problemática.....	2
1.2 Trabajos previos	4
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	8
1.4 Formulación del problema	16
1.5 Justificación del estudio	16
1.6 Hipótesis.....	17
1.7 Objetivos.....	18
II. MÉTODO.....	18
2.1 Diseño de investigación	18
2.2 Variables, Operacionalización.....	19
2.3 Población y muestra	20
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	23
2.5 Métodos de análisis de datos.....	26
2.6 Aspectos éticos.....	27

III. RESULTADOS	28
3.1 Pruebas de medición de ruido	28
3.2 Pruebas estadísticas	30
IV. DISCUSIÓN.....	35
V. CONCLUSIÓN.....	37
VI. RECOMENDACIONES.....	38
VII. REFERENCIAS	40
VIII. ANEXOS	42
Anexo 1. INSTRUMENTO.....	42
Anexo 2. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO	43
Anexo 3. MATRIZ DE CONSISTENCIA	46
Anexo 4. REGISTRO DE HOJAS DE CAMPO	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Fórmula de Atenuación acustica	8
Figura 2.- Barrera acústica tradicional - modelo	8
Figura 3.- Barrera acústica tradicional – Imagen real	9
Figura 4.- Cristales de sonido de primera generación – Campos de la universidad de Valencia	9
Figura 5.- Base con guía del orden de los dispersores.....	10
Figura 6.- Disposición y uso de los materiales absorbentes	11
Figura 7.- Modificaciones para obtener el efecto resonante	12
Figura 8.- Vista en planta de Cristales de Sonido de segunda generación.....	13
Figura 9.- Vista en 3D de Cristales de Sonido de segunda generación.....	13
Figura 10.- Valores de los Estandares de Calidad Ambiental para Ruido.....	15
Figura 11.- Miniatura del Plano de ubicación de cámara de ensayos.....	20
Figura 12.- Cámara de ensayo.....	25
Figura 13.- Pruebas de Nivel de ruido - Antes.....	25
Figura 14.- Pruebas de Nivel de ruido con Cristal de Sonido - Después	26

ÍNDICE DE TRABLAS

Tabla 1.- Cuadro de Operacionalización	19
Tabla 2.- Equipos y materiales usados	21
Tabla 3.- Resultados de pruebas de medición de ruido - sin barrera.....	28
Tabla 4.- Resultados de pruebas de medición de ruido - con barrera	29
Tabla 5.- Resumen de procesamiento de datos – software spss statistic 24.0	30
Tabla 6.- Prueba de normalidad – software spss statistic 24.0.....	31
Tabla 7.- Prueba de correlaciones emparejadas – software spss statistic 24.0.....	32
Tabla 8.- Estadísticos de muestras emparejadas – Software SPSS Statistic 24.033	
Tabla 9.- Prueba de t de student para muestras emparejadas – software spss statistic 24.0.....	34

RESUMEN

Esta investigación se realizó con el objetivo de brindar una propuesta alternativa respecto a las tecnologías de control de ruido que están relacionadas estrechamente con los avances en ciencia y tecnología.

Para el desarrollo de esta investigación se parte del objetivo general planteando los estudios y parte experimental, analizando la efectividad de la atenuación acústica usando Cristales de sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones controladas, esto será medido de acuerdo a los fenómenos de Dispersión múltiple, Absorción y Resonancia.

La metodología tomada en cuenta se realizó en base a las investigaciones sobre diseño de Cristales de Sonido, medición y protocolos para la obtención de datos; para la construcción de la estructura se utilizaron materiales que cumplan con las condiciones requeridas, para la medición se utilizó un equipo de medición de ruido (Sonómetro), y los protocolos tomados en cuenta para la toma de data provienen del Minam para medición del ruido.

Los resultados para pruebas de ruido y las pruebas estadísticas, nos permitieron comprobar que efectivamente los Cristales de Sonido influyen en el nivel de atenuación acústica de 9 a 10 dBA. Por ello, se concluyó que hay cumplimiento de los objetivos propuestos, en el cual se comprueba que hay influencia de la presencia de Cristales de sonido como un medio atenuante entre un Emisor y un Receptor.

Palabras clave: atenuación acústica, Cristales de sonido, ondas acusticas, ruido.

ABSTRACT

This research was carried out with the aim of providing an alternative proposal regarding noise control technologies that are closely related to advances in science and technology.

For the development of this research it is part of the general objective of the studies and experimental part, being Analyze the effectiveness of the acoustic attenuation using Sound crystals to reduce the noise level under controlled conditions, this will be measured according to the Dispersion phenomena Multiple, Absorption and Resonance.

The methodology taken into account was based on research on the design of Sound Crystals, measurement and protocols for obtaining data; For the construction of the structure were used materials that meet the required conditions, for the measurement was used a noise measurement equipment (Sonometro), and protocols taken into account for data collection come from the Minam for noise measurement.

The results for noise tests and statistical tests allowed us to verify that Sound Crystals actually influence the level of acoustic attenuation of 9 to 10 dBA. Therefore, it was concluded that there is fulfillment of the proposed objectives, in which it is verified that there is influence of the presence of Sound Crystals as a means between an Emitter and a Receiver.

Key words: acoustic waves, attenuation, Crystals of sound, noise.

I. INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos del término contaminación acústica, se fundamenta en base al ruido, pero siendo considerado como contaminante, es decir, un sonido que podría generar efectos psicológicos y fisiológicos negativos en una persona o para un colectivo. Tener en cuenta que estas actividades y efectos se generan gracias a la misma actividad humana, en industrias como; el transporte, construcción, proyectos, etc. (Cecil, W., Kenneth, L. 2000)

La propagación del ruido como contaminación acústica es considerada de forma general en las ciudades con grandes poblaciones como un factor fundamental que impide un adecuado desarrollo de la calidad de vida. La contaminación del aire por ruido ambiental es un efecto o consecuencia de las actividades que se desarrollan en núcleos urbanos.

El ruido en el ambiente o ruido ambiental es un condicionante en el desarrollo de muchas actividades tales como el dialogo, el sueño, descanso y relajación, los cuales se puede degenerar en enfermedades relacionadas a los nervios y al sistema cardiovascular.

Citando la Ley General del Ambiente N° 28611, en su artículo 115°, numeral 115.2, manifiesta que; los responsables de controlar y normar con respecto a ruidos y vibraciones originados por las actividades comerciales y domésticas, así como por las fuentes móviles, son los gobiernos locales, para lo cual deben establecer la norma respectiva sobre la base de los estándares de calidad ambiental. (Minam 2005); en este párrafo la ley indica que es responsabilidad de los gobiernos locales, es decir, que las municipalidades son las que velaran por el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental.

En concordancia con ello, está el objetivo que señala que, “La presente norma establece los estándares nacionales de calidad ambiental para ruido y los lineamientos para no excederlos, con el objetivo de proteger la salud,

mejorar la calidad de vida de la población y promover el desarrollo sostenible.”(DS 085-2003-PCM)

Cabe agregar que también en el DS 085-2003-PCM se contempla una gestión de ruido ambiental, en la cual tiene como base principal el accionar de los gobiernos locales, más no hay un énfasis en el uso de tecnologías de control de ruido; por ello el desarrollo de las medidas de control relacionadas al control de ingeniería para la transmisión del ruido son un tema importante a atender, actualmente las barreras acústicas o barreras de sonido reducen el impacto de la calidad del aire por ruido; sin embargo la accesibilidad para la disposición de estas tecnologías conlleva altos costos, ya que se aplican a actividades industriales.

Esta investigación se enfoca en la tecnología de la barrera acústica denominada “Cristales de sonido”, la cual fue construida con los materiales más económicos en el mercado peruano, tal como hierro negro y madera, y que cumpla los requerimientos necesarios para su construcción e instalación; se determinó el objetivo de verificar su viabilidad como tecnología de control de ruido y sus efectos en el nivel de ruido percibido por un receptor.

1.1 Realidad Problemática

Las actividades descritas para el campo de acción en el cuidado del medio ambiente son muchas, tales como “Gestión Ambiental” y “Conservación y Protección de los Recursos Naturales”, los cuales se diversifican en múltiples temas; aquí podemos encontrar distintos componentes, tal como agua, suelo, flora, fauna, aire, etc. (Minam, 2013)

En el componente aire se pueden identificar “factores ambientales”, los cuales son susceptibles de ser alterados por cualquier actividad antrópica y natural, sin embargo las de interés público son las alteraciones provocadas por actividad humana de forma directa e indirecta; una de las actividades

principales que altera la calidad del aire son la emisión de gases y partículas por procesos industriales en general, y la propagación del ruido. (Conesa, 2003 p. 243)

Un informe de ruido ambiental en 43 distritos de la provincia de Lima, realizado por la OEFA en el 2015 concluyo, que del total de puntos monitoreados, el 90.21% excedió los Estándares de Calidad Ambiental para ruido. (OEFA, 2015 p. 48). Estas situaciones descritas en los estudios realizados por la OEFA, nos indican que gestión del ruido ambiental en las distintas jurisdicciones es deficiente, el comprobante de ello son los estudios elaborados por la OEFA.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), no se puede afirmar que existe un riesgo directo e identificable de pérdidas auditivas en el ambiente de trabajo por exposición de niveles sonoros equivalentes por debajo de los 75 dBA permanezcan por una jornada laboral de 8 horas. Agregado a ello, el American National Standards Institute establece dicho límite a 80 dBA, sin embargo los autores mencionan que el riesgo es vigente, incluso con valores inferiores, se contemplaría efectos negativos debido a exposición al ruido industrial y ambiental (García, 2001).

Esta situación generó que se aplicarán medidas de reducción del ruido, a través de barreras relacionadas a tecnologías que se fundamentan en el material y la geometría de estos mismos; tal como se puede observar en estudios relacionados a control de ruido de Expósito Santiago con su obra “Innovación para el control del ruido ambiental”, publicada en el año 2013.

Por ello, esta investigación esta direccionada a determinar la eficiencia de los Cristales de Sonido a través de la medición del nivel del ruido percibido por un cuerpo receptor, el cual podría estar expuesto al ruido de innumerables fuentes y en distintas intensidades e intervalos de frecuencias, relacionada a todo tipo de actividad antrópica; es decir, podría ser el ruido generado por el parque automotor, actividad minera y/o industrial, y no menos importante las actividades de comercio formal e informal, etc.

Para este caso se pretende utilizar una barrera para atenuar el ruido, también llamado “Cristales de sonido”, el cual disminuirá el nivel del ruido percibido por un cuerpo receptor; es decir, se ubicará entre el Emisor y Receptor, con la finalidad de atenuar las ondas acústicas mediante mecanismos físicos, y que serán modificados de acuerdo a los fenómenos de Dispersión Múltiple, Absorción y Resonancia; mediante su construcción se usaron materiales que cumplan con las características requeridas para una adecuada estructura que permita que el nivel de atenuación sea el mayor posible; por ello, esta investigación experimental se focaliza en comprobar la efectividad de la atenuación acústica, mediante la disminución del nivel de ruido percibido por un cuerpo receptor.

Los Cristales de sonido son una buena opción, ya que estos son un medio heterogéneo que mantiene dispersores de tipo acústico sólido de variadas propiedades físicas, ordenados como una red. (MARTINEZ-SALA, 2001 p. 132)

1.2 Trabajos previos

Los Cristales de sonido, son una tecnología en vías de investigación y mejora, los estudios relacionados a ello, lo demuestran. La aplicación de esta tecnología de control de ruido en Perú, aun no se registra investigaciones relacionadas a Cristales de Sonido específicamente.

Los estudios relacionados al tema de investigación, son los siguientes:

Según CASTIÑEIRA Sergio (2014), con su investigación, “Análisis y modelado de la fenomenología ondulatoria asociada al diseño de barreras acústicas basadas en conjuntos de dispersores aislados. Homologación de dispositivos”, tiene por objeto el estudio de las barreras de sonidos para usarlo como un dispositivo para reducción del ruido proveniente del tráfico vehicular, en dicho estudios se realizaron pruebas de 02 tipos de barreras,

las cuales fueron usadas para pruebas en laboratorio y análisis de los fenómenos relacionados a esta tecnología; concluyendo que los cristales sónicos o barreras de sonido, aumentan su eficiencia reductora de ruido con ordenamientos fractales basados en cilindros, así como su posterior homologación como un dispersores de tipo A3 y B2, por sus propiedades de absorción acústica y transmisión, respectivamente. En la parte final de este estudio, señala que las perspectivas relacionadas a su investigación son prometedoras, ya que no se abordó el tema en todos los frentes, y que podría ser aplicable a distintas áreas en el entorno de la ingeniería.

La investigación realizada el año 2014, nos muestra que el uso de cristales sónicos basado en cilindros con ordenamientos fractales, son una buena opción en relación a las cantidades de los materiales a usar, así como la opción al uso de otros materiales, lo cual se podría asumir en reducción de costes, proporcional al tipo de material a usar, siempre y cuando se respete la estructura de diseño del cristal sónico.

GRACIA Rogelio (2014), con su investigación, "Diseño y caracterización de metamateriales acústicos basados en guías de onda", tiene como objetivos el diseño de metamateriales acústicos con el fin de reducir la propagación de ondas acústicas, es decir cristal sónico, relacionado a la resonancia característica por material y por forma, así como los estudios realizados para modelos físicos que explicaran el comportamiento y modelación de las ondas acústicas; concluyendo que en la investigación relacionada a las propiedades refractivas, se logró un diseño de un nuevo dispositivo, el cual comprobó las propiedades refractivas del dispositivo son adecuadas, señalando que estos estudios tienen muchos más espacios a ser objeto de investigación y pruebas.

En el estudio de Gracia Rogelio, se puede inferir que los metamateriales tienen efectos reflectivos respecto a las ondas acústicas, teniendo en consideración que estos materiales presentan propiedades que no están presentes en la naturaleza, sino que son diseñadas, y tienen efecto reflectivo en ondas acústicas; cabe resaltar que, la efectividad tiene como base la

morfología del material y sus propiedades físicas para el nivel de efectividad del metamaterial.

Según EXPOSITO (2013), con su obra “Innovación para el control del ruido ambiental”; nos muestra que las tecnologías que se aplican y que podrían aplicarse para control de ruido con una base científica, que si bien es cierto, pueden no resultar económicas, sin embargo, estas abordan varios aspectos de teorías de física, las cuales se pueden utilizar para la reducción de ruido proveniente de todo tipo de fuente.

En la investigación de AURELIEN Lonni (2011), titulada “Focalización del sonido mediante estructuras periódicas tridimensionales”, el cual se basó en el estudio de teorías relacionadas al concepto de cristal de sonido, así como los fenómenos que gobiernan la propagación de ondas, en estructuras similares; obtuvo resultados que le permitieron reducir la incertidumbre en los fenómenos de propagación de ruido, es decir mayor comprensión y correlación de los fenómenos físicos, así como tener en cuenta la precisión del montaje para los cristales sónicos, al momento de querer obtener buenos resultados.

Las teorías y aplicaciones sobre las barreras del sonido nos muestran que, las bases científicas nos permiten establecer el orden y material a utilizar para instalar un cristal sónico.

BACA William y SEMINARIO Saúl (2012), con su investigación titulada “Evaluación de Impacto Sonoro en la Pontificia Universidad Católica del Perú”, la cual se enfocó en el estudio del impacto sonoro al que está expuesto el campus de la universidad, con el fin de establecer áreas con mayor incidencia en calidad de ruido, así como la recolección de información con el fin de realizar una evaluación del impacto acústico; los resultados obtenidos permitieron saber el área de influencia de la fuente de ruido y en base a ello se propuso medidas de mitigación en las estructuras de las aulas para los pabellones más expuestos.

En la investigación antes mencionada, los investigadores realizaron los monitoreos de ruido por fuentes proveniente del parque automotor, teniendo en cuenta que no realizaron pruebas ni experimentos, sin embargo en el estudio, proponen el cambio de las ventanas para la disminución del ruido en los pabellones, esto guarda relación con un tipo de barrera acústica, sin embargo es una evaluación a nivel descriptivo y no aplicativo.

En la tesis doctoral de CHONG Yung (2012), titulada “Sonic Crystal Noise Barriers”, se enfoca en el estudio de los cristales sónicos como barreras que disminuyen el impacto acústico provenientes de fuentes de tráfico, para lo cual realizó estudios respecto a los cilindros con ordenamiento fractal, basándose en la Ley de Bragg, concluyendo que los aportes por uno de cilindros para las fuentes de ruido provenientes del tráfico vehicular son una buena opción y que es un tema a seguir investigando, ya que se observó que modifican las bandas de frecuencia acústica.

El estudio antes mencionado nos brinda información detallada sobre los fenómenos físicos que gobiernan la dispersión de las ondas acústicas, así como su base teórica matemática para la interacción de las ondas y los cristales sónicos, todo ello enfocado en las fuentes de ruido de tráfico; sin embargo se menciona que el uso de estos cristales no es exclusivo para fuentes de tráfico vehicular, sino que pueden ser aplicados para otros tipos de fuente.

En este caso, habiendo descrito los estudios anteriormente, se pretende utilizar materiales más económicos y accesibles, y rigiéndose siempre en las teorías físicas, agregado a ello, la determinación de la eficiencia de atenuación acústica, antes y después de la instalación de los Cristales de Sonido o Cristal Sónico

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Atenuación acústica

La Atenuación acústica o Pérdida por inserción (Insertion Loss), representa la reducción del ruido en dB, cuando entre emisor y receptor se inserta un material; esto se puede expresar como la diferencia de niveles sonoros antes y después de colocar la barrera, expresados en Nivel de presión (Level Pressure) en dB. (Expósito, 2013 p. 256)

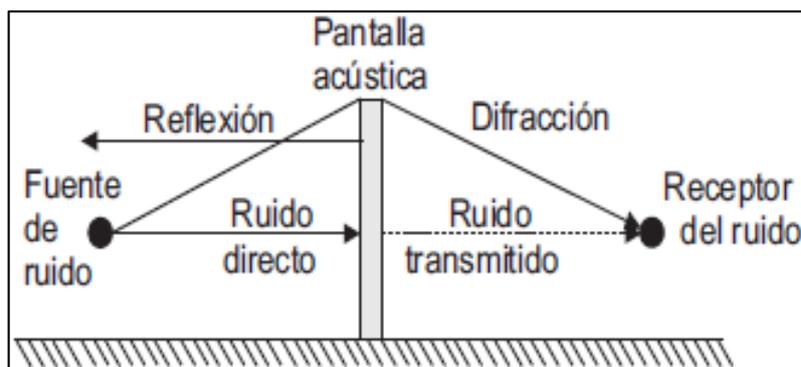
Ver figura 1.- Fórmula de atenuación acústica

$$IL_{pantalla} = L_p \text{ antes} - L_p \text{ despues}$$

Figura 1.- Fórmula de Atenuación acústica

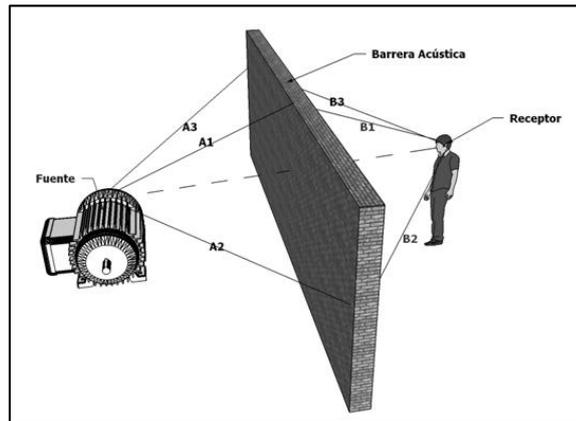
La explicación del efecto del uso de la barrera contempla lo siguiente; el ruido se propaga a través del aire desde la fuente al receptor. La propagación es interrumpida por la barrera acústica cuando se sitúa entre la fuente y el receptor.

Una parte de la energía acústica propagada es reflejada o dispersada hacia la fuente, otra parte se transmite a través, otra parte se difracta por el borde o es absorbida por el material de la barrera. Esto se puede ilustrar en la figura 2 y 3, sobre barreras acústicas.



Fuente: (Castiñeira, 2014)

Figura 2.- Barrera acústica tradicional - Modelo



Fuente: (Google, 2016)

Figura 3.- Barrera acústica tradicional – Imagen real

1.3.2 Sistemas de dispersores acústicos

En investigaciones anteriores se ha demostrado que utilizar una red de cilindros rígidos ordenados periódicamente puede funcionar como dispersor acústico mediante la *Dispersión Múltiple (Multiple Scattering)*, estos constituyen los llamados “Cristales de sonido”, pero de primera generación, ello se puede observar en la figura 4.- Cristales de sonido de primera generación- campus de la Universidad de Valencia.



Fuente: (Castiñeira, 2014)

Figura 4.- Cristales de sonido de primera generación- campus de la Universidad de Valencia.

1.3.3 Cristales de sonido de segunda generación

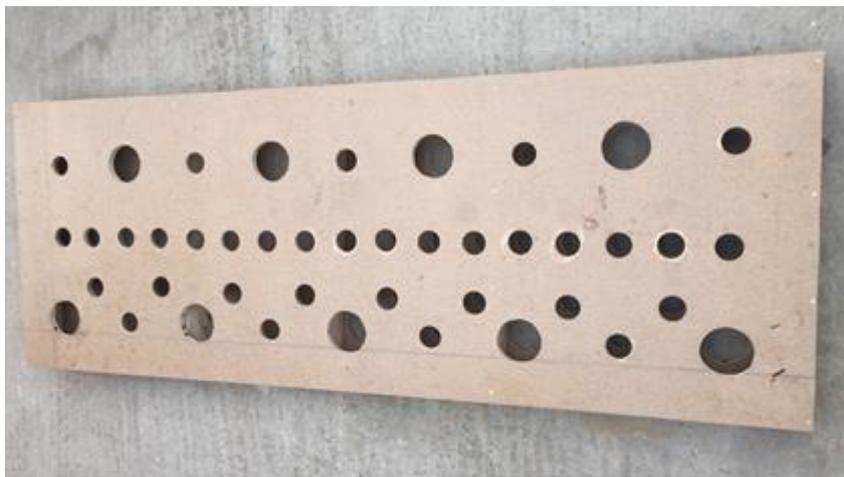
La estructura que se construirá para esta investigación, es condicionada bajo los siguientes mecanismos de control de ruido:

1.3.3.1 Dispersión múltiple

Que viene a ser la atenuación acústica susceptible de ser modificada por el ordenamiento que los dispersores tengan, las bandas de atenuación en decibeles cambiarán de acuerdo a la red de ordenamiento de tipo cuasi fractal, esto generará bandas de atenuación de acuerdo a la disposición de los dispersores.

Este orden está estrechamente ligado a la ley de Bragg, el cual postula la reflexión de ondas sobre superficies rígidas

El orden de los dispersores está basado en el ordenamiento cuasifractal, el cual se realizó sobre una base de madera aglomerada, al cual se le realizo perforaciones en puntos, distancias y diámetros específicos. Ver figura 5, de la base diseñada para la investigación.



Fuente: Diseño adoptado por el investigador en base al estudio de Cristales de sonido

Figura 5.- Base con guía del orden de los dispersores

1.3.3.2 Absorción

Que viene a ser un fenómeno que genera un aumento de la atenuación acústica (dB) para todo el rango de frecuencias; para lo cual tiene como requerimiento el uso de un material absorbente (poroso) desde el punto de vista acústico, ya que a mayor porosidad se obtendrá mayor absorción del ruido.

Como parte de los elementos de absorción que cumplan lo requerido, se toma como su función de cobertor para los cilindros, el material a utilizar la lana de fibra de poliuretano. Ver figura 6, de los materiales y su función.



Fuente: Diseño adoptado por el investigador en base al estudio de Cristales de sonido

Figura 6.- Disposición y uso de los materiales absorbentes.

1.3.3.3 Resonancia

Este fenómeno físico se lleva a cabo cuando se emplean materiales rígidos, y que presenten propiedades resonantes, el efecto resonador se manifiesta cuando el dispersor (cilindro) tiene una pequeña cavidad, los cuales

aumentan su efectos de dispersor acústico (dB) para distintos rangos de frecuencia.

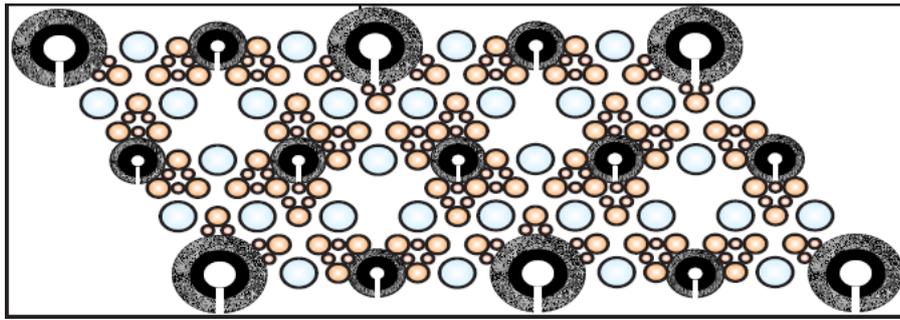
Para esta investigación se realizaron cortes longitudinales a los tubos de hierro negro, obteniendo tubos con cavidades de 2 cm de espesor, con el fin de obtener el efecto resonador.



Fuente: Diseño adoptado por el investigador en base al estudio de Cristales de sonido

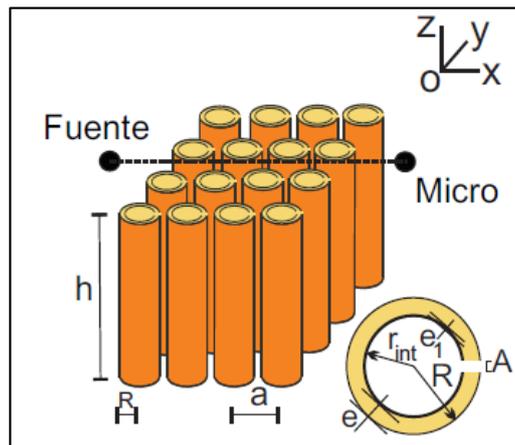
Figura 7.- Modificaciones para obtener el efecto resonante.

La disposición final de los Cristales de sonido de segunda generación, combina estos tres mecanismos de control; Dispersión múltiple con ordenamiento triangular cuasi fractal, Absorción a través del uso de materiales porosos como cubierta de los cilindros con mayor diámetro, por último el efecto resonador mediante una cavidad de 2 cm en cada cilindro de forma longitudinal. La representación de la estructura mencionada se ilustra en la figura 8.- Vista en planta de Cristales de sonido de segunda generación y figura 9.- Vista en 3D de Cristales de sonido de segunda generación.



Fuente: (Expósito, 2013)

Figura 8.- Vista en planta de Cristales de Sonido de segunda generación



Fuente: (Castiñeira, 2014)

Figura 9.- Vista en 3D de Cristales de Sonido de segunda generación

1.3.4 Ruido

Es una mezcla compleja de sonidos con frecuencias diferentes. En un sentido amplio, puede considerarse ruido cualquier sonido no deseado o que interfiere en alguna actividad humana. (Veira, 2010 p. 39)

1.3.4.1 Técnicas de medición del Nivel de Ruido

Las mediciones del parámetro ruido, enfocados en el aspecto ambiental se realizan con el objetivo de identificar y brindar información, para ser evaluada y comparada con la normativa vigente, y así establecer medidas de control

y prevención; cabe resaltar que para obtener la información del nivel de ruido se requiere saber el tiempo de exposición (minutos) y la intensidad del ruido (dBA).

Los decibeles (dB), son medidos en decibeles de ponderación de tipo A (dBA), ya que las lecturas del equipo a utilizar (sonómetro) se adaptan a la capacidad de respuesta del oído humano; lo mismo se aplica para el Nivel de presión sonora continua equivalente con ponderación A (LAeqt).

El equipo a utilizar para las mediciones de ruido en el ambiente, brindan la información requerida en unidades de dBA, la cual será descrita a continuación:

1.3.4.2 Sonómetro

Este equipo permite cuantificar y proyectar el nivel de presión sonora. Está compuesto por un sensor (micrófono), circuito para la conversión, manipulación y transmisión de variables, y una pantalla para la proyección o lectura de la información procesada; tal como los equipos de medición de ruido más comunes.

En la actividad de medición de ruido, se diferenciaron por tipos, tal como impulsivo, aleatorio y eventual; y para ello existen distintos tipos de sonómetro para la cuantificación de los mismos.

1.3.4.3 Normativa ambiental

Los estándares de calidad ambiental del ruido, vienen a ser un instrumento de gestión ambiental de carácter obligatorio, con el fin de prevenir y planificar el control por contaminación sonora, con el propósito de proteger la salud, mejorar la competitividad del país y promover el desarrollo sostenible.

Los estándares, no deben ser excedidos a fin de proteger la salud humana. Los valores de referencia están expresados en Nivel de presión sonora continua equivalente con ponderación A (L_{AeqT}), estos a su vez comprenden dos horarios, diurno y nocturno, de 07:01 a las 22:00 horas y 22:01 a las 07:00 respectivamente, el detalle lo podemos observar en la figura 10.- Valores de los Estándares de Calidad Ambiental para Ruido

ZONAS DE APLICACIÓN	VALORES EXPRESADOS	
	EN L_{AeqT}	
	HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

Fuente: Decreto supremo nº 085-2003-pcm

Figura 10- Valores de los Estándares de Calidad Ambiental para Ruido

La información respecto a los estándares de calidad ambiental, nos brindan los límites respecto al ruido por exposición, mas no hay límites ni valores que expresen la eficacia de un material como atenuante de ruido; siendo el punto a tratar en esta investigación.

1.3.4.4 Elementos de la contaminación acústica

La emisión del ruido puede provenir desde un foco puntual, un foco espacial o un foco lineal (Parque automotor), son muchas las fuentes que emiten ruido, las cuales son; tráfico rodado, actividades de ocio, bares, discotecas, pubs, etc., obras de construcción, parques infantiles, acontecimientos culturales o deportivos, etc., aviones, ferrocarriles, industrias, actividad minera.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 General

¿En qué medida la atenuación acústica por uso de Cristales de Sonido reduce el nivel de ruido en condiciones controladas?

1.4.2 Específicos

¿En qué medida el fenómeno de Dispersión múltiple por uso de Cristales de Sonido reduce el nivel de ruido en condiciones controladas??

¿En qué medida el fenómeno de Absorción por uso de Cristales de Sonido reduce el nivel de ruido en condiciones controladas?

¿En qué medida el fenómeno de Resonancia por uso de Cristales de Sonido reduce el nivel de ruido en condiciones controladas?

1.5 Justificación del estudio

El ruido en Lima metropolitana es un tema muy importante a resaltar, ya que en la mayoría de los distritos se encuentran por encima de los Estándares de Calidad Ambiental y los valores de ruido recomendados por la OMS, según el OEFA; estos casos de exposición al ruido no son atendidos por los gobiernos locales en la perspectiva de aplicación de soluciones a estas situaciones, debido a que no hay una accionar por oficio para estas situaciones. (OEFA, 2011), esta situación nos impulsa a usar tecnologías de control de ruido, estas se enfocan en el Emisor o Receptor, a través de las siguientes técnicas:

El uso de cristales sónicos es una tecnología “reciente”, la cual ha sido estudiada y continúa en investigaciones en Europa y Norteamérica, cabe resaltar que ya se realizaron experimentos e incluso se diseñaron algunos modelos de Cristales de Sonido en España y Norte América, sin embargo

aún no se aplica dicha tecnología para situaciones de control de ruido por atenuación acústica a gran escala, por lo menos no en este país; por ello es que en esta investigación se pretende utilizar cristales de sonido basados en cilindros con ordenamiento cuasi fractal, para comprobar en qué medida se reducirá el nivel de ruido percibido por un cuerpo receptor y la atenuación acústica en decibeles (dBA) de eficiencia del Cristal Sónico.

De acuerdo a las investigaciones realizadas, se estableció como referencia el valor de atenuación obtenido en la investigación de CASTIÑEIRA (2014), “Análisis y modelado de la fenomenología ondulatoria asociada al diseño de barreras acústicas basadas en conjuntos de dispersores aislados. Homologación de dispositivos”, en el cual por uso de Cristales de sonido obtuvo un valor de atenuación acústica de 20 dB.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

La atenuación acústica por uso de Cristales de Sonido reducirá el nivel de ruido con un valor no menor de 20 dB en condiciones controladas

1.6.2 Hipótesis específicas

El fenómeno de Dispersión múltiple por uso de Cristales de Sonido reducirá el nivel de ruido con un valor no menor de 20 dB en condiciones controladas

El fenómeno de Absorción por uso de Cristales de Sonido reducirá el nivel de ruido con un valor no menor de 20 dB en condiciones controladas

El fenómeno de Resonancia por uso de Cristales de Sonido reducirá el nivel de ruido con un valor no menor de 20 dB en condiciones controladas

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Analizar la efectividad de la atenuación acústica usando Cristales de sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones controladas

1.7.2 Objetivos específicos

Verificar la efectividad del fenómeno de Dispersión múltiple usando Cristales de Sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones controladas

Determinar la efectividad del fenómeno de Absorción usando Cristales de Sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones controladas

Explicar la efectividad del fenómeno de Resonancia usando Cristales de Sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones controladas

II. METODO

2.1 Diseño de investigación

El desarrollo de la investigación será de tipo Pre experimental, ya que se modificará el espacio comprendido entre la fuente emisión de ruido y el receptor, esto se realizará mediante la construcción de Cristales de sonido. Estas actividades contemplan la obtención de información antes y después de modificar la variable "Atenuación acústica".

El nivel de investigación es de tipo Explicativo, porque se dirige a responder las causas físicas y fenómenos que gobiernan la variación del nivel ruido.

La investigación, según su naturaleza es de tipo cuantitativo-continua, debido a que se medirá la variación del nivel de ruido en valores de decibeles A (dBA).

2.2 Variables, Operacionalización

Título: “Atenuación acústica de Cristales de Sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones controladas – Lima 2017”

Tabla 1.- Cuadro de operacionalización

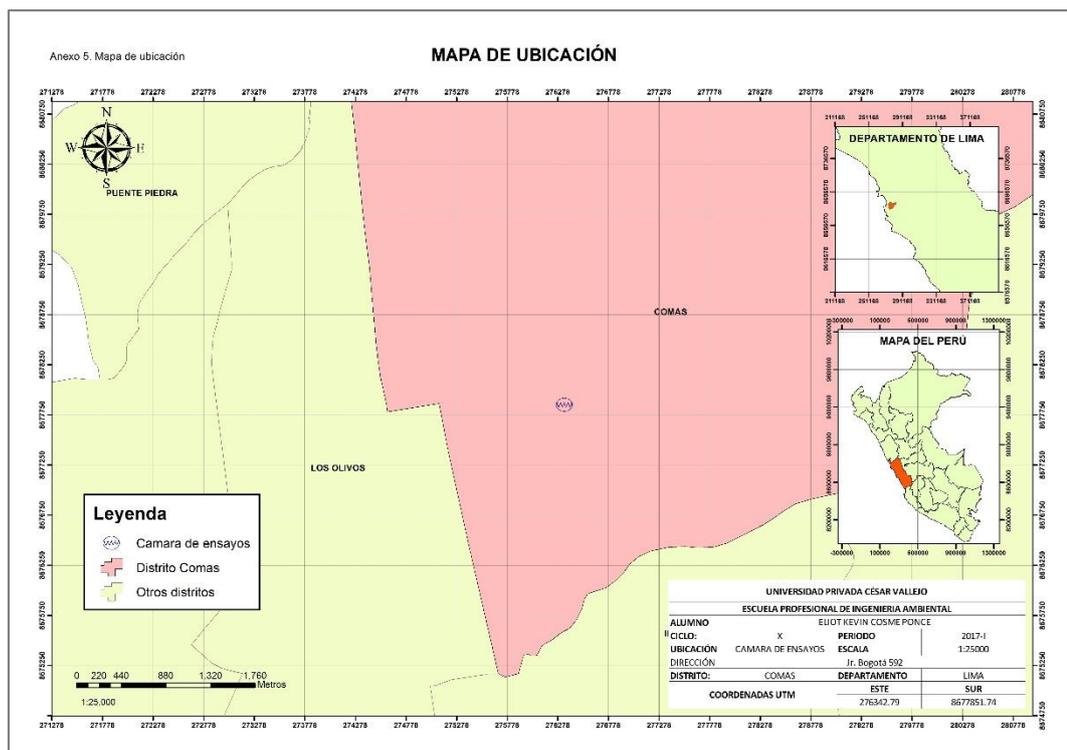
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA O UNIDAD
Atenuación Acústica de Cristales de Sonido (Variable independiente)	La Atenuación Acústica o Pérdidas por Inserción, es la diferencia de presión acústica obtenida en un mismo punto o área, con o sin cristales de sonido. (Expósito, 2013. P 258)	La atenuación acústica será modificada, a través de los mecanismos de control de ruido, tales como la Dispersión múltiple, Absorción, y la Resonancia; los mecanismos descritos serán medidos a través del nivel de presión sonora, los cuales serán medidos en unidad dBA. Estas mediciones se realizaran antes y después de la instalación del Cristal de Sonido.	Dispersión Múltiple	Nivel de presión sonora	dBA
			Nivel absorción del material	Nivel de presión sonora	dBA
			Resonancia	Nivel de Presión sonora	dBA
Reducción del nivel de ruido en condiciones controladas (Variable dependiente)	El ruido puede ser definido del modo más simple como cualquier forma de sonido que sea desagradable y causa efectos negativos en la salud y el bienestar de la persona (Veira, 2010 p 39)	Los valores del nivel de ruido serán modificados en función de la Intensidad del ruido y su tiempo de exposición; esta información será obtenida mediante el uso de un equipo de medición de ruido (Sonómetro).	Intensidad de ruido	Nivel de presión sonora continua equivalente con ponderación A	LAeqt
			Exposición	Tiempo	s

Fuente: Propia

2.3 Población y muestra

2.3.1 Ubicación Geográfica

El área y espacio en el cual se realizarán las pruebas, será en un ambiente que cumpla con las condiciones requeridas; los cuales deben tener un ambiente “libre” de ruido o donde prime el silencio. Esta cámara de ensayos se encuentra ubicado en el, distrito de Comas, la cual se puede visualizar en la siguiente imagen.



Fuente: Elaboración del investigador

Figura 11.- Miniatura del Plano de ubicación de cámara de ensayos

2.3.2 Población

Esta es una investigación que por su diseño y naturaleza no aplica el concepto de población estrictamente, ya que se realizara en una cámara en condiciones controladas.

2.3.3 Muestra

Se realizó muestra por conveniencia, esto a su vez es definido como aquel muestreo que es definido por el investigador, para así poder obtener características que tengan relación similar con las características de la población. (CASAL, 2003). En la investigación el ruido medido desde una fuente para los ensayos experimentales con los cristales de sonido, en condiciones controladas.

2.3.4 Equipos y materiales

En la presente investigación se utilizó lo siguiente:

Tabla 2.- Equipos y materiales usados

<p>Sonómetro</p>		<p>Trípode</p>	
<p>Parlante reproductor</p>		<p>Hoja de toma de datos</p>	

Cristales de
Sonido
diseñado y
construido por
el investigador



Fuente: Propia

Medio o ambiente de ensayos:

Respecto a la metodología adoptada, se resalta que estas pruebas se realizan en condiciones controladas, por ello se realizó en una cámara de ensayos, el cual dispone de un cuarto cubierto interiormente con absorbentes acústicos, con el fin de contar con un espacio con condiciones controladas; silencioso y “libre” de ruido.

Pasos que se realizaron en la investigación de la-siguiente manera:

Paso 1: Medición del Nivel de ruido antes de instalar los Cristales de sonido

- Se propaga (reproduce) ruido en tres distintas intensidades.
- Para cada intensidad de ruido se realizan 10 repeticiones
- Para cada repetición, se realiza una medición de 60 segundos.
- La información obtenida se registra en una hoja de toma de datos.

Paso 2: Medición del Nivel de ruido después de instalar los Cristales de sonido

- Se ubica entre el emisor (reproductor) y el receptor (Sonómetro), los Cristales de sonido.
- Se propaga (reproduce) ruido en tres distintas intensidades.
- Para cada intensidad de ruido se realizan 10 repeticiones
- Para cada repetición, se realiza una medición de 60 segundos.
- La información obtenida se registra en una hoja de toma de datos.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Las técnicas que se usaron en la investigación fueron:

- La observación, de todos los eventos realizados.
- La revisión bibliográfica de fuentes de información escritas en físico y digitales. Cabe resaltar que dentro de la bibliografía se tomó como referencia el Protocolo de monitoreo de ruido ambiental, emitido por el MINAM.

Dentro de los instrumentos se usaron:

- Formato de toma de datos para los ensayos

Validación de Instrumentos:

- Los instrumentos fueron validados por juicio de expertos. Se indica en promedio de validación de 90%, esto se puede visualizar en el anexo 2.

2.4.1 Monitoreo de ruido

La metodología para el monitoreo de ruido, se rige de acuerdo a unas directrices generales señaladas en el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental (AMC N° 031-2011-MINAM/OGA); resaltar que se usará parte de la metodología para la medición, ya que los ensayos se realizan en condiciones controladas.

- ✓ El sonómetro debe permanecer a una distancia prudente y alejada de la fuente de generación de ruido, como de superficies reflectantes (paredes, suelo, techo, objetos, etc.).
- ✓ Encender el equipo, dejar correr el equipo para mediciones de 1 minuto por cada prueba.
- ✓ Suspender el monitoreo, solo en el caso que hubiera el inicio de generación de ruido externo en el área de ensayos, ya que esto afecta los resultados de las pruebas.
- ✓ Ingresar la información en la hoja de datos, teniendo en cuenta las distancias del emisor de ruido con respecto al receptor.
- ✓ El procedimiento y las capacidades del equipo serán adecuadas al tipo de ruido que se desea medir, en este caso para lecturas de dBA (decibeles A).

Los ensayos se fueron realizados en una cámara construida con materiales absorbentes (espuma acústica) a nivel acústico. Ver figura N° 12, para ver el espacio en el que se realizaron las pruebas de ruido.



Fuente: propia

Figura N° 12.- Cámara de ensayo

Se realizó cada medición de forma individual. Ver figuras N° 13 y N° 14, para los ensayos de pruebas de ruido para diferentes repeticiones, las cuales se realizaron bajo los siguientes pasos:

Paso 1: Se realizó la medición con el equipo para medir Nivel de ruido (Sonómetro), antes de instalar los Cristales de Sonidos.



Fuente: En base a las pruebas experimentales realizadas por el investigador.

Figura N° 13.- Pruebas de Nivel de ruido – Antes

Para la emisión del ruido, se utilizó un equipo para emitir ruido (Parlante), el cual reproducía un sonido sin oscilaciones para la medición.



Fuente: Propia

Figura N° 14.- Pruebas de Nivel de ruido con Cristal de Sonido – Después

2.5 Métodos de análisis de datos

Para el análisis de datos, se realizó la estadística descriptiva, los datos de las pruebas de emisión de ruido y su posterior resultado cuantificable para el desarrollo de la investigación.

Así mismo se usaron diferentes softwares como:

Microsoft Excel: Este software se utiliza como interfaz para elaborar cuadros comparativos, costos, presupuestos, cronograma de actividades; así como alimentar información tomada en los ensayos, para procesarla y ser llevada al programa SPSS para su procesamiento final.

IBM SPSS Statistic 24.0: Este software estadístico contribuye al procesamiento de la información obtenida y procesada por Excel para realizar las pruebas correspondientes para los análisis de las variables.

Autocad 2016: El programa se utiliza para ingresar data específica del área con la que se está trabajando.

2.6 Aspectos éticos

Como persona y futuro profesional me comprometo a respetar la veracidad de los datos obtenidos, el cual incluye todo material intelectual tomado como referencia para el desarrollo de esta investigación; y continuar con el ejercicio de la valoración por el medio ambiente y la biodiversidad; así como la fidelidad a la ética como profesional.

III. RESULTADOS

3.1 Pruebas de medición de ruido

Los valores obtenidos mediante pruebas de ensayos de ruido, constan de 60 segundos de tiempo de prueba por cada repetición, es decir que el tiempo efectivo de pruebas de ruido sin barrera son un total de 30 min. Ver tabla 3.

Tabla 3.- Resultados de pruebas de medición de ruido - sin barrera

SIN BARRERA		
NIVEL DE RUIDO 1	N°	Leq dBA
	1	53.3
	2	52.0
	3	50.9
	4	51.8
	5	52.2
	6	50.6
	7	51.9
	8	20.1
	9	51.2
10	52.3	

SIN BARRERA		
NIVEL DE RUIDO 2	N°	Leq dBA
	1	64.9
	2	65.3
	3	66.4
	4	66.4
	5	66.0
	6	64.7
	7	66.0
	8	66.5
	9	64.5
10	65.5	

SIN BARRERA		
NIVEL DE RUIDO 3	N°	Leq dBA
	1	79.7
	2	79.1
	3	78.6
	4	78.8
	5	76.7
	6	77.7
	7	77.8
	8	78.1
	9	78.5
10	77.3	

Elaboración: En base a los datos obtenidos por el investigador

Los valores obtenidos mediante pruebas de ensayos de ruido, constan de 60 segundos de tiempo de prueba por cada repetición, es decir que el tiempo efectivo de pruebas de ruido con barrera son un total de 30 min. Ver tabla 4.

Tabla 4.- Resultados de pruebas de medición de ruido - con barrera

CON BARRERA			CON BARRERA			CON BARRERA		
NIVEL DE RUIDO 1	N°	Leq dBA	NIVEL DE RUIDO 2	N°	Leq dBA	NIVEL DE RUIDO 3	N°	Leq dBA
	1	39.0		1	55.8		1	65.4
	2	42.6		2	53.3		2	69.3
	3	42.4		3	56.4		3	68.5
	4	41.9		4	57.7		4	68.2
	5	41.0		5	54.4		5	67.8
	6	41.1		6	55.9		6	68.3
	7	40.6		7	50.6		7	67.5
	8	43.3		8	54.3		8	68.8
	9	42.2		9	54.9		9	68.9
	10	43.5		10	54.8		10	66.0

Elaboración: En base a los datos obtenidos por el investigador

Los valores obtenidos en las pruebas de ruido quedaron registrados en las hojas de campo, con un total de neto de 60 min de ensayos. De los cuales no está contemplado el valor el tiempo de instalación de los Cristales de Sonido. Esta información se puede visualizar en el anexo 4.

3.2 Pruebas estadísticas

En base a los resultados de las mediciones de ruido, se realizaron las pruebas estadísticas para comprobar la “*Distribución normal*” y “*Correlación*” de los datos, con el fin de verificar la viabilidad de uso del estadístico “*t de student para muestras emparejadas*”; los pasos a seguir para los cálculos estadísticos de los datos obtenidos y su procesamiento, requieren a travesar dichas comprobaciones, a fin de brindar solides en las conclusiones de los resultados.

De acuerdo a la naturaleza de los datos se utilizó la Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, ya que se realizaron 10 repeticiones para 02 situaciones diferentes (Antes – Despues), en tres distintos niveles de ruido. Es decir las 10 muestras (repeticiones), son menores a 30 según teoría. Ver tabla 4, para los resultados de prueba de normalidad.

3.2.1 Prueba de Normalidad

Para el desarrollo de esta prueba se aplicó el método de Shapiro-Wilk, ya que el tamaño de muestra es menor que 30, para cada grupo, siendo NR1-Antes, NR2-Despues, NR2-Antes, NR2-Despues, NR3-Antes y NR3-Despues; y la data inicial procesa como resumen. Ver tablas 5 y 6, para datos procesados.

Tabla 5.- Resumen de procesamiento de datos – Software SPSS Statistic 24.0

	Resumen de procesamiento de casos					
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
NR1 - Antes	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
NR1 - Despues	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
NR2 - Antes	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
NR2 - Despues	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
NR3 - Antes	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
NR3 - Despues	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%

Elaboración: En base a los datos obtenidos por el investigador

En base a la información de la Tabla 4, se confirmó que cada grupo tiene una muestra de tamaño 10, por ello se aplicó el método de Shapiro-Wilk.

Paso 1: Hipótesis de normalidad

Ho= Los datos provienen de una distribución normal

Hi= Los datos no provienen de una distribución normal

Paso 2: Margen de error

$\alpha=0.05$

Paso 3: Calculo del Sig., para Shapiro-Wilk (SW)

Estos datos proyectados en la tabla 6.

Tabla 6.- Prueba de normalidad – Software SPSS Statistic 24.0

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
NR1 - Antes	,172	10	,200*	,973	10	,916
NR1 - Despues	,141	10	,200*	,950	10	,674
NR2 - Antes	,195	10	,200*	,908	10	,268
NR2 - Despues	,196	10	,200*	,940	10	,558
NR3 - Antes	,119	10	,200*	,993	10	,999
NR3 - Despues	,203	10	,200*	,880	10	,131

Elaboración: En base a los datos obtenidos por el investigador

Pasó 4: Criterio de decisión:

Sig. (P-valor) $\geq \alpha$: Ho se acepta

Sig. (P-valor) $< \alpha$: Hi se acepta

Entonces:

[P-valor (NR1-Antes) = 0.916] $>$ [$\alpha=0.05$]

[P-valor (NR1-Despues) = 0.674] $>$ [$\alpha=0.05$]

[P-valor (NR2-Antes) = 0.268] $>$ [$\alpha=0.05$]

[P-valor (NR2-Despues) = 0.558] > [$\alpha=0.05$]

[P-valor (NR3-Antes) = 0.999] > [$\alpha=0.05$]

[P-valor (NR3-Despues) = 0.131] > [$\alpha=0.05$]

En base a lo obtenido, se comprobó que el Sig. (P-valor) es mayor que 0.05 para todos los grupos, es decir el H_0 se acepta; por ello se concluye que los datos para NR1-Antes, NR2-Despues, NR2-Antes, NR2-Despues, NR3-Antes y NR3-Despues; provienen de una distribución normal.

3.2.2 Prueba de hipótesis para t de student

La prueba de hipótesis procesada en el software SPSS, consta de la prueba de la prueba de “*correlación de muestras emparejadas*”, la cual está incluida dentro de la prueba de “*t de student para muestras emparejadas*”. En la tabla 7, se presentan los valores de correlación obtenidos:

Tabla 7.- Prueba de correlaciones emparejadas – Software SPSS Statistic 24.0

		Correlaciones de muestras emparejadas		
		N	Correlación	Sig.
Par 1	NR1 - Antes & NR1 - Despues	10	-,538	,109
Par 2	NR2 - Antes & NR2 - Despues	10	-,003	,993
Par 3	NR3 - Antes & NR3 - Despues	10	-,003	,993

Elaboración: En base a los datos obtenidos por el investigador

Los datos de la tabla 6, indican que las correlaciones para Par 1, Par 2 y Par 3; tiene una correlación negativa.

Los datos obtenidos respecto a la significancia (Sig.), registran un valor diferente de cero en comparación con la significancia del coeficiente de correlación. Los valores de significancia deben ser diferentes o iguales a

cero, con ello se comprueba que el H_1 : coeficiente de correlación obtenido procede de una población cuyo coeficiente de correlación es distinto de cero

Para el desarrollo de la prueba de hipótesis para t de student, se realizaron los siguientes pasos:

Paso 1: hipótesis de t de student

H_0 = No existe una diferencia significativa entre los Niveles de Ruido (NR) para Antes y Después del uso de cristales de sonido.

H_1 = Existe una diferencia significativa entre los Niveles de Ruido (NR) para Antes y Después del uso de cristales de sonido.

Paso 2: Margen de error

$\alpha=0.05$

Paso 3: Calculo del Sig., para t de student

Las medidas se realizaron para tres diferentes intensidades (NR1, NR2 y NR3). Para el procesamiento de estos datos se utilizó el programa SPSS, y se pueden observar en las tablas 8 y 9.

Tabla 8.- Estadísticos de muestras emparejadas – Software SPSS Statistic 24.0

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	NR1 - Antes	51,6300	10	,93814	,29667
	NR1 - Despues	41,7600	10	1,36235	,43081
Par 2	NR2 - Antes	65,6200	10	,74655	,23608
	NR2 - Despues	54,8100	10	1,92899	,61000
Par 3	NR3 - Antes	78,2300	10	,89075	,28168
	NR3 - Despues	67,8700	10	1,26495	,40001

Elaboración: En base a los datos obtenidos por el investigador

Tabla 9.- Prueba de t de student para muestras emparejadas – Software SPSS

Statistic 24.0

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	NR1 - Antes - NR1 - Despues	9,87000	2,02761	,64119	8,41953	11,32047	15,393	9	,000
Par 2	NR2 - Antes - NR2 - Despues	10,81000	2,07067	,65480	9,32873	12,29127	16,509	9	,000
Par 3	NR3 - Antes - NR3 - Despues	10,36000	1,54934	,48994	9,25167	11,46833	21,145	9	,000

Elaboración: En base a los datos obtenidos por el investigador

Pasó 4: Criterio de decisión:

Sig. (P-valor) $\geq \alpha$: Ho se acepta

Sig. (P-valor) $< \alpha$: Hi se acepta

Entonces:

Par 1

[P-valor (NR1-Antes – NR1-Despues) = 0.000] $<$ [$\alpha=0.05$]

Par 2

[P-valor (NR2-Antes – NR2-Despues) = 0.000] $<$ [$\alpha=0.05$]

Par 3

[P-valor (NR3-Antes – NR3-Despues) = 0.000] $<$ [$\alpha=0.05$]

En base a lo obtenido, se comprueba que Sig. (P-valor) es menor que 0.05 para todos los grupos, es decir que con un 5% de error para una prueba de t de student, el “*Hi= Existe una diferencia significativa entre los Niveles de Ruido (NR) para Antes y Después del uso de cristales de sonido*”, se acepta

para los casos de los grupos Par 1 (NR1-Antes – NR1-Despues), Par 2 (NR1-Antes – NR1-Despues), y Par 3 (NR1-Antes – NR1-Despues).

Esta diferencia la podemos visualizar respecto a las hipótesis específicas con las respectivas pruebas de ruido la atenuación acústica.

Para Par 1 (NR1-Antes – NR1-Despues), el valor de atenuación acústica es 9.87 dB, con ello se rechaza la hipótesis de la investigación que indica que “El fenómeno de Dispersión múltiple por uso de Cristales de Sonido reducirá el nivel de ruido con un valor no menor de 20 dB en condiciones controladas”.

Para Par 2 (NR1-Antes – NR1-Despues), el valor de atenuación acústica es 10.81 dB, con ello se rechaza la hipótesis de la investigación que indica que “El fenómeno de Absorción por uso de Cristales de Sonido reducirá el nivel de ruido con un valor no menor de 20 dB en condiciones controladas”.

Para Par 3 (NR1-Antes – NR1-Despues), el valor de atenuación acústica es 10.81 dB, con ello se rechaza la hipótesis de la investigación que indica que “El fenómeno de Resonancia por uso de Cristales de Sonido reducirá el nivel de ruido con un valor no menor de 20 dB en condiciones controladas”.

IV. DISCUSIÓN

Para los resultados obtenidos de la medición de ruido con ordenamiento cuasi-fractal en forma triangular, se obtuvo valores de atenuación en intervalos de 12 dBA a 14 dBA. Estos valores evidencian que hay atenuación, debido a que el medio de propagación del ruido, pasó de ser aire a un medio compuesto por aire y cristal de sonido.

Según CASTIÑEIRA Sergio (2014), con su tesis “Análisis y modelado de la fenomenología ondulatoria asociada al diseño de barreras acústicas basadas en conjuntos de dispersores aislados. Homologación de

dispositivos”, concluyeron que los cristales aumentan su eficiencia reductora de acuerdo al ordenamiento fractal de los cilindros

Esa premisa se discute con el autor, ya que el ordenamiento establecido para las pruebas que se realizaron en esta investigación tomaron como modelo el mismo ordenamiento del estudio antes mencionado, mas no establece el condicionante de factor de llenado, el cual habla de la cantidad de cilindros a utilizar dentro del área de que ocupa la figura del triángulo bajo ordenamiento cuasi fractal; estos condicionantes mencionados influyen en la efectividad de la atenuación de ruido por partes de los cristales de sonido.

En contraste con respecto a los materiales que componen los cilindros, se utilizaron tubos circulares de fierro negro, ya que son económicos; caso contrario que en el estudio en comparación, que usaron tubos circulares de acero, los cuales mantienen un alto costo de adquisición en nuestro país.

Según GRACIA Rogelio (2014), con su tesis “Diseño y caracterización de metamateriales acústicos basados en guías de onda”, concluye que las propiedades refractivas para de metamateriales son adecuadas, siempre y cuando presenten características que no sean propias de un material, y finalmente indicando, que los estudios relación a este campo de investigación se encuentra en proceso de estudio y dispuesto a pruebas, ya que el tema abordado es relativamente reciente.

La investigación mencionada contempla la modificación de materiales, con el fin de mejorar sus propiedades refractivas para la interacción con ondas. En relación a dichas investigación, se concuerda con el autor que el uso de materiales que posteriormente serán modificados para tener variabilidad en sus propiedades físicas, son un condicionante valido para mejorar la eficiencia de los efectos atenuantes de ondas acústicas, para los materiales que componen el Cristal de Sonido. En esta investigación se resalta que se hicieron modificaciones a los tubos de fierro negro con el fin de aumentar su efecto resonador, y de esa manera tener un aumento de eficiencia, respecto a la atenuación acustica.

Según la investigación de tesis de AURELIEN Lonni (2011), titulada “Focalización del sonido mediante estructuras periódicas tridimensionales”, donde concluyo que la precisión del montaje de los Cristales de Sonido influyen en la propagación de la ondas de ruido, y por consiguiente con la efectividad de la atenuación acústica al momento de obtener resultados.

Respecto a las conclusiones descritas por el autor de la tesis mencionada, se concuerda que se requiere precisión durante la instalación de los materiales de componen al Cristal de Sonido, ya que el efecto barrera requiere que la estructura tenga “rigidez”, y ello está ligado estrechamente a la precisión y el ordenamiento de los Cristales de Sonido. Cabe resaltar que el comportamiento de las ondas acústicas tiene mayor reacción con materiales rígidos.

V. CONCLUSIÓN

Para los resultados obtenidos en la investigación y lo contrastado con las hipótesis se concluye lo siguiente de acuerdo a los objetivos específicos:

- ✓ Se confirmó la efectividad del fenómeno de Dispersión múltiple usando Cristales de Sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones controladas, ya que en base a los resultados obtenidos, se evidencio disminución del nivel de ruido.
- ✓ Se confirmó la efectividad del fenómeno de Absorción usando Cristales de Sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones controladas, ya que en base a los resultados obtenidos, se evidenció disminución del nivel de ruido.
- ✓ Se confirmó efectividad del fenómeno de Resonancia usando Cristales de Sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones

controladas, ya que en base a los resultados obtenidos, se evidenció disminución del nivel de ruido.

En base a los resultados, las pruebas estadísticas son un medio que brinda solidez a los datos obtenidos en el experimento, los cuales son detallados a continuación:

- ✓ Para prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, se obtuvo que todos los datos analizados tienen una distribución normal.
- ✓ Para el estadístico de t de Student para muestras emparejadas, evaluando en la Hipótesis alternativa (H1), si hay diferencia significativa entre las medias de los niveles de ruido (NR); se comprobó que todos los valores correspondientes a NR1, NR2 y NR3, en la columna "sig" son menores a α (p-valor < 0.05); por lo tanto si existe una diferencia significativa entre las medias de los niveles de ruido (NR).

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda que para la efectividad del fenómeno de dispersión múltiple usando cristales de sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones controladas, se utilice un mayor número de tubos de metal, incluyendo o realizando variaciones, que pueden ser tipo de material, tipo de ordenamiento y tamaño de los diámetros de los tubos metálicos. De acuerdo a lo detallado, se indica lo siguiente:

- ✓ Realizar pruebas reemplazando tubos metálicos por otro tipo de material (madera, pvc, bambu, vidrio templado) Realizar pruebas con otros metales rígidos
- ✓ Asignar ordenamiento cuasifractal diferente del tipo triángulo.

Respecto a la efectividad del fenómeno de Absorción usando Cristales de Sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones controladas, se debería utilizar otros materiales de tipo absorbente desde el punto de vista acústico, ya que la porosidad de estos materiales determina el nivel de absorción de ruido. De acuerdo a lo detallado, se indica lo siguiente:

- ✓ Realizar pruebas utilizando lana de fibra de vidrio o espuma acústica, usados como cubierta para los tubos metálicos

Se sugiere que para la efectividad del fenómeno de Resonancia usando Cristales de Sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones controladas, se trabaje con la ranuras para el efector resonador en diferentes tamaños, ya que con ello se podría evidenciar valor pico de resonancia para el nivel ruido con el que interactúa y su atenuación acústica. De acuerdo a lo detallado, se indica lo siguiente:

- ✓ Usar tubos metálicos rígidos con cavidades longitudinales de variados tamaños (cm).
- ✓ Usar tubos metálicos rígidos de cuatro diámetros diferentes.

VII. REFERENCIAS

- ✓ BACARA BERRIO, W., SEMINARIO CASTRO, S. *Evaluación de Impacto Sonoro en La Pontificia Universidad Católica Del Perú*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012. Tesis de Licenciatura.
- ✓ CABALLERO, D., SANCHEZ-DEHESA, J., MARTINEZ-SALA, R. y otros. *Suzuki phase in two dimensional Sonic crystals*. *Physical Review*. 2001
- ✓ CASTIÑEIRA IBÁÑEZ, S. *Análisis y modelado de la fenomenología ondulatoria asociada al diseño de barreras acústicas basadas en conjuntos de dispersores aislados. Homologación de dispositivos*. 2015. Tesis Doctoral.
- ✓ CECIL F, W., KENNETH WARK, L. *CONTAMINACIÓN DEL AIRE: Origen y control*. 9na. ed. Limusa, 2000. ISBN 9681819543
- ✓ CHONG, Y. *Sonic Crystal Noise Barriers*. United Kingdom: The Open University, 2012. PhD Thesis.
- ✓ DIRECCIÓN GENERAL DE RELACIONES INSTITUCIONALES. *Los metamateriales y sus aplicaciones en defensa*. Imprenta del Ministerio de Defensa, 2011.
- ✓ EXPÓSITO PAJE, S. *Innovación para el control del ruido ambiental*. Castilla: Ediciones de la Universidad Castilla-La Mancha, 2013. ISBN 9788490440506
- ✓ GARCIA, A. *Salud Laboral. Conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales*. Barcelona, 2001.
- ✓ GRACIA SALGADO, R. *Diseño y caracterización de metamateriales acústicos basados en guías de onda*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2014. Tesis Doctoral.
- ✓ LEVY, E., LE LIONNAIS, FRANCOIS. *Diccionario Akal de física. Tres cantos*. Madrid, 2004.
- ✓ LONNI, A. *Focalización del sonido mediante estructuras periódicas tridimensionales*. Gandía: Universidad Politécnica de Valencia, 2011. Tesis de Master.
- ✓ LOZANO VENTURA, C., SANTISTEBAN SANTAMARIA, F. *Ruido de la Maquinaria del Pilado de Arroz y las Alteraciones del Sistema Nervioso*

- Central y Auditivo en los Trabajadores del Molino Sudamérica. Lambayeque - Carretera Panamericana Norte Km 777.5 Periodo 2014-2015.* Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2015. Tesis de Licencia.
- ✓ Ministerio del Ambiente. Agenda de investigación ambiental. Dirección General de investigación Ambiental: Lima, 2013. ISBN 9786124174025
 - ✓ Ministerio del Ambiente. *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido - D.S. N° 085-2003- MINAM.* Lima, 2008.
 - ✓ Ministerio del Ambiente. *Ley General del Ambiente N° 28611.* Lima, 2005.
 - ✓ Ministerio del Ambiente. *Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental.* Lima, 2014.
 - ✓ Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. *Evaluación de los Niveles de ruido en Lima y Callao.* Ministerio del Ambiente, 2011.
 - ✓ Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. *Informe ruido ambiental distritos de Lima 2015.* Ministerio del Ambiente, 2015.
 - ✓ SPIOUSAS, I. *Aplicaciones de cristales sónicos a cavidades resonantes y localización de fuentes sonoras.* Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes, 2014. Tesis Doctoral.
 - ✓ VEIRA VEIRA, J. *Impacto social de la contaminación acústica de las infraestructuras lineales en España.* Gesbiblo. S.L. La coruña, 2010, ISBN 9788497455480
 - ✓ VICENTE CONESA, F. *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental.* 3era. ed. S.A. Mundi-Prensa Libros, 2003. ISBN 9788471146472.
 - ✓ TOMASI, W. *Sistema de Comunicaciones Electrónicas.* Pearson Educación. México, 2003. ISBN 9702603161

VIII. ANEXOS

Anexo 1. INSTRUMENTO

HOJA DE CAMPO

Ubicación del punto _____ Provincia _____ Distrito _____

Código de punto _____ Zonificado según el ECA _____

Fuentes de generación de ruido

Fija _____ Móvil _____

Descripción de la fuente _____

Croquis de ubicación de la fuente y del punto de monitoreo

Mediciones

N° de medición	Lmax	Lmin	Laeqt	Hora	Observaciones / Incidencias
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					

Descripción del Sonómetro	
Marca	
Modelo	
Clase	
N° serie	
Calibración en Laboratorio	
Fecha	
Calibración en campo	
Antes de la medición	
Después de la medición	

Descripción del entorno ambiental

EDIZABETH APOLONIA
 JAVIER LLASHAG
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 178496

RFP
 ZOC. R. FUMNEC
 CIP 38103

Fuente: Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental. Lima, 2014. Minam

Anexo 2. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:.....MUNIVE CERRON RUBEN.....
 1.2. Cargo e institución donde labora:.....D.T.C. - UCV - Ing. Ambienta.....
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:.....
 1.4. Autor(A) de Instrumento:.....

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 21 de Noviembre del 2016

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 19889810 Telf.: 964538375

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: EDIZOBATH JAVIER LLASHAG
 1.2. Cargo e institución donde labora: COORDINADOR
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
 1.4. Autor(A) de Instrumento:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 22 noviembre del 2016



 EDIZOBATH APOLONIA
 JAVIER LLASHAG
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 178498


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 40301729 Telf.:

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Cabrero Carranza Carlos
 1.2. Cargo e institución donde labora:
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
 1.4. Autor(A) de Instrumento:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 15-11-2016 del 2016

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 13702724 Telf.: 945509139

Anexo 3. MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	JUSTIFICACIÓN	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>General</p> <p>¿En qué medida la atenuación acústica por uso de Cristales de Sonido reduce el nivel de ruido en condiciones controladas?</p> <p>Específicos</p> <p>¿En qué medida el fenómeno de Dispersión múltiple por uso de Cristales de Sonido reduce el nivel de ruido en condiciones controladas??</p> <p>¿En qué medida el fenómeno de Absorción por uso de Cristales de Sonido reduce el nivel de ruido en condiciones controladas?</p> <p>¿En qué medida el fenómeno de Resonancia por uso de Cristales de Sonido reduce el nivel de ruido en condiciones controladas?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Analizar la efectividad de la atenuación acústica usando Cristales de sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones controladas</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Verificar la efectividad del fenómeno de Dispersión múltiple usando Cristales de Sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones controladas</p> <p>Determinar la efectividad del fenómeno de Absorción usando Cristales de Sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones controladas</p> <p>Explicar la efectividad del fenómeno de Resonancia usando Cristales de Sonido para reducción del nivel de ruido en condiciones controladas</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>La atenuación acústica por uso de Cristales de Sonido reducirá el nivel de ruido con un valor no menor de 20 dB en condiciones controladas</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>El fenómeno de Dispersión múltiple por uso de Cristales de Sonido reducirá el nivel de ruido con un valor no menor de 20 dB en condiciones controladas</p> <p>El fenómeno de Absorción por uso de Cristales de Sonido reducirá el nivel de ruido con un valor no menor de 20 dB en condiciones controladas</p> <p>El fenómeno de Resonancia por uso de Cristales de Sonido reducirá el nivel de ruido con un valor no menor de 20 dB en condiciones controladas</p>	<p>El ruido en Lima metropolitana es un tema muy importante a resaltar, ya que en la mayoría de los distritos se encuentran por encima de los Estándares de Calidad Ambiental y los valores de ruido recomendados por la OMS, según el OEFA; estos casos de exposición al ruido no son atendidos por los gobiernos locales en la perspectiva de aplicación de soluciones a estas situaciones, debido a que no hay una accionar por oficio para estas situaciones. (OEFA, 2011), esta situación nos impulsa a usar tecnologías de control de ruido, estas se enfocan en el Emisor o Receptor, a través de las siguientes técnicas:</p> <p>El uso de cristales sónicos es una tecnología “reciente”, la cual ha sido estudiada y continúa en investigaciones en Europa y Norteamérica, cabe resaltar que ya se realizaron experimentos e incluso se diseñaron algunos modelos de Cristales de Sonido en España y Norte América, sin embargo aún no se aplica dicha tecnología para situaciones de control de ruido por atenuación acústica a gran escala, por lo menos no en este país; por ello es que en esta investigación se pretende utilizar cristales de sonido basados en cilindros con ordenamiento cuasi fractal, para comprobar en qué medida se reducirá el nivel de ruido percibido por un cuerpo receptor y la atenuación acústica en decibeles (dBA) de eficiencia del Cristal Sónico.</p> <p>De acuerdo a las investigaciones realizadas, se estableció como referencia el valor de atenuación obtenido en la investigación de CASTIÑEIRA (2014), “Análisis y modelado de la fenomenología ondulatoria asociada al diseño de barreras acústicas basadas en conjuntos de dispersores aislados. Homologación de dispositivos”, en el cual por uso de Cristales de sonido obtuvo un valor de atenuación acústica de 20 dB.</p>	<p>Independiente</p> <p>Atenuación Acústica de Cristales de Sonido</p> <p>Dependiente</p> <p>Reducción del nivel de ruido en condiciones controladas</p>	<p>Enfoque cuantitativo con diseño pre experimental.</p> <p>Población</p> <p>Cantidad de pruebas de Nivel de ruido realizados a los Cristales de Sonido</p> <p>Muestra</p> <p>La muestra será por conveniencia, esta a su vez La muestra constara de mediciones de ruido ambiental antes y después de construir e instalar los Cristales de sonido</p> <p>Muestreo</p> <p>En la presente investigación se realizara el muestreo de tipo no probabilístico, debido a que no se usaran fórmulas de probabilidad.</p>

Anexo 4. REGISTRO DE HOJAS DE CAMPO

HOJA DE CAMPO					
Ubicación del punto <u>--</u>	Provincia <u>Lima</u> Distrito <u>Comas</u>				
Código de punto <u>NRA</u> <u>Después</u>	Zonificado según el ECA <u>--</u>				
Fuentes de generación de ruido					
Fija <input checked="" type="checkbox"/>	Movil <input type="checkbox"/>				
Descripción de la fuente <u>Reproductor Parlante</u>					
Croquis de ubicación de la fuente y del punto de monitoreo					
Mediciones					
N° de medición	Lmax	Lmin	Laeq	Hora	Observaciones / Incidencias
1			39.0	15:12	1 min de medida
2			42.6	15:24	1 min
3			42.4	15:36	1 min
4			44.9	15:48	1 min
5			44.0	15:20	1 min
6			44.1	15:22	1 min
7			40.6	15:24	1 min
8			43.8	15:26	1 min
9			42.2	15:28	1 min
10			43.5	15:30	1 min
11					
Descripción del entorno ambiental					
<u>Casa de ensayos con interiores recubiertos de absorbentes acústicos</u>					

Descripción del Sonómetro	
Marca	SOUNDTEK
Modelo	ST-107
Clase	TIA 2
N° serie	1107066BS
Calibración en Laboratorio	
Fecha	19/09/16
Calibración en campo	
Antes de la medición	
Después de la medición	

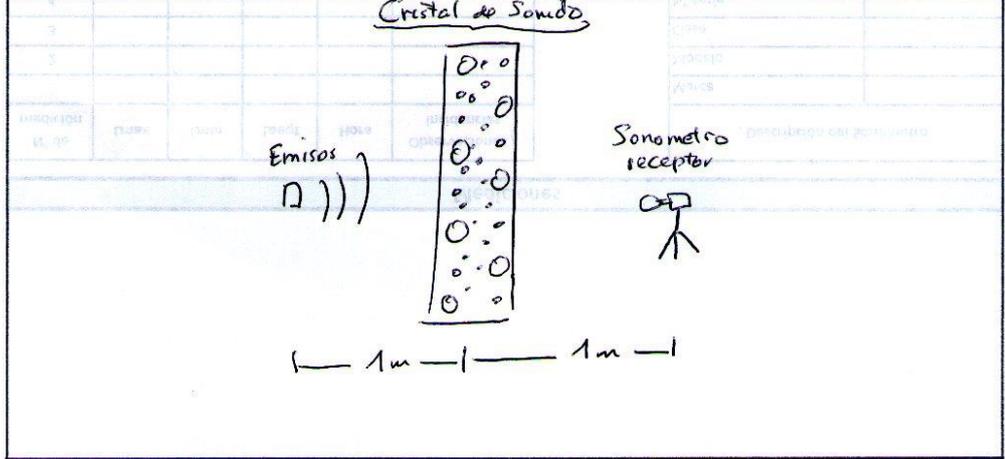
HOJA DE CAMPO

Ubicación del punto --- Provincia Lima Distrito Comas
 Código de punto Nº 2 Zonificado según el ECA ---
Después

Fuentes de generación de ruido

Fija Móvil
 Descripción de la fuente Reproductor Parlante

Croquis de ubicación de la fuente y del punto de monitoreo



Mediciones

N° de medición	Lmax	Lmin	Laeqt	Hora	Observaciones / Incidencias
1			55.8	15:34	1min
2			53.3	15:36	1min
3			56.4	15:38	1min
4			57.7	15:40	1min
5			54.4	15:42	1min
6			55.9	15:44	1min
7			50.6	15:46	1min
8			54.5	15:48	1min
9			54.9	15:50	1min
10			54.8	15:52	1min
11					

Descripción del Sonómetro	
Marca	Soundtek
Modelo	ST-107
Clase	TIPO 2
N° serie	110706685
Calibración en Laboratorio	
Fecha	19/09/16
Calibración en campo	
Antes de la medición	
Después de la medición	

Descripción del entorno ambiental

Cámara de ensayos con interiores recubiertos de absorbentes acústicos

HOJA DE CAMPO

Ubicación del punto --- Provincia Lima Distrito Comas

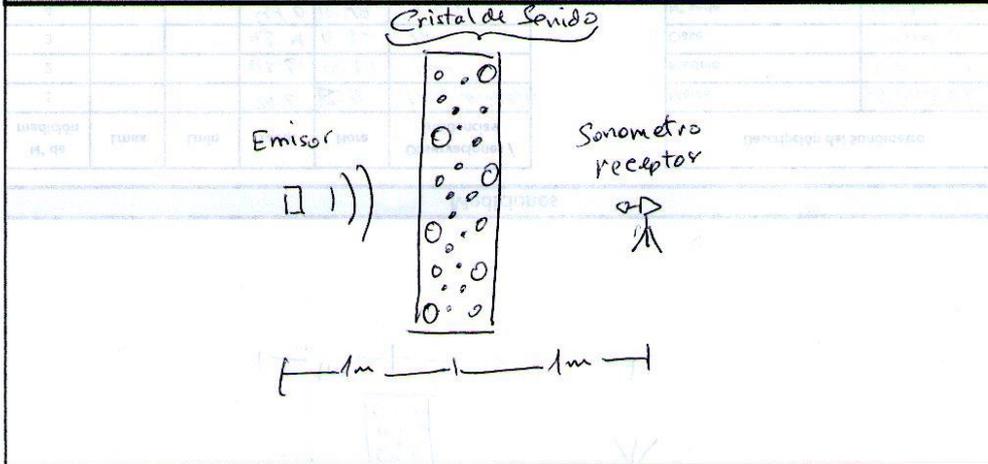
Código de punto NR3 Zonificado según el ECA ---
Después

Fuentes de generación de ruido

Fija Móvil

Descripción de la fuente Reproductor portatío

Croquis de ubicación de la fuente y del punto de monitoreo



Mediciones

N° de medición	Lmax	Lmin	Laeq	Hora	Observaciones / Incidencias
1			65.4	15:54	1 min
2			69.3	15:56	1 min
3			68.5	15:58	1 min
4			68.2	15:60	1 min
5			67.8	16:02	1 min
6			68.3	16:04	1 min
7			67.5	16:06	1 min
8			68.8	16:08	1 min
9			68.9	16:10	1 min
10			66.0	16:12	1 min
11					

Descripción del Sonómetro	
Marca	SOUNDTEK
Modelo	ST-107
Clase	TIPO 2
N° serie	110706685
Calibración en Laboratorio	
Fecha	19/09/16
Calibración en campo	
Antes de la medición	
Después de la medición	

Descripción del entorno ambiental

Cámara de ensayos en intencas recubiertas de absorbentes acústicos

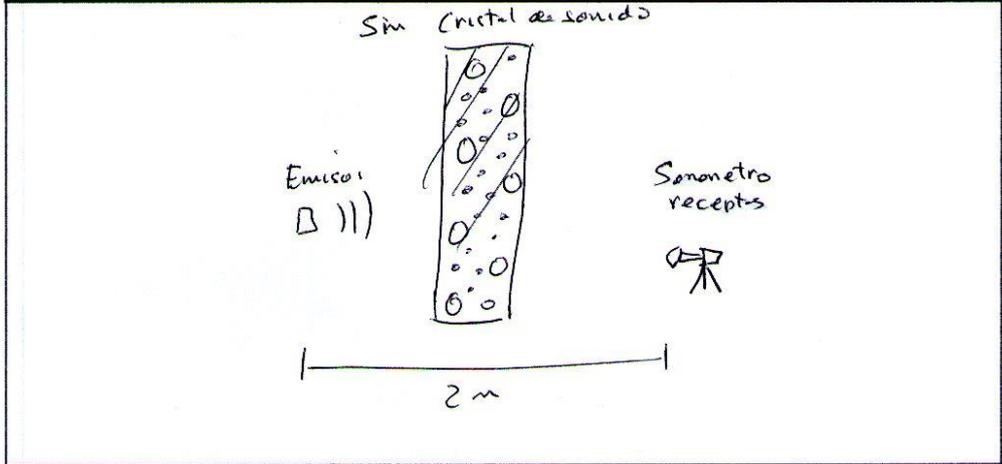
HOJA DE CAMPO

Ubicación del punto --- Provincia Lima Distrito Casas
 Código de punto NPA Zonificado según el ECA ---
antes

Fuentes de generación de ruido

Fija Móvil
 Descripción de la fuente Reproductor parlante

Croquis de ubicación de la fuente y del punto de monitoreo



Mediciones

N° de medición	Lmax	Lmin	Laeq	Hora	Observaciones / Incidencias
1			58.3	13:04	Tuicio
2			52.0	13:03	Tuicio
3			50.9	13:05	Tuicio
4			51.8	13:07	Tuicio
5			52.2	13:09	Tuicio
6			50.6	13:11	Tuicio
7			51.9	13:13	Tuicio
8			50.1	13:15	Tuicio
9			51.2	13:17	Tuicio
10			52.3	13:19	Tuicio
11					

Descripción del Sonómetro	
Marca	SOUNDTEK
Modelo	ST-107
Clase	T102
N° serie	110206685
Calibración en Laboratorio	
Fecha	19/09/16
Calibración en campo	
Antes de la medición	
Después de la medición	

Descripción del entorno ambiental

Carrera de ensayos con edificios recubiertos de absorbentes acústicos

HOJA DE CAMPO

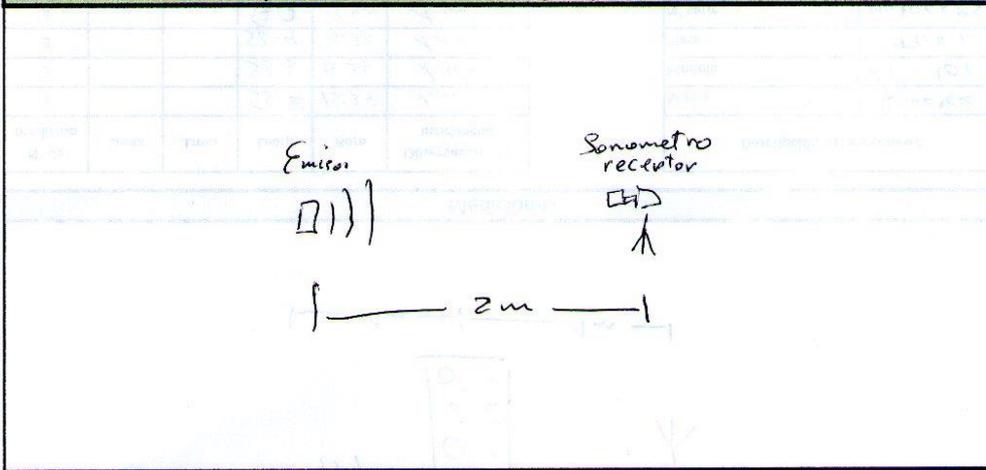
Ubicación del punto f Provincia Lima Distrito Cosmas
 Código de punto NR2 Zonificado según el ECA ---
Dato:

Fuentes de generación de ruido

Fija Móvil

Descripción de la fuente Reproductor portátil

Croquis de ubicación de la fuente y del punto de monitoreo



Mediciones

N° de medición	Lmax	Lmin	Laeqt	Hora	Observaciones / Incidencias
1			64.7	13:21	Ami
2			65.3	13:23	Ami
3			66.4	13:25	Ami
4			66.4	13:27	Ami
5			66.0	13:29	Ami
6			64.7	13:31	Ami
7			66.0	13:33	Ami
8			66.5	13:35	Ami
9			64.5	13:37	Ami
10			65.5	13:39	Ami
11					

Descripción del Sonómetro	
Marca	SONOTEL
Modelo	ST-107
Clase	TIPO 2
N° serie	110706685
Calibración en Laboratorio	
Fecha	19/04/16
Calibración en campo	
Antes de la medición	
Después de la medición	

Descripción del entorno ambiental

Cama de ensayo con vitrina recubierta de
absorbentes acústicos

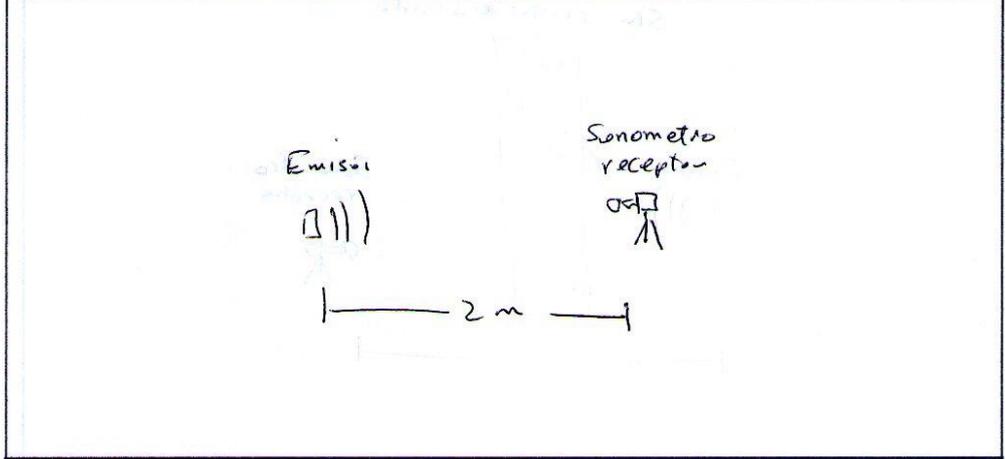
HOJA DE CAMPO

Ubicación del punto Provincia Lima Distrito Conos
 Código de punto NB3 Zonificado según el ECA - -
Antes

Fuentes de generación de ruido

Fija Móvil
 Descripción de la fuente Reproductor parlante

Croquis de ubicación de la fuente y del punto de monitoreo



Mediciones

N° de medición	Lmax	Lmin	Laeqt	Hora	Observaciones / Incidencias
1			79.7	13:42	Ami
2			79.1	13:44	Ami
3			78.6	13:46	Ami
4			78.8	13:48	Ami
5			76.7	13:50	Ami
6			77.7	13:52	Ami
7			77.8	13:54	Ami
8			78.1	13:56	Ami
9			78.5	13:58	Ami
10			77.3	13:60	Ami
11					

Descripción del Sonómetro	
Marca	SONOTER
Modelo	ST-107
Clase	T1 P02
N° serie	110706685
Calibración en Laboratorio	
Fecha	19/09/16
Calibración en campo	
Antes de la medición	
Después de la medición	

Descripción del entorno ambiental

Camapa de ensayos con interiores recubiertos de absorción acústica