

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN
AMBIENTAL



TESIS

**INCIDENCIA DE UNA BARRERA ACÚSTICA PREFABRICADA PARA
MITIGAR LA CONTAMINACIÓN SONORA DEL EQUIPO MECÁNICO EN
LA OBRA VIAL LAMPA – CABANILLA, REGIÓN PUNO**

PRESENTADA POR:

ZENÓN MELLADO VARGAS


PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAGISTER SCIENTIAE EN TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN
AMBIENTAL**

PUNO, PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL



TESIS

**INCIDENCIA DE UNA BARRERA ACÚSTICA PREFABRICADA PARA
MITIGAR LA CONTAMINACIÓN SONORA DEL EQUIPO MECÁNICO EN
LA OBRA VIAL LAMPA – CABANILLA, REGIÓN PUNO**

PRESENTADA POR:

ZENÓN MELLADO VARGAS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:


PRESIDENTE


.....
Dra. SOFÍA LOURDES BENAVENTE FERNÁNDEZ

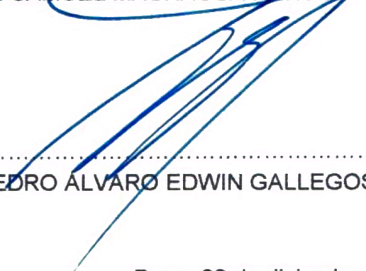
PRIMER MIEMBRO


.....
M. Sc. NEWTON VÍCTOR MACHACA CUSILAYME

SEGUNDO MIEMBRO


.....
M. Sc. SAMUEL MACHACCA HANCCO

ASESOR DE TESIS


.....
Dr. PEDRO ALVARO EDWIN GALLEGOS PASCO

Puno, 28 de diciembre de 2017.

ÁREA: Medio ambiente.

TEMA: Mitigación de la contaminación sonora.

LÍNEA: Ingeniería y tecnología de protección ambiental.

DEDICATORIA

Con la mejor intención hago esta dedicatoria a los seres que más feliz y dichoso me han hecho, los cuales con su paciencia y disposición apoyaron en todo momento.

Mi esposa: María Fany Castillo
Prado

Mi Hija: Valeria Fernanda Mellado
Castillo

A mis Hermanos por su confianza y apoyo constante

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitir terminar mi Maestría y darme los medios necesarios para culminarla.

Mi agradecimiento también:

- Al Ing. Ruben Ivan Bustinza Castillo por su apoyo desinteresado y su asesoría para la realización de mi tesis.

- A mis compañeros y amigos de la maestría Ing. Newton Víctor Machaca Cusilayme, Ing. Samuel Machaca Hanco hoy mis jurados, por los momentos alegres que compartimos, consejos proporcionados y aportes para la tesis

- Finalmente, a mi asesor de tesis Ing. Pedro Álvaro Edwin Gallegos Pasco y Presidenta Jurado Ing. Sofía Benavente Fernández; por su tiempo y entrega para apoyarme en cualquier momento en la culminación de este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I**PROBLEMÁTICA DE INVESTIGATION**

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.1 Problema general	3
1.2.2 Problemas específicos	4
1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.3.1 Delimitación espacial	4
1.3.2 Delimitación temporal	4
1.4 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.5 JUSTIFICACIÓN	4
1.6 OBJETIVOS	6

1.6.1	Objetivo general	6
1.6.2	Objetivos específicos	6
1.7	HIPÓTESIS	6
1.7.1	Hipótesis general	6
1.7.2	Hipótesis específicas	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	ANTECEDENTES	7
2.2	MARCO REFERENCIAL	13
2.2.1	Sonido y ruido	13
2.2.2	Periodo (T).	13
2.2.2.1	Longitud de onda (λ)	13
2.2.2.2	Intensidad (I)	15
2.2.2.3	Frecuencia (f)	15
2.2.2.4	Nivel de presión Sonora (NPS)	16
2.2.2.5	Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ($LA_{eq,T}$)	17
2.2.3	Clasificación del sonido según sus variaciones	19
2.2.3.1	Ruido de fondo	19
2.2.3.2	Ruido estable	19
2.2.3.3	Ruido fluctuante	19
2.2.3.4	Ruido impulsivo	19
2.2.4	Efectos meteorológicos en el sonido	20
2.2.5	Propagación del sonido.	21
2.2.5.1	Absorción sonora	21

2.2.5.2 Reflexión sonora	21
2.2.5.3 Refracción sonora	21
2.2.5.4 Difracción sonora	22
2.2.6 Materiales absorbentes acústicos	23
2.2.6.1 Absorbentes porosos	24
2.2.6.2 Absorbentes de membrana	24
2.2.6.3 Absorbentes resonante	24
2.2.7 Fuentes sonoras	25
2.2.7.1 Fuentes puntuales	25
2.2.7.2 Fuentes móviles lineales	25
2.2.8 Medición del ruido	26
2.2.8.1 Los sonómetros	26
2.2.8.2 Calibradores acústicos	27
2.2.9 Efectos de la acción directa del ruido sobre el organismo	27
2.2.9.1 Efectos auditivos	27
2.2.10 Decaimiento acústico	28

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 MÉTODO	30
3.2 DISEÑO	30
3.3 NIVEL	30
3.4 LUGAR DE ESTUDIO	30
3.5 POBLACIÓN	31
3.6 MUESTRA DE ESTUDIO	31
3.7 DISEÑO METODOLÓGICO	31

3.7.1	Diseño de muestreo.	31
3.7.2	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	32
3.8	PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.	32
3.9	METODOLOGÍA SEGÚN OBJETIVO	34
3.9.1	Determinar las características de la barrera acústica prefabricada	34
3.9.2	Determinar que equipos mecánicos producen contaminación sonora	39
3.9.3	Determinar la incidencia de la barrera acústica prefabricada en la contaminación sonora del equipo mecánico en la obra vial Lampa – Cabanilla, Región Puno.	43
CAPÍTULO IV		
RESULTADO Y DISCUSIONES		
4.1	EN CUANTO AL ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BARRERA ACÚSTICA PREFABRICADA	45
4.2	EN CUANTO A EVALUAR CUÁLES SON LOS EQUIPOS MECÁNICOS QUE PRODUCEN CONTAMINACIÓN SONORA	51
4.3	EN CUANTO A DETERMINAR SI LA BARRERA ACÚSTICA PREFABRICADA ES INCIDENTE MITIGANDO LA CONTAMINACIÓN SONORA DEL EQUIPO MECÁNICO EN LA OBRA VIAL LAMPA – CABANILLA, REGIÓN PUNO.	55
4.4	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	64
4.4.1	Técnica estadística t-student muestras relacionadas	64
	CONCLUSIONES	67
	RECOMENDACIONES	69



BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	74

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Estándares de calidad ambiental para ruido	42
2. Coeficiente correlación de Pearson	43
3. Incidencia de la barrera acústica evaluada a 1.50 metros de la barrera acústica	63
4. Incidencia de la barrera acústica evaluada a 4.50 metros de la barrera acústica	64
5. Técnica estadística t-student muestras relacionadas, a 1.50 metros de la barrera acústica	65
6. Técnica estadística t-student muestras relacionadas, a 5.50 metros de la barrera acústica	66

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Longitud de onda	14
2. Componentes de la longitud de onda	14
3. Regiones audibles	16
4. Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado	17
5. Salud y niveles de ruidos	18
6. Efectos de la temperatura y viento sobre las ondas acústicas	20
7. Ilustración de difracción, reflexión y refracción del sonido	23
8. Ondas esféricas	25
9. Ondas elípticas	26
10. Puntos de monitoreo	33
11. Plancha de policarbonato alveolar	35
12. Parente de drywall	35
13. Rollo de Lana de fibra de vidrio	36
14. Trozo de Espuma de poliuretano	37
15. Desatornillador	37
16. Sonómetro más su calibrador	40
17. Mapa de ruido de una excavadora hidráulica sobre orugas para analizar las características de la barrera	46
18. Mapa de ruido de un rodillo liso vibratorio auto impulsado para analizar las características de la barrera	47
19. Mapa de un volquete cargado para analizar las características de la barrera	48

20. Mapa de ruido de una motoniveladora para analizar las características de la barrera	48
21. Mapa de ruido para la trituradora de piedra para analizar las características de la barrera	49
22. Mapa de ruido de una retroexcavadora para analizar las características de la barrera	50
23. Mapa de ruido de zarandeo mecánico para analizar las características de la barrera	51
24. Evaluación del nivel de ruido generado por una excavadora hidráulica de 280 hp con el ECA.	53
25. Evaluación del nivel de ruido generado por una motoniveladora de 160 hp con el ECA.	53
26. Evaluación del nivel de ruido generado por el cargador frontal 230 hp con el ECA.	53
27. Evaluación del nivel de ruido generado por un rodillo vibratorio auto impulsado 130 hp con el ECA.	53
28. Evaluación del nivel de ruido generado por una retro excavadora 93 hp con el ECA.	53
29. Evaluación del nivel de ruido generado por un volquete de 440 hp con el ECA.	53
30. Evaluación del nivel de ruido generado por un volquete de 440 hp con el ECA.	54
31. Evaluación del nivel de ruido generado por un generador eléctrico con ECA.	54

32. Evaluación del nivel de ruido generado por una malla vibratoria con el ECA.	54
33. Evaluación del nivel de ruido generado por una trituradora de piedra con el ECA.	54
34. Evaluación del nivel de ruido generado por el zarandeo con el ECA.	54
35. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una excavadora hidráulica de 280 hp a 1.50 metros de la pantalla acústica.	57
36. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una excavadora hidráulica 280 hp a 4.50 metros de la pantalla acústica.	57
37. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una motoniveladora de 160 hp a 1.50 metros de la pantalla acústica.	57
38. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una motoniveladora de 160 hp a 4.50 metros de la pantalla acústica.	57
39. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un cargador frontal 230 hp a 1.50 metros de la pantalla acústica.	58
40. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un cargador frontal 230 hp a 4.50 metros de la pantalla acústica.	58
41. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un rodillo vibratorio auto impulsado 130 hp a 1.50 metros de la pantalla acústica.	58
42. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un rodillo vibratorio auto impulsado 130 hp a 4.50 metros de la pantalla acústica.	58
43. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una retro excavadora 93 hp a 1.50 metros de la pantalla acústica.	59
44. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una retro excavadora 93 hp a 4.50 metros de la pantalla acústica.	59

45. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un volquete de 440 hp a 1.50 metros de la pantalla acústica.	59
46. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un volquete de 440 hp a 4.50 metros de la pantalla acústica.	59
47. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un volquete de 440 hp a 1.50 metros de la pantalla acústica.	60
48. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un volquete de 440 hp a 4.50 metros de la pantalla acústica.	60
49. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un generador eléctrico a 1.50 metros de la pantalla acústica.	60
50. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un generador eléctrico a 4.50 metros de la pantalla acústica.	60
51. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una malla vibratoria a 1.50 metros de la pantalla acústica.	61
52. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una malla vibratoria a 4.50 metros de la pantalla acústica.	61
53. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una trituradora de piedra a 1.50 metros de la pantalla acústica.	61
54. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una trituradora de piedra a 4.50 metros de la pantalla acústica.	61
55. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica del zarandeo mecánico a 1.50 metros de la pantalla acústica.	62
56. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica del zarandeo mecánico a 4.50 metros de la pantalla acústica.	62

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Fichas de recolección de campo de los equipos mecánicos monitoreados	75
2. Mapas de ruidos de los equipos mecánicos con barrera acústica para analizar las características y el cómo funciona la barrera acústica al momento de atenuar las ondas sonoras	86
3. Figuras que permiten determinar visualmente la atenuación generada por la barrera acústica por cada equipo mecánico monitoreado.	97

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación es determinar la incidencia de una barrera acústica prefabricada en la mitigación de la contaminación sonora del equipo mecánico utilizado en la obra vial Lampa Cabanilla. La metodología se enfocó en un estudio transversal correlacional, cuya primera fase fue la elaboración de una barrera acústica con perfiles de aluminio, plancha de policarbonato, espuma de poliuretano y lana de fibra de vidrio, seguidamente determinar las propiedades acústicas de la barrera acústica en la propagación de las ondas sonoras; segunda fase se evaluó los niveles sonoros con y sin barrera acústica de los siguientes equipos mecánicos: excavadora hidráulica sobre orugas, un cargador frontal, una retroexcavadora, motoniveladora, rodillo vibratorio, camión volquete, generador de electricidad, malla vibratoria, trituradora de piedra, y zarandeo de piedras, tercera fase se determinó la incidencia de la barrera acústica en la mitigación de la contaminación sonora. En cuanto a los resultados, se obtuvo 14.06 % de incidencia en la mitigación por la barrera acústica y que la sombra acústica se extiende hasta 4.50 metros de la barrera acústica, así también, al comparar los niveles sonoros sin barrera acústica con los estándares de calidad ambiental para ruido se encontró que la retroexcavadora y el volquete son las maquinarias que no generan contaminación acústica.

Palabras clave: Barrera acústica, contaminación sonora, mitigación, nivel de presión sonora y sonómetro.

ABSTRACT

The main objective of this investigation is to determine the incidence of a prefabricated acoustic barrier in the mitigation of the noise pollution of the mechanical equipment used in the road work Lampa Cabanilla. The methodology was focused on a correlational cross-sectional study, whose first phase was the development of an acoustic barrier with aluminum profiles, polycarbonate sheet, polyurethane foam and fiberglass wool, followed by the acoustic properties of the acoustic barrier in the propagation of sound waves; The second phase evaluates the sound levels with and without acoustic barrier of the following mechanical equipment: hydraulic excavator on tracks, a front loader, a backhoe, motor grader, vibratory roller, dump truck, electricity generator, vibrating screen, stone crusher, and shaking of stones, third phase was determined the incidence of the acoustic barrier in the mitigation of noise pollution. Regarding the results, 14.06% of incidence in the mitigation was obtained by the acoustic barrier and the acoustic foam extended up to 4.50 meters from the acoustic barrier, also, when comparing the sound levels without acoustic barrier with the quality standards environmental to find that the backhoe and the dump truck are the machines that have no noise pollution.

Keywords: Acoustic barrier, mitigation, noise pollution, sonometer and sound pressure level.

INTRODUCCIÓN

Durante la construcción de obras viales en la Región de Puno se utiliza equipo mecánico pesado, considerando características técnicas como la potencia, capacidad, etc., dejando de lado la implementación actividades de mitigación respecto al nivel de presión sonora emitido por el funcionamiento del equipo mecánico pesado.

Asimismo, el sonido o ruido emitido no deja rastros como los residuos sólidos, pero si efectos en las personas que están expuestas; por otra parte “a diferencia de otras fuentes, el ruido es el contaminante más barato de producir y necesita muy poca energía para ser emitido.” (Salas y Barboza, 2016)

Sobre las bases de las ideas expuestas, se elaboró una barrera acústica prefabricada, con materiales comerciales en la Región de Puno, asimismo, materiales livianos y con características de atenuantes de niveles sonoros. Seguidamente se evaluó la barrera acústica respecto a la incidencia para mitigar la contaminación sonora generada por los siguientes equipos mecánicos por separado: excavadora hidráulica sobre orugas, un cargador frontal, una retroexcavadora, motoniveladora, rodillo vibratorio, camión volquete, generador de electricidad, malla vibratoria, trituradora de piedra, y zarandeo de piedras.

Encontrándose en cuanto incide la barrera acústica en la mitigación del nivel sonoro, como se propaga las ondas sonoras del equipo mecánico con respecto a la barrera acústica, la sombra acústica que genera la Barrera Acústica, los equipos mecánicos que generan niveles sonoros que sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental Para Ruido.

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA DE INVESTIGATION

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Durante la construcción de obras viales en la Región de Puno se utiliza equipo mecánico pesado, considerando características técnicas como la potencia, capacidad, etc., sin considerar la implementación de mitigaciones al nivel de presión sonora emitido por el funcionamiento del equipo mecánico pesado.

La emisión de ruido no deja rastros como los residuos sólidos, pero si efectos en las personas que están expuestas; así también “a diferencia de otras fuentes, el ruido es el contaminante más barato de producir y necesita muy poca energía para ser emitido.” (Salas y Barboza, 2016)

“El ruido ambiental se ha convertido en uno de los principales contaminantes de la sociedad moderna que incide directamente sobre el bienestar de la población; siendo principalmente causado por el tráfico vehicular y construcción” (Salas y Barboza, 2016)

Así mismo la contaminación acústica en los últimos años es reconocida como uno de los principales factores ambientales que “afectan negativamente a la calidad de vida en todos los países del mundo” (Salas y Barboza, 2016)

Por lo que actualmente “las personas están siendo sometidas a grandes ruidos, y a largo plazo podrían experimentar daños irreparables para la salud, tales como trastornos fisiológicos, pérdida de la capacidad auditiva, alteración de la actividad cerebral, cardíaca y respiratoria, entre otros” (Salas y Barboza, 2016)

Así también existen investigaciones como Damaso y Domínguez (2012) que considera “una barrera acústica como medida correctora de impacto acústico de ruido para carreteras y ferrocarriles pero no para las actividades de la construcción, siendo este un caso particular porque es necesario que la barrera acústica sea móvil.”

Todo esto hace notar que la contaminación acústica es un problema, que causa daños irreparables en las personas expuestas, además existe la carencia de información sobre barreras acústicas prefabricadas para mitigar el ruido emitido por el equipo mecánico pesado durante las actividades de construcción.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

¿Será incidente la barrera acústica prefabricada en la mitigación de la contaminación sonora del equipo mecánico en la obra vial Lampa – Cabanilla, Región Puno?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Qué características tiene la barrera acústica prefabricada?
- b) ¿Cuáles son los equipos mecánicos que producen contaminación sonora?

1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Delimitación espacial

El espacio temporal de la presente investigación, se realizó en el tramo de la construcción de la construcción de la obra vial Lampa - Cabanilla, comenzando en la coordenada (19 L, 353289.92 m E, 8298865.32 m S) y terminando en la coordenada (19 L, 355704.08 m E, 8273352.66 m S); en Provincia Lampa, Región Puno.

1.3.2 Delimitación temporal

La recolección de los datos y el procesamiento de los mismos se desarrollaron en los meses de setiembre, octubre y noviembre del 2017.

1.4 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Las limitaciones que se tuvo en la investigación fue no contar con mayor número y tipos de equipos mecánicos, así también las condiciones climatológicas que redujeron las horas de monitoreo durante horas de la tarde..

1.5 JUSTIFICACIÓN

Con el presente trabajo de investigación construyo una barrera acústica con materiales con características aislantes acústicas, como la espuma de

poliuretano y lana de vidrio, que incidieron en la mitigación de la contaminación sonora generada por la construcción de la obra vial Lampa Cabanilla.

Así mismo, si esta barrera acústica prefabricada se aplicara como una herramienta de mitigación ambiental en esta obra u otras obras viales, se reducirían los niveles sonoros, y las personas que viven al contorno de la obra en ejecución, ya no estarían expuestas a elevados ruidos, que a largo plazo causarían daños irreparables para la salud, tales como trastornos fisiológicos, pérdida de la capacidad auditiva, alteración de la actividad cerebral, cardíaca y respiratoria, entre otros; así también evitara la degradación del paisaje acústico.

Además esta barrera acústica construida se puede aplicar en obras de construcción ejecutadas en zonas urbanas, ya que las actividades constructivas y los equipos mecánicos utilizados son similares. Por tanto se generaría una herramienta correctiva para la contaminación acústica generada en la construcción obras viales urbanas.

Es importante, porque amplió la información sobre la una de las fuentes de contaminación por niveles sonoros elevados, así también, es importante este contaminante ambiental porque es distinto a otros contaminantes, debido a que deja residuos físicos que sean identificables, pero si deja efectos nocivos en las personas que son expuestos a la contaminación sonora por la construcción de obras viales.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo general

Determinar si la barrera acústica prefabricada es incidente mitigando la contaminación sonora del equipo mecánico en la obra vial Lampa – Cabanilla, Región Puno

1.6.2 Objetivos específicos

- a) Analizar las características de la barrera acústica prefabricada
- b) Evaluar cuáles son los equipos mecánicos que producen contaminación sonora

1.7 HIPÓTESIS

1.7.1 Hipótesis general

La barrera acústica prefabricada es incidente mitigando la contaminación sonora del equipo mecánico en la obra vial Lampa – Cabanilla, Región Puno

1.7.2 Hipótesis específicas

- a) La barrera acústica prefabricada es aislante y refractante sonoro.
- b) Todos los equipos mecánicos utilizados producen contaminación sonora.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Mosquera (2003) desarrollo una base de datos de niveles de ruido de equipos que se usan en la construcción, para Estudios de Impacto Ambiental desarrollaron para el Instituto de Acústica, en base a los diferentes de ruidos generados por diferente maquinaria que se usa en la construcción, efectuada en sitios abiertos. Así mismo obtuvo niveles sonoros emitidos a 10 metros de la fuente de emisión están entre 72.6 dB(A) a 91.5 dB(A)

Valderrabano (1997) realizo el control de ruido en equipo industrial para poder desarrollar métodos y procedimientos adecuados para efectuar el control de ruido en equipos industriales, así mismo darle tratamiento acústico al interior del encerramiento buscando conseguir máxima absorción sobre las frecuencias y encontró que el encerramiento acústico disminuye 10 dB(A), reduciendo el ruido a niveles entre los 80 a 89 dB (A)

Llucó (2013) investigo sobre la aplicación del método William fine para la evaluación de riesgos laborales en motoniveladoras, cargadoras y bulldozers del

gobierno autónomo descentralizado de la provincia de Chimborazo, para desarrollar la investigación aplico el método William Fine para la evaluación de riesgos laborales, encontrando que la medición del nivel de ruido o presión sonora en el bulldozer operando al máximo emite 95 dB(A); así mismo vio el desconocimiento de los riesgos laborales ha ocasionado que se desarrollen enfermedades profesionales, así como también la ocurrencia de accidentes de trabajo a lo largo del tiempo.

Pavón (2007) evaluó ambientes laborales de ruido en el sector minero de la comunidad de Madrid: clasificación, predicción y soluciones, para realizar la evaluación determino los niveles sonoros a los que se encuentran expuestos los trabajadores en el sector de la minería en el ámbito de la comunidad de Madrid encontrando, que los trabajadores del sector minero se encuentra a una exposición diaria que supera los 90 dB(A)

Olmos (2002) realizo la evaluación de la pérdida de inserción de una barrera acústica aplicada en un proyecto lineal, para lo cual analizo la utilización de barreras acústicas como elemento mitigador de niveles de ruido en carreteras, encontrando que las barreras acústicas en zona de atenuación reducen en 10 dB(A)

Oyarzabal (2013) evaluó el impacto acústico producido por la realización de conciertos masivos y sus medidas de mitigación caso estadio bicentenario municipal de la florida, la investigación trato sobre el impacto acústico causado hacia la comunidad producido de la realización de conciertos masivos en espacios al aire libre y la determinación de medidas apropiadas para su mitigación, encontrando que detrás del escenario se midió una diferencia en el

NPS del orden de 10 dBA menos, respecto de los niveles medidos en la consola de mezcla.

Romero (2010) realizó el estudio de la reducción del ruido aerodinámico de trenes de alta velocidad con pantallas acústicas, determinó el aislamiento producido por la inserción de pantallas, de diferentes tipos, alturas, materiales, en suelos diferentes y posiciones distintas, así mismo los resultados las pérdidas por inserción de la pantalla en el caso de bajas frecuencias van aumentando progresivamente hasta alcanzar un valor de unos 15 dB en los primeros 30 metros tras ella, presentando posteriormente un aumento hasta un máximo de 25 dB que ya posteriormente va disminuyendo hasta el valor asintótico en torno a los 10 dB.

Tommasini (2012) elaboró un sistema de simulación acústica virtual en tiempo real para desarrollar un sistema experimental dinámico e interactivo de realidad acústica virtual, basado en arquitectura de computadoras de propósito general y que sea flexible, escalable, fácil de mantener y modular, obteniendo el diseño e implementó un sistema de código abierto programado bajo el paradigma orientado a objetos y se evaluó la verosimilitud de los modelos mediante un caso de estudio.

Salazar (2012) determinó la pérdida auditiva por contaminación acústica laboral en Santiago de Chile, para ello estableció un modelo para predecir la pérdida auditiva por contaminación acústica laboral y encontró que si un trabajador entra a trabajar en un entorno donde el nivel de contaminación acústica es 95 dBA sufre la posibilidad de pérdida auditiva del 13.6% durante el transcurso de 10 años.

López y Moreno (2013) elaboraron el control de ruido con barreras acústicas, en este trabajo se han revisado los fenómenos de la Acústica en referencia al sonido y el ruido, enfocándose al efecto que el ruido como elemento nocivo al ser humano, puede producir en la esfera fisiológica y la psicológica. Se encontró que los valores de las pérdidas de inserción, para una pantalla rígida estuvieron entre 6 a 10 dB menores que los de una pantalla similar con tratamiento de material absorbente.

Peradalta (2015) realizó el estudio de las pantallas acústicas vegetales de gran altura, encontrando que en la mayoría de las pantallas mejoran la calidad sonora del entorno para niveles altos. En cuanto a la atenuación del sonido, se observa que tanto las pantallas mixtas (metálica y metacrilato) como las vegetales de gran altura trabajan muy bien a altos niveles sonoros, aunque estas últimas solo son competitivas económicamente a grandes alturas.

Salas y Barboza (2016) realizaron la evaluación del ruido ambiental en el campus de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú, encontrando que los valores del nivel de presión sonora continuo equivalente superan los 50 dBA, límite máximo para zonas de protección especial según los estándares de calidad ambiental para ruido, siendo las causas principales de estos valores las actividades de construcción, uso de maquinaria y tráfico vehicular.

Arango y Molina (2010) realizaron la construcción de una barrera acústica a escala para disminuir la contaminación sonora producida por el alto flujo vehicular, de la investigación se encontró que los modelos a escala de barreras acústicas reducen el nivel de presión sonora en el receptor, sin embargo la

construcción de este no facilita el óptimo diseño de la barrera ya que los modelos hacen una predicción del campo sonoro y al ser escalado se cambian muchas condiciones como las frecuencias y distancias que modifican el comportamiento del campo, por lo tanto para tener un diseño idóneo de una barrera se debe conocer, estudiar y clasificar la fuente de ruido.

Espinosa y Jaramillo (2012) elaboraron el diseño y construcción de una barrera acústica para reducir la contaminación auditiva generada por una perforadora de concreto en vías públicas, de la investigación de la perforadora de concreto encontró que genera un ruido significativo en comparación con el ruido de fondo, esto muestra la importancia que tiene la barrera acústica ayudando a reducir los niveles generados por esta fuente de ruido. A medida que aumenta la frecuencia incrementa la atenuación de la barrera, más específicamente entre 1 KHz y 20 KHz, donde se presenta mayor atenuación, obteniendo niveles de ruido tolerables y disminuyendo afecciones tanto físicas como mentales a las personas aledañas a dichas obras. Los datos de IL calculados y medidos, muestran que hay una aproximación entre ellos, lo que determina la importancia de realizar los cálculos previos para estimar la efectividad de la barrera acústica

Morales (2009) estudio la incertidumbre en la medición in situ de barreras acústicas mediante ruido de tráfico, reprodujo el proceso de medida, donde se pueda apreciar incluso el paso simultáneo de varias fuentes a la vez y el efecto de un número finito de pasos de vehículos pesados en función de la intensidad de tráfico.

Fuentes *et al.* (2004) evaluaron la incidencia de la instalación de pantallas acústicas en los niveles sonoros de poblaciones cercanas a la autovía A-66

(España) – Simulación, para la evaluación del uso de pantallas correctamente dimensionadas y el cálculo de la presión acústica que existiría con su montaje permite una reducción de niveles oscila entre los 3 y los 6 dBA (en valores L) en función de la proximidad de los receptores a la pantalla. Es decir, nos permite disminuir la presión sonora como mínimo a la mitad. Estos resultados sería muy difíciles de obtener si se proyectasen las medidas correctoras únicamente mediante cálculo teórico, sin tener en cuenta la predicción.

Quirós (2013) estudio de pantallas acústicas elaboradas a partir de green composites. Para lo cual se han caracterizado acústicamente 6 tipos distintos de Green Composites con el fin de optimizar el diseño de la pantalla acústica final. Para ello ha sido necesario realizar mediciones del coeficiente de absorción en incidencia normal y de las pérdidas por transmisión de cada una de ellos. Éstos resultados nos han indicado que las placas de Green Composites se pueden utilizar en la elaboración de pantallas acústicas como paneles, imitando la función de las placas metálicas en las tradicionales pantallas acústicas.

Bote, Pfertzschnner y Colina (2013) evaluaron pantallas acústicas fotovoltaicas para tráfico ferroviario, para el conocimiento de las características intrínsecas del material constitutivo de la barrera se determinó en laboratorio el aislamiento de los paneles fotovoltaicos montados sobre la estructura metálica en que se van a instalar y se obtuvo un valor del índice de aislamiento normalizado R_w superior a los 20dB lo que permite concluir que la transmisión a través de la barrera no alterará los valores de las pérdidas por inserción.

2.2 MARCO REFERENCIAL

2.2.1 Sonido y ruido

Para Rosato *et al.* (1990) el sonido “son todas aquellas señales acústicas que nos producen una sensación agradable. En contraposición, el ruido se define como un sonido molesto, desagradable o simplemente no deseado”; así también Mieles, (2015), define al ruido como “todo aquel sonido que resulta molesto e indeseable, principalmente por sus características irregulares.”

2.2.2 Periodo (T).

El periodo según Mieles (2015) se define “es el tiempo que una onda tarda en dar una oscilación completa. Se mide en segundos, se representa como. ”

$$T = \frac{1}{f}$$

Donde:

T : Periodo

f : Frecuencia (hercios)

2.2.2.1 Longitud de onda (λ)

La longitud de onda según Mieles (2015) “Es la distancia entre puntos análogos de dos ondas sucesivas, se mide en metros”

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Donde:

λ : Longitud de onda

c : Frecuencias (hercios)

f : Velocidad del sonido m/s

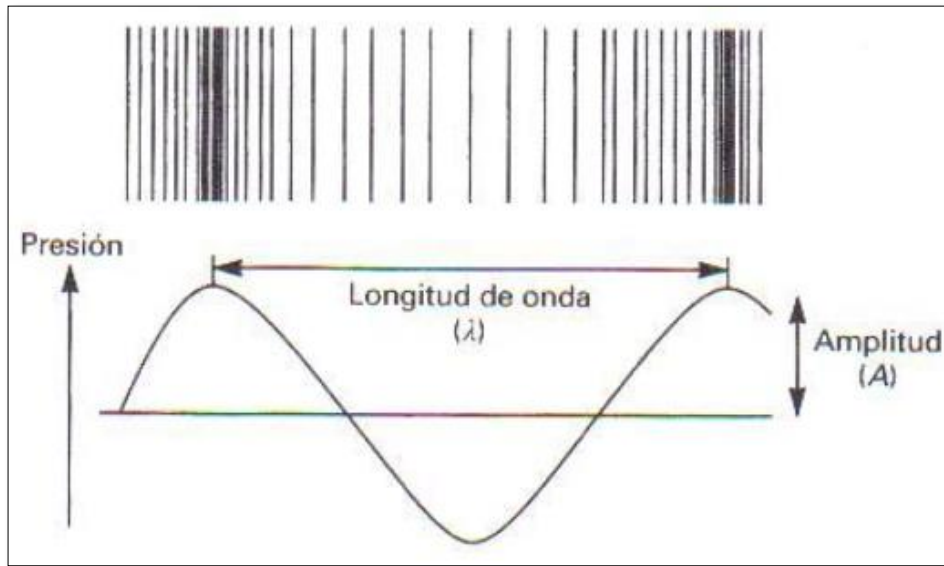


Figura 1. Longitud de onda

Fuente : Harris (1997)

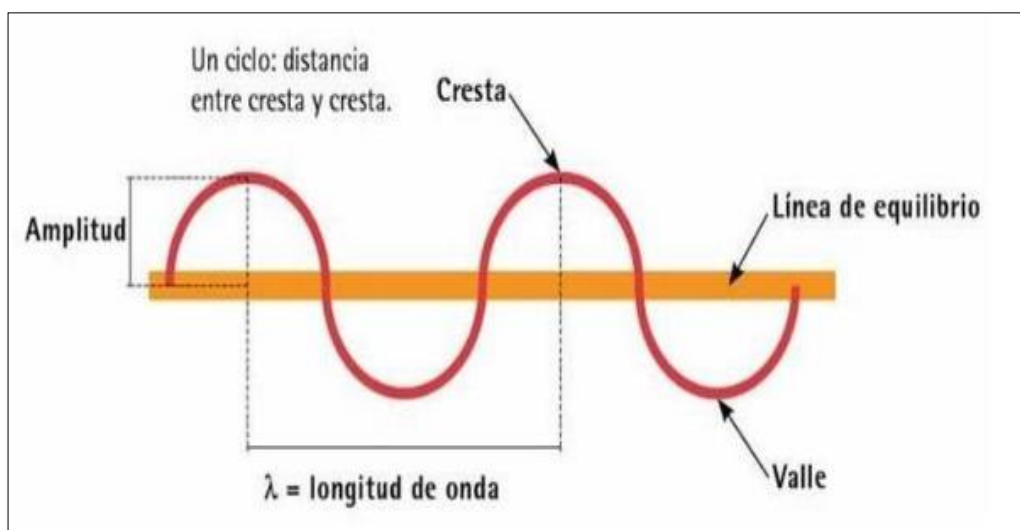


Figura 2. Componentes de la longitud de onda

Fuente : Harris (1997)

2.2.2.2 Intensidad (I)

La intensidad según Madrid (2010) lo define como “es la energía que atraviesa la unidad de superficie perpendicular a la dirección de propagación del sonido en la unidad de tiempo.”

$$I = \frac{\text{Potencia}}{\text{Superficie}} \text{ (W/m}^2\text{)}$$

El nivel de intensidad acústica para Domínguez (2009) lo define como “ 10 veces el logaritmo base 10 de la división de la intensidad del sonido entre el nivel de referencia del sonido” con la siguiente expresión:

$$L_I = 10 \times \text{Log}\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Donde:

- I** : Es la intensidad acústica considerada, en W/m²
- I₀** : Es la intensidad acústicas de referencia, (10¹² W/m²)
- L** : Se mide en decibelio (dB)

2.2.2.3 Frecuencia (f)

Mieles (2015) considera a la frecuencia como el “Número de vibraciones que tienen lugar en un segundo; así, un número alto de ciclos por segundo dará lugar a un tono agudo y un número bajo a un tono grave. Los sonidos audibles tienen una frecuencia comprendida entre 16 y 20.000 hertzios (Hz) o vibraciones por segundo o ciclos por segundo (cps); por encima y por debajo de estas frecuencias están los ultrasonidos y los infrasonidos, respectivamente.”

López y Moreno (2013) define la siguiente “banda de frecuencias audibles se descompone generalmente en tres regiones: frecuencias graves, medias y agudas”

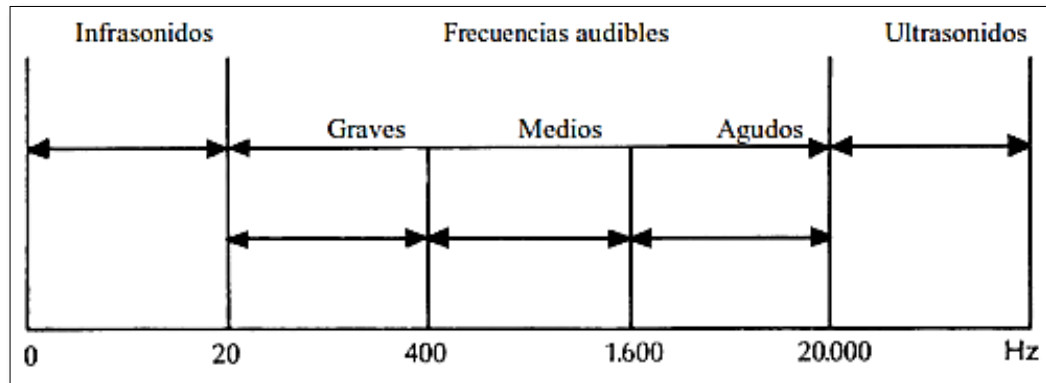


Figura 3. Regiones audibles
Fuente: López y Moreno (2013)

2.2.2.4 Nivel de presión Sonora (NPS)

De acuerdo al Ministerio Nacional del Ambiente (2013) el nivel de presión sonora “Es el valor calculado como diez veces el logaritmo del cociente entre la presión sonora y una presión de referencia de 20 micropascales.

$$NPS = 10 \log_{10} \left(\frac{Pa^2}{Po^2} \right)$$

Donde:

NPS : Decibel

Pa² : Nivel de presión acústica

Po² : Nivel de presión de referencia (20 μPa)

Rosato *et al.* (1990) indica que el nivel de presión sonora esta dando en función “al sonido más débil que puede captar el oído humano tiene una presión sonora del orden de 20 millonésimos de Pascal (0,00002 Pa) correspondiente al umbral mínimo de audición, en tanto que el umbral de dolor, la presión sonora máxima tolerable por el hombre es de 20 Pascal. La relación entre la máxima y la mínima presión sonora que el oído puede captar es de 1.000.000 de veces (20 Pa/20 millonésimos de Pa)”

2.2.2.5 Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ($L_{Aeq,T}$)

El nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado es aquel que tendrá un ruido continuo que en el mismo tiempo de exposición transmitiera la misma energía que el ruido variable considerado. (Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2012)

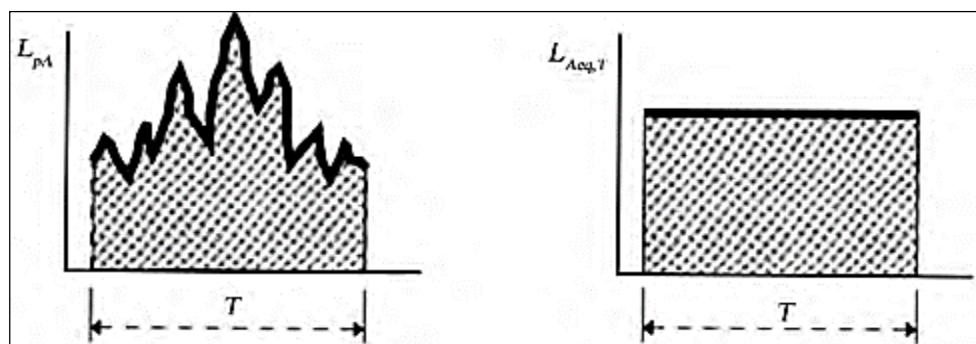


Figura 4. Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado
Fuente : Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2012)

Oyarzabal (2013) afirma que “Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado se obtiene mediante la siguiente ecuación matemática”:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_T P_A^2(t) dt \right] \frac{1}{P_o^2}$$

Donde:

$L_{Aeq,T}$: Decibel

T : Periodo

$P_A^2(t)$: Presión sonora instantánea ponderada A, a lo largo del tiempo variable

P_o^2 : Nivel de presión de referencia (20 μ Pa)

La fórmula anterior nos indica que el nivel de presión sonora es igual a diez veces el logaritmo del cociente entre el cuadrado de la presión sonora cuadrática media durante y la presión sonora de referencia, donde la presión sonora se obtiene con una ponderación en frecuencia normalizada.

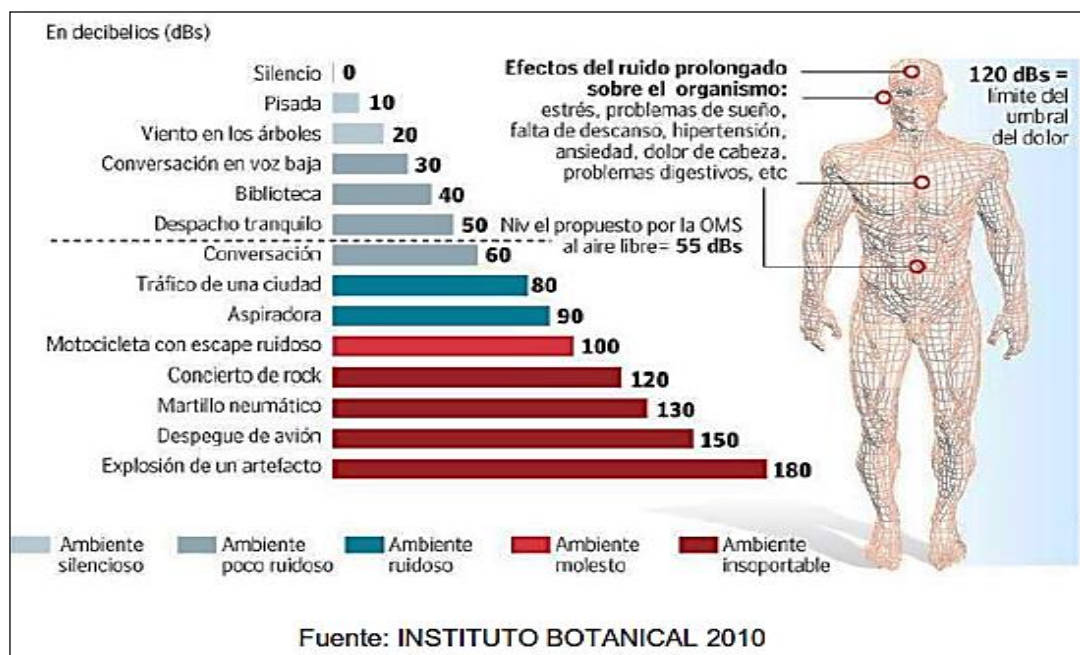


Figura 5. Salud y niveles de ruidos
Fuente: Instituto Botanical (2010)

2.2.3 Clasificación del sonido según sus variaciones

Según normativa Peruana Ministerio Nacional del Ambiente (2003) existen los siguientes ruidos:

2.2.3.1 Ruido de fondo

Es el nivel de presión sonora producido por fuentes cercanas o lejanas que no están incluidas en el objeto de medición. Se mide en ausencia del ruido de la construcción.

2.2.3.2 Ruido estable

Ruido que presenta fluctuaciones del nivel de presión sonora inferiores o iguales a 5 dB(A), durante un periodo de observación de 1 minuto.

2.2.3.3 Ruido fluctuante

Ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A), observado en un período de tiempo igual a un minuto.

2.2.3.4 Ruido impulsivo

Ascenso brusco del ruido en una duración total del impulso menor de un segundo. El tiempo transcurrido entre máximos consecutivos ha de ser igual o superior a un segundo.

2.2.4 Efectos meteorológicos en el sonido

Romero (2010) afirma que la “propagación del sonido para distancias inferiores a 100 m es independiente de las condiciones atmosféricas. Pero para distancias mayores aparece el fenómeno de la refracción.”

En las figuras siguientes se observa como “en condiciones de gradiente de temperatura los rayos del sonido tienden a desviarse hacia arriba, creando zonas de sombra, donde se pueden alcanzar atenuaciones de hasta 20 dB. Por el contrario en condiciones de inversión térmica los rayos tienden a curvarse hacia el suelo, aumentando el sonido percibido.” (Romero, 2010)

Así mismo el “viento hace que los rayos se curven hacia arriba en la dirección contraria a su movimiento y hacia abajo en dirección favorable, por lo que en caso de gradiente se acentúa el efecto de sombra en la zona dirección contraria al viento, y en caso de inversión térmica se acentúa el efecto curvado hacia el suelo en la dirección favorable del viento aumentando el sonido percibido.” (Romero, 2010)

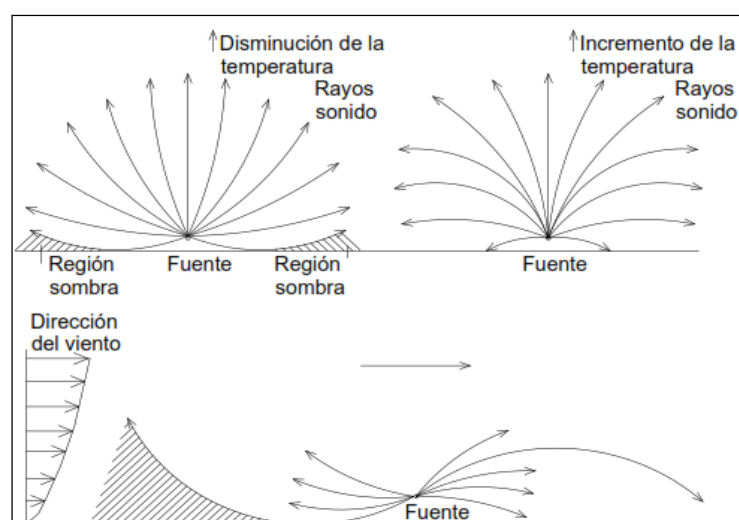


Figura 6. Efectos de la temperatura y viento sobre las ondas acústicas
Fuente: (Romero, 2010)

2.2.5 Propagación del sonido.

Según Valderrabano (1997) la propagación del sonido puede ser aérea o sólida.

2.2.5.1 Absorción sonora

Valderrabano (1997) afirma que cuando el sonido impacta con materiales porosos se genera “la acción de la degradación de la energía cinética de la onda incidente se desarrolla en la superficie y en el interior de los materiales denominados absorbentes acústicos; así también afirma que teóricamente la máxima reducción que se puede obtener con materiales absorbentes acústicos sobrepasa los 8 - 9 dB(A).”

2.2.5.2 Reflexión sonora

“Es el rebote de una onda de sonido en una superficie dura. El sonido que llega al obstáculo se llama sonido incidente y el sonido que se devuelve es el sonido reflejado. Cuando un sonido se refleja, generalmente cambia de dirección en que se propaga y pierde una cantidad de energía.” (Mieles, 2015)

2.2.5.3 Refracción sonora

“Si una onda viajera como el sonido o la luz, se encuentra en su camino con un medio material de diferente densidad, pero que le permita seguir propagándose, experimenta el fenómeno de la refracción que consiste en el cambio de rapidez de propagación.” (Mieles, 2015)

Así también Mieles (2015) afirma que producirse simultáneamente una refracción y una reflexión. Cuando ocurre esto, la energía de la onda incidente es igual a la suma de la energía de la onda reflejada y de la onda refractada.

2.2.5.4 Difracción sonora

El fenómeno de difracción sonora según Mieles (2015) “explica con el principio de Huygens que establece que cualquier punto de un frente de ondas es susceptible de convertirse en un nuevo foco emisor de ondas idénticas a la que lo originó. De acuerdo con este principio, cuando la onda incide sobre una abertura o un obstáculo que impide su propagación, todos los puntos de su plano se convierten en fuentes secundarias de ondas, emitiendo nuevas ondas, denominadas ondas difractadas.”

Así también Mieles (2015) afirma que la difracción se da por dos motivos:

- i. “Porque una onda sonora encuentra a su paso un pequeño obstáculo y lo rodea. Las bajas frecuencias son más capaces de rodear los obstáculos que las altas. Esto es posible porque las longitudes de onda en el espectro audible están entre 1,7cm y 17m, por lo que son lo suficientemente grandes para superar la mayor parte de los obstáculos que encuentran.”
- ii. “Porque una onda sonora topa con un pequeño agujero y lo atraviesa.”

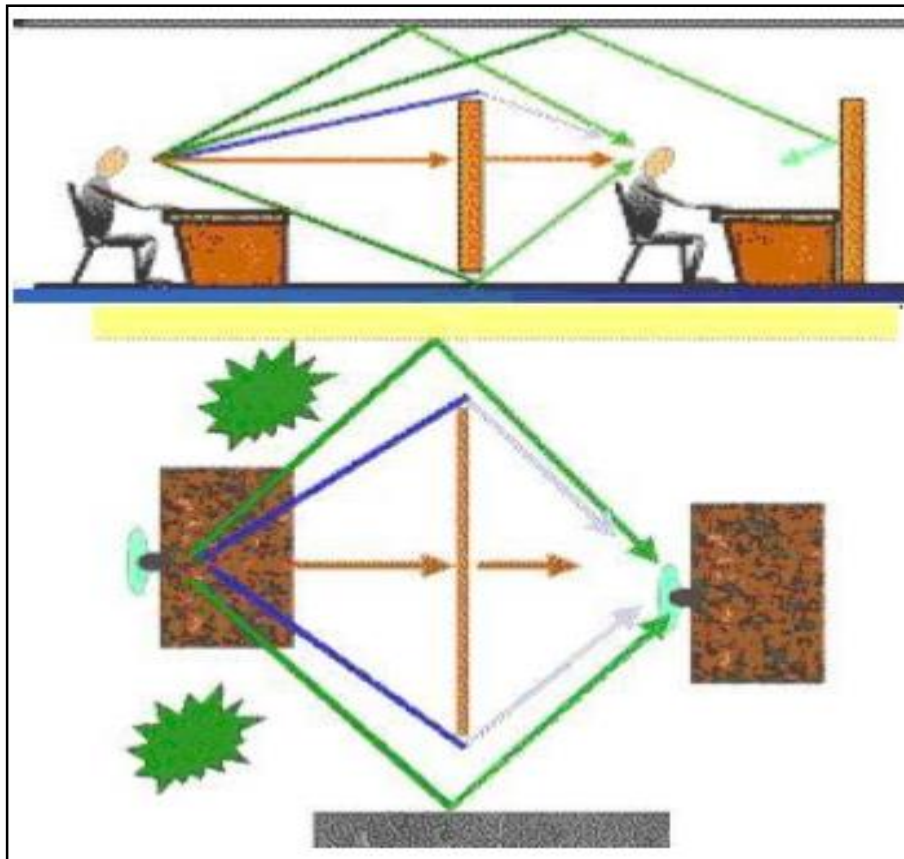


Figura 7. Ilustración de difracción, reflexión y refracción del sonido
Fuente: Mieleles (2015)

De la Figura 7 la flecha café representa la refracción, la flecha azul representa la difracción y la flecha verde representa la reflexión.

2.2.6 Materiales absorbentes acústicos

De acuerdo a Valderrabano (1997) la “forma de absorber la energía sonora se distingue entre materiales porosos y tipos de montaje resonantes y de membrana”

Así también Mieleles (2015) “absorben con mayor eficacia las altas frecuencias (los agudos). Cuanto más poroso es el material, mayor es la absorción. Cuanto más denso es este material, igualmente es mayor la absorción, hasta cierto límite donde pasaría a comportarse como reflexivo, las densidades

medias de estos materiales oscilan en torno a 80 kg/m³. Otro factor a considerar es el espesor empleado, que cuanto mayor es, resulta efectiva la absorción a menor frecuencia (teóricamente un absorbente poroso empieza a ser efectivo a la frecuencia que 1/4 de su longitud de onda coincida con el espesor del mismo). Incluso su colocación, al separarlo de la superficie rígida (pared) donde se sitúe, mejora su absorción a más baja frecuencia. Los materiales porosos más comunes son las lanas minerales (de roca y de vidrio).”

2.2.6.1 Absorbentes porosos

Se refiere a materiales más o menos esponjosos con cavidades de aire comunicadas entre sí. Si se incrementa el espesor del material la absorción crece pero tiene límite, y el límite es 7.5 cm” (Valderrabano, 1997)

2.2.6.2 Absorbentes de membrana

Al adosar a un absorbente poroso una membrana impermeable elástica, como madera, plástico, etc. Modifican sus propiedades convirtiéndola en absorbente de membrana. (Valderrabano, 1997)

2.2.6.3 Absorbentes resonante

Estos “son absorbentes muy importantes (lo que significa que son los más usados) ya que presentan una máxima ductilidad, permitiendo la absorción selectiva de una frecuencia” (Valderrabano, 1997)

2.2.7 Fuentes sonoras

Son puntos o focos que emiten niveles sonoros:

2.2.7.1 Fuentes puntuales

Se denomina fuente puntual “cuando las dimensiones de una fuente de ruido son pequeñas comparadas con la distancia al oyente, entonces se le llama fuente puntual, además, la energía sonora se propaga de forma esférica, por lo que el nivel de presión del sonido es el mismo en todos los puntos que se encuentran a la misma distancia de la fuente.” (Domínguez, 2009)

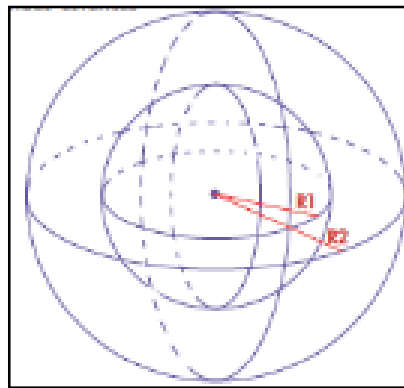


Figura 8. Ondas esféricas
Fuente: López y Moreno (2013)

2.2.7.2 Fuentes móviles lineales

Si una “fuente es estrecha en una dirección y larga en otra comparada con la distancia al oyente, ésta es llamada fuente lineal. Por ejemplo una carretera llena de vehículos. El nivel de sonido se propaga de manera cilíndrica, por lo que el nivel de presión sonora es el mismo en todos los puntos a la misma distancia de la línea.” (Domínguez, 2009)

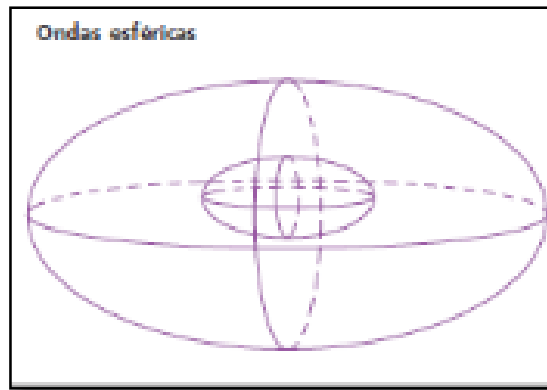


Figura 9. Ondas elípticas
Fuente: López y Moreno (2013)

2.2.8 Medición del ruido

2.2.8.1 Los sonómetros

“Instrumento de medición destinado para obtener medidas objetivas y repetitivas de la presión sonora, que se valora de forma logarítmica, por lo cual se puede decir que es un medidor de nivel de presión sonora.” (Domínguez, 2009)

Para López y Moreno (2013) Los sonómetros “generales muestran el nivel de presión sonora instantáneo en decibeles (dB), lo que normalmente se conoce como nivel de sonido. Estos instrumentos son útiles para comprobar el ambiente sonoro, y poder ahorrar tiempo reservando los sonómetros de gamas superiores para las medidas que necesiten mayor precisión o precisen de la elaboración de informes. Mientras que los sonómetros integradores-promediadores tienen la capacidad de poder calcular el nivel continuo equivalente. Incorporan funciones para la transmisión de datos al ordenador, cálculo de porcentajes, y algunos

análisis en frecuencia. A su vez los sonómetros pueden dividirse en tres tipos o clases según su precisión”:

Así también López y Moreno (2013) indica que “acuerdo con el estándar internacional IEC 651, reformado por la IEC 61672, los instrumentos de medida del sonido, de los cuáles los sonómetros constituyen una parte, se dividen en tres tipos dependiendo de su precisión en la medida del sonido. Estos tipos son tipo 0, 1 y 2, con el tipo 0 el más preciso (tolerancias más pequeñas) y tipo 2 el menos preciso.”

2.2.8.2 Calibradores acústicos

“Instrumento que sirve para asegurar la fiabilidad de los sonómetros. Su misión es generar un tono estable de nivel a una frecuencia predeterminada, al cual se ajusta la lectura del sonómetro haciéndola coincidir con el nivel patrón generado por el calibrador.” (Domínguez, 2009)

2.2.9 Efectos de la acción directa del ruido sobre el organismo

2.2.9.1 Efectos auditivos

El ruido “se transmite a otras zonas del cuerpo mediante las interconexiones que se producen en el cerebro entre los nervios del oído y los que van a otras regiones. Puede producir entre otros trastornos: aumento de frecuencia respiratoria, mayor incidencia en la hipertensión arterial, afecciones al estómago e intestino, disminución de la agudeza visual, alteración del funcionamiento de las glándulas endócrinas, trastornos nerviosos y dificultades en la atención.” (OSMAN, 2010)

A. Trastornos del sueño.

“Los ruidos intermitentes, con picos de niveles sonoros de 45 dB(A).” (OSMAN, 2010)

B. Efectos sobre las funciones fisiológicas

“Estos efectos empiezan a ser observados con exposiciones diarias a largo plazo a niveles de ruido por encima de 65 dB(A) o con exposiciones agudas por sobre los 80-85 dB(A).” (OSMAN, 2010)

C. Interferencia con la comunicación oral.

“La voz hablada es inteligible cuando el nivel de presión sonora del ruido de fondo supera los 40 dB(A) y la dificultad para la comunicación oral se da a partir de los 65 dB(A).” (OSMAN, 2010)

D. Efectos sobre la audición.

“En general, las personas con mayor riesgo de sufrir deficiencia auditiva son las expuestas a niveles de presión sonora superior a los 75 dB(A) en ambientes laborales y con periodos de exposición superiores a 8 horas.” (OSMAN, 2010)

2.2.10 Decaimiento acústico

Este consiste en elegir un punto determinado y en este punto medir el $LeqA$, y la distancia exacta al centro de la fuente sonora, así también, esta ecuación muestra el hecho de que al duplicar la distancia, el ruido decae alrededor de 6 dB (Mosquera, 2003):

$$L_{eqA}(D) = L_{eqA}(d) - 20 \cdot \log\left(\frac{d}{D}\right)$$

Donde:

$L_{eqA,(D)}$: Es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, calculado a una distancia D del equipo.

$L_{eqA,(d)}$: es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, medido a una distancia d del equipo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 MÉTODO

Investigación transversal, porque los datos de los niveles sonoros generados por el equipo mecánico serán recolectados al mismo tiempo con tres sonómetros.

3.2 DISEÑO

Investigación transversal correlacionales, porque se busca la relación entre las dos variables de la investigación.

3.3 NIVEL

Correlacional

3.4 LUGAR DE ESTUDIO

El lugar de estudio de la presente investigación, es el tramo de la construcción de la construcción de la obra vial Lampa - Cabanilla, comenzando en la coordenada (19 L, 353289.92 m E, 8298865.32 m S) y terminando en la

coordenada (19 L, 355704.08 m E, 8273352.66 m S); en Provincia Lampa, Región Puno.

3.5 POBLACIÓN

Se consideró como población a todo el equipo mecánico utilizado en la construcción de la obra vial entre Lampa y Cabanilla:

3.6 MUESTRA DE ESTUDIO

No probabilística, equipos mecánicos pesados:

- 01 Excavadora hidráulica sobre orugas
- 01 Cargador frontal
- 01 Motoniveladora
- 01 Rodillo liso vibratorio auto impulsado
- 01 Camión cisterna
- 02 Camión volquete
- 01 Planta trituradora de piedra
- 01 Generador de electricidad.

3.7 DISEÑO METODOLÓGICO

3.7.1 Diseño de muestreo.

Muestreo no probabilístico.

3.7.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

-Técnica de recolección: fichas de campo para reporte

-Instrumentos de medición: Sonómetro Integrador - tipo I, acorde a la (IEC – 61672) y a la norma ISO - 1996, protocolo nacional de monitoreo de ruido ambiental MINAN.

3.8 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.

La metodología empleada para el desarrollo del presente proyecto, se caracteriza por poseer 3 etapas fundamentales, dos de estas etapas están tipificadas en el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental, y la restantes se planteó:

A. Investigativa.

En esta etapa se realizó la recopilación de la información con respecto a estudios anteriores en cuanto a contaminación sonora producida por maquinaria pesada, donde se detallan estudios realizados a nivel nacional e internacional.

B. Diagnostico.

En esta etapa se recopiló información sobre las especificaciones técnicas de los tipos de equipos mecánicos pesados utilizados en la construcción de la obra vial Lampa – Cabanilla. Así mismo, se seleccionaron e identificaron las actividades que podrían generar más ruido.

C. Determinación del número de puntos y de tiempos de medición

En dicha etapa se tuvo en cuenta el objetivo de estudio (incidencia de la barrera acústica prefabricada en la contaminación sonora del equipo mecánico), se identificó el equipo mecánico pesado, la actividad que realiza y el tipo de fuente sonora.

Para las fuentes móviles se considera un espacio de 15 metros de recorrido para el equipo mecánico durante el monitoreo el monitorio, y la pantalla acústica se colocara al medio de los 15 metros del espacio considerado para recorrido del equipo mecánico, así también se programara los sonómetros en función al tiempo que demora recorrer el equipo mecánico los 15 metros del espacio considerado para recorrido del equipo mecánico. Mientras que para las fuentes estacionarias el tiempo de monitoreo será 5 minutos en cada punto.

Los puntos de medida para las fuentes sonoras móviles y fuentes sonoras estacionarias.

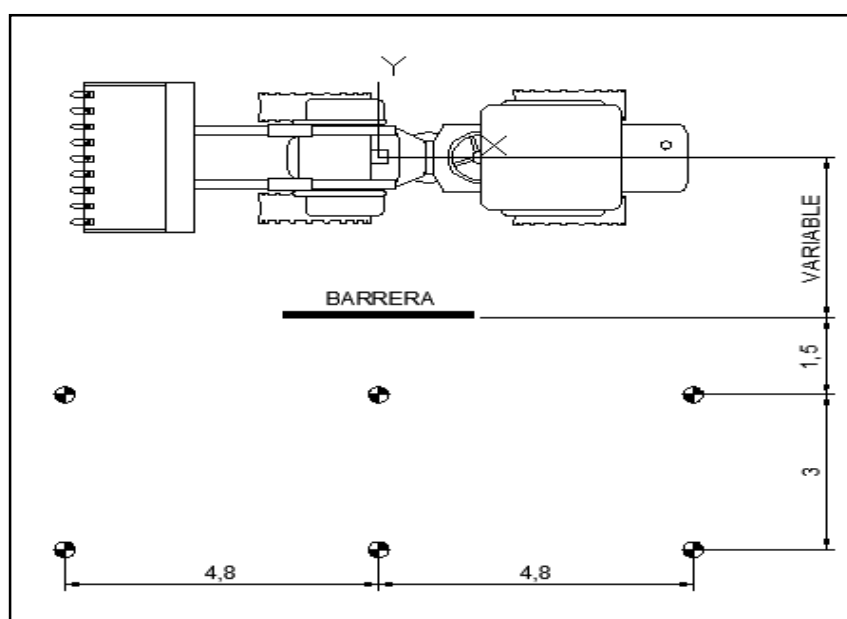


Figura 10. Puntos de monitoreo

Determinación del número de puntos y de tiempos de medición

Se establecieron las características apropiadas para medición de ruidos, teniendo en cuenta que se realizarían con 3 equipos de medición (Sonómetros integradores promediables TIPO I).

3.9 METODOLOGÍA SEGÚN OBJETIVO

3.9.1 Determinar las características de la barrera acústica prefabricada

A. Diseño de muestreo

Muestreo no probabilístico

B. Descripción detallada del uso de materiales, equipos, insumos, entre otros.

Para la ejecución del objetivo específico se sub dividió en dos partes:

➤ **Primera parte: Elaboración de la barrera acústica:**

Plancha de policarbonato:

Lámina de Policarbonato Alveolar de acuerdo a sus especificaciones técnicas es utilizada para cubrir espacios que requieran iluminación natural, permitiendo ahorro en el consumo de energía y proporcionando una vista agradable a la construcción. Su flexibilidad permite crear estructuras curvas con radios de curvatura mínimos. Su alta resistencia al impacto y al deterioro generado por el medio ambiente, la convierte en la opción más eficiente frente al vidrio y al acrílico.



Figura 11. Plancha de policarbonato alveolar

Parantes de drywall:

Estructura metálica liviana resistente de aluminio que permitirán dar rigidez a la barrera acústica.



Figura 12. Parente de drywall

Lana de fibra de vidrio

La Lana de Vidrio de acuerdo a sus especificaciones técnicas es un producto fabricado fundiendo arenas con alto contenido de sílice a altas temperaturas más otros insumos. El resultado final es un producto fibroso de óptimas propiedades de aislación térmica y acondicionamiento acústico, de elevada resiliencia y estabilidad dimensional.



Figura 13. Rollo de Lana de fibra de vidrio

Espuma de poliuretano

La espuma de poliuretano de acuerdo a las especificaciones técnicas es un material plástico poroso formado por una agregación de burbujas, además es un material muy versátil ya que, según los aditivos y los sistemas de fabricación utilizados, se pueden conseguir características muy distintas y espumas destinadas a usos muy diferentes. Así también este material es aislante acústica, la densidad 20 kg/m³.

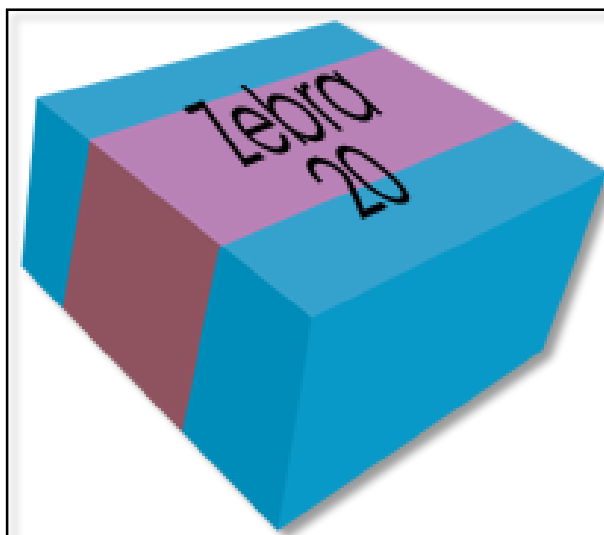


Figura 14. Trozo de Espuma de poliuretano

Desatornillador:

Equipo eléctrico que permite armar la estructura de la barrera.



Figura 15. Desatornillador

Herramientas manuales

Desarmador, flexómetro, lijador, tijera metálica, escuadra.

➤ **Segunda parte: Elaboración de los mapas de ruido:**

Software ArcGis:

Un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG. Producido y comercializado por ESRI, bajo el nombre genérico ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica.

Dentro del ArcGis una de sus herramientas es el ArcMap programa que permite realizar el mapa de ruido por medio de la Interpolación Kriging, presupone que la distancia o la dirección entre los puntos de muestra reflejan una correlación espacial que puede utilizarse para explicar la variación en la superficie. La herramienta Kriging ajusta una función matemática a una cantidad especificada de puntos o a todos los puntos dentro de un radio específico para determinar el valor de salida para cada ubicación.

C. Descripción de las variables a ser analizadas.

En esta etapa se tuvo en cuenta determinar las características de la barrera acústica prefabricada tanto físicas como propiedad acústicas en la propagación de las ondas sonoras.

D. Aplicación de prueba estadística inferencial.

Interpolación kriging: realizada en el ArcMap mediante el método kriging que pondera los valores medidos circundantes para calcular una predicción de una ubicación sin mediciones, sigue un modelo logarítmico.

3.9.2 Determinar que equipos mecánicos producen contaminación sonora

A. Diseño de muestreo

Muestreo no probabilístico

B. Descripción detallada del uso de materiales, equipos, insumos, entre otros.

Para el presente trabajo de investigación se tomó el Protocolo Nacional de Ruido que establece las metodologías, técnicas y procedimientos que se deben considerar para tener un monitoreo de ruido ambiental técnicamente adecuado se tomó en cuenta con dos (02) Normas Técnicas Peruanas (NTPs) emitidas por INDECOPI: NTP 1996-1:2007, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental Parte 1: Índices básicos y procedimiento de evaluación; y NTP 1996-2:2008, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental.

Sonómetro:

Para el presente trabajo de investigación se han utilizado 03 unidades de sonómetro promediadores integradores TIPO I, estos equipos cuentan con un micrófono y un protector anteviendo.



Figura 16. Sonómetro más su calibrador

Monitoreo el nivel de presión sonora

En el presente trabajo de investigación se usó la curva de ponderación A, tiempo de respuesta rápido, modo tiempo y en un rango de 60 – 120 dB(A). Para medición se tomó en cuenta el reglamento de Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental. Tomando en cuenta lo siguiente:

Así también se realizó calibración de los sonómetros con el calibrador acústico del mismo sonómetro antes de realizar cada monitoreo.

Se cuidó la instalación del sonómetro sobre el trípode de sujeción, siempre midiendo la altura de 1,5 m del sonómetro al piso, así mismo de acuerdo al tiempo se programa el sonómetro en los 06 puntos de monitoreo por cada maquinaria.

En las unidades de medición se instaló los protectores anti viento en los micrófonos con dirección a la fuente emisora, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Al iniciar la medición, se verifico que el sonómetro esté en ponderación A y modo Fast, para el caso de tránsito automotor.

Los datos obtenidos del sonómetro son (LeqA): Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A que contiene la misma energía que el ruido medio generado durante el tiempo de medición, (Lmax) Nivel de presión sonora máxima registrado durante el período de medición dado, (Lmin) Nivel de presión sonora mínima registrado durante un período de medición dado.

Tiempo de monitoreo por maquinaria

Para las fuentes móviles se consideró un espacio de 15 metros de recorrido para el equipo mecánico durante el monitoreo el monitorio, y la pantalla acústica se colocara al medio de los 15 metros del espacio considerado para recorrido del equipo mecánico, así también se programara los sonómetros en función al tiempo que demora recorrer el equipo mecánico los 15 metros del espacio considerado para recorrido del equipo mecánico. Mientras que para las fuentes estacionarias el tiempo de monitoreo será 5 minutos en cada punto.

Los estándares de calidad ambiental para ruido han sido fijados por el Estado Peruano mediante el Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental Para ruido aprobado por el D.S. N° 085-2003-PCM

Reglamento de estándares Nacionales de calidad ambiental para ruido (ECA-Ruido).

Cuadro 1. Estándares de calidad ambiental para ruido

Zonas de aplicación	Valores expresados en LAeqT	
	Horario diurno	Horario nocturno
Zona de protección especial	50	40
Zona residencial	60	50
Zona comercial	70	60
Zona industrial	80	70

Fuente: El Peruano Normas Legales (2003)

Comparación de niveles de presión sonora según ECA:

Se compararon con la norma aprobada, corresponden a valores promedios, de las mediciones realizadas. La identificación del uso de suelos o zonificación se consideró zona residencial, ya que viendo que la investigación se puede interpolar a zonas urbanas donde se realiza construcciones de pavimentos; por lo tanto 60 dB(A) es la medida de referencia que permitirá determinar los equipos mecánicos que generan contaminación acústica.

C. Descripción de las variables a ser analizadas.

En esta etapa se tuvo en cuenta evaluar cuáles son a los equipos mecánicos que producen contaminación sonora comparándola con el ECA – ruido para una zona urbana.

D. Aplicación de prueba estadística inferencial.

Se aplicó la prueba estadística correlación de Pearson, para evaluar la correlación que existe entre los niveles sonoros con y sin pantalla.

Ecuación para determinar el coeficiente de correlación de Pearson:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \right]}}$$

Cuadro 2. Coeficiente correlación de Pearson

Coeficiente Cualitativo	Coeficiente Cuantitativo
(+)(-) Correlación inexistente	$0.00 \leq r < 0.00$
(+)(-) Correlación muy baja	$0.01 \leq r < 0.20$
(+)(-) Correlación baja	$0.21 < r > 0.40$
(+)(-) Correlación moderada	$0.41 < r > 0.60$
(+)(-) Correlación alta	$0.61 < r > 0.80$
(+)(-) Correlación muy alta	$0.81 \leq r \leq 0.99$
(+)(-) Correlación Perfecta	$1.00 \leq r \leq 1.00$

Los valores del coeficiente cuantitativo de Pearson son medidas de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas, mientras más se aproxime a 1, la relación es más fuerte.

3.9.3 Determinar la incidencia de la barrera acústica prefabricada en la contaminación sonora del equipo mecánico en la obra vial Lampa – Cabanilla, Región Puno.

A. Diseño de muestreo

Muestreo no probabilístico

B. Descripción detallada del uso de materiales, equipos, insumos, entre otros.

Para el presente trabajo de investigación se tomó el la incidencia que tiene barrera acústica prefabricada al reducir la contaminación sonora que genera el equipo mecánico por la acción de sus actividades en la obra vial Lampa, para lo cual se hizo uso del software Microsoft Excel para determinar la incidencia que genera.

$$\text{incidencia de la barrera acústica} = \frac{\text{dB(A) sin la barrera} - \text{dB(A) con la berra}}{\text{dB(A) sin la barrera}} \times 100$$

C. Descripción de las variables a ser analizadas.

Determinar en cuanto incide la utilización de una Barrera acústica en la Contaminación acústica generada por el equipo mecánico.

D. Aplicación de prueba estadística inferencial.

Técnica estadística t-student muestras relacionadas, con un coeficiente de error $\alpha=10\%$ asumido

Ecuación para determinar el valor de t (P dos colas), valor que fue evaluado con el coeficiente error ($\alpha = 10\%$)

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right) + \left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)}}$$

CAPÍTULO IV

RESULTADO Y DISCUSIONES

4.1 EN CUANTO AL ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BARRERA ACÚSTICA PREFABRICADA

Para el presente trabajo de investigación los resultados en cuanto a las características de la barrera acústica prefabricada se evaluó en función a los mapas de ruidos, encontrándose:

En los mapas de ruidos elaborados (Ver Anexo 2), se observa que las ondas sonoras emitidas por el equipo mecánico pesado evaluado, tienden a propagarse en forma esférica, esto puede ser porque el equipo mecánico pesado realiza un trabajo, que por lo general es en línea recta y con baja velocidad de desplazamiento, por lo cual, se puede considerar a todos los equipos mecánicos pesados con fuentes sonoras puntuales.

Asimismo, al observar las figuras 17 y 18, nos permite analizar, que la barrera acústica prefabricada genera una sombra acústica, la cual se extiende aproximadamente hasta 5 a 7 metros de la espalda de la barrera acústica o dos veces y media a tres veces la altura de la barrera acústica; también se puede

observar, una reducción de los niveles sonoros en la sombra acústica que oscila entre 10 a 15 dB(A), valores que se encuentran por debajo de “24 dB(A) que es la máxima atenuación sonora que se puede obtener mediante una barrera acústica” según Oyarzabal (2013).

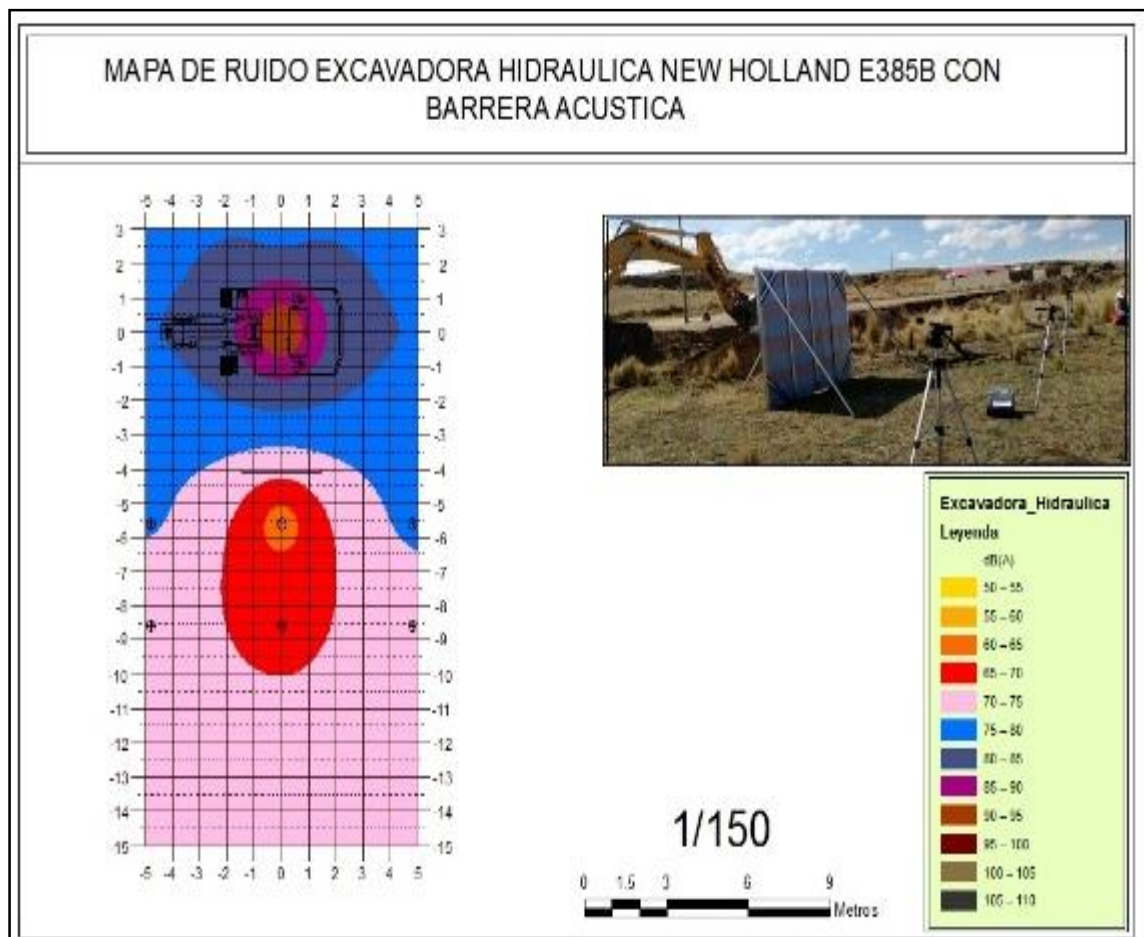


Figura 17. Mapa de ruido de una excavadora hidráulica sobre orugas para analizar las características de la barrera
Fuente: Ver Anexo 2

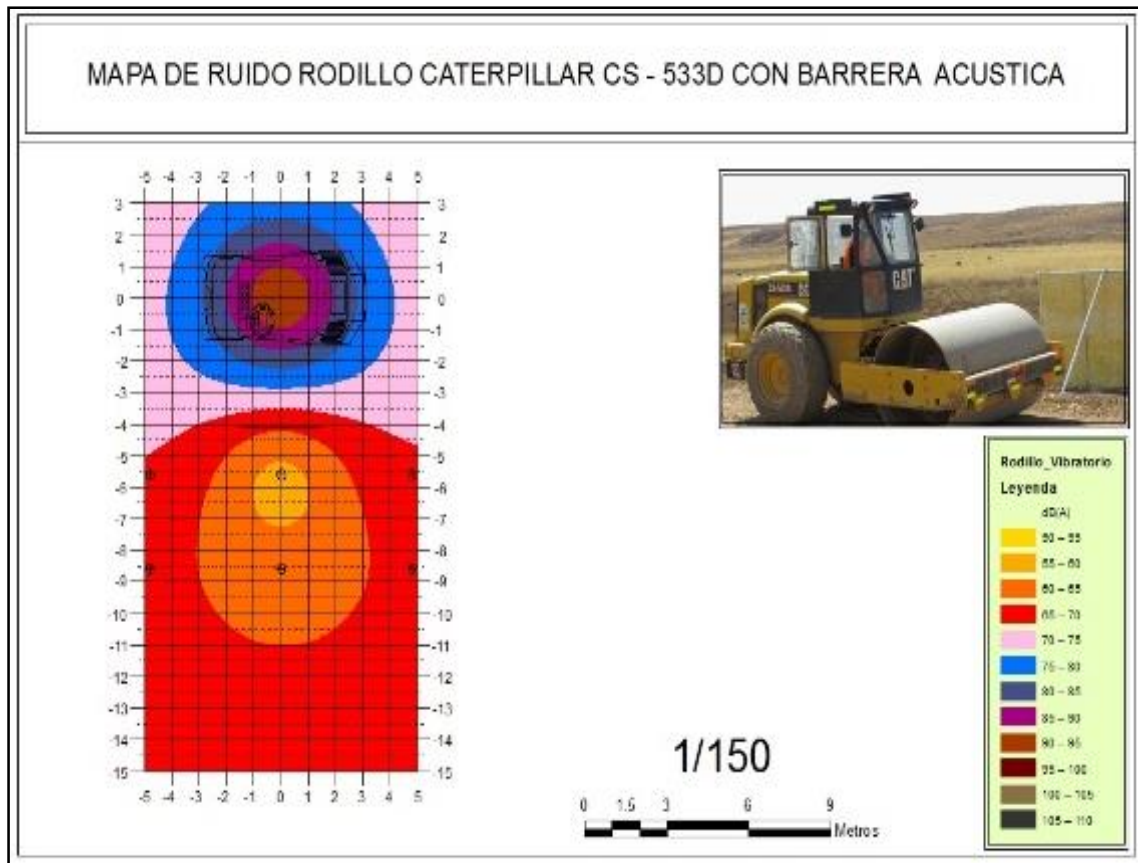


Figura 18. Mapa de ruido de un rodillo liso vibratorio auto impulsado para analizar las características de la barrera
Fuente: Ver Anexo 2

En las figuras 19 y 20, se puede observar como el viento incidió, en la propagación del ruido en la espalda de la barrera acústica, esto podría ser por la velocidad del viento y la velocidad de desplazamiento del equipo mecánico; en contraposición Romero (2010) afirma que la “propagación del sonido para distancias inferiores a 100 m es independiente de las condiciones atmosféricas. Pero para distancias mayores aparece el fenómeno de la refracción.”

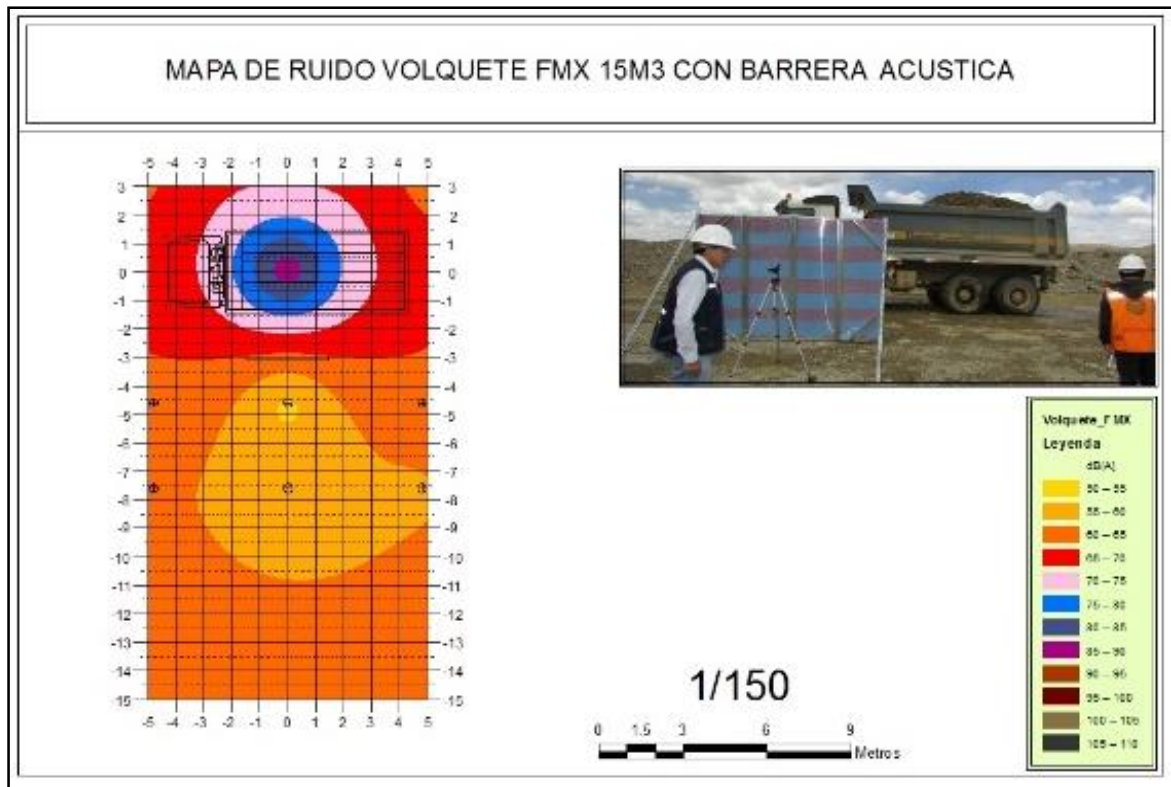


Figura 19. Mapa de un volquete cargado para analizar las características de la barrera
Fuente: Ver Anexo 2

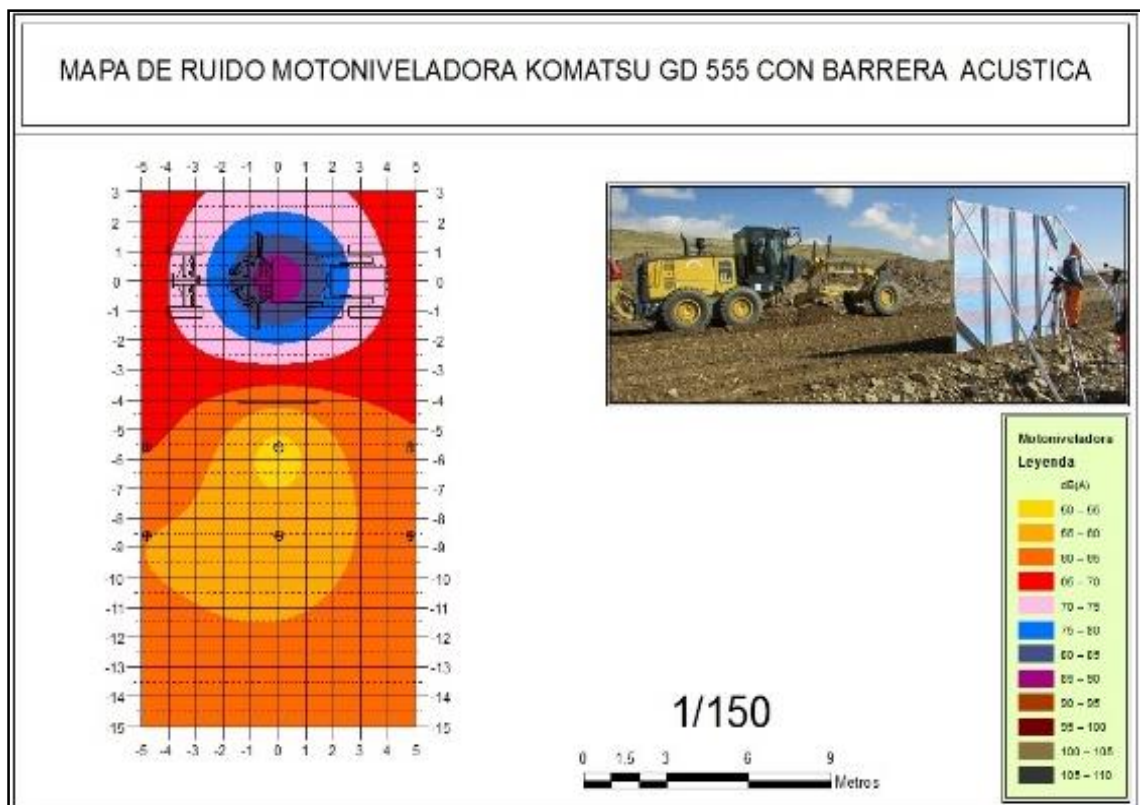


Figura 20. Mapa de ruido de una motoniveladora para analizar las características de la barrera
Fuente: Ver Anexo 2

En la Figura. 21 se puede observar mejor, que las ondas sonoras se propagan con unas fajas de ancho homogéneo desde el centro del equipo mecánico, pero la faja de las ondas sonoras en frente de la barrera acústica deja de ser homogénea, haciendo notar una reflexión baja, esto es debido al material blando empleado en la en la barrera acústica; así también, Mieles (2015) afirma que los “materiales duros o de alta densidad reflejan el sonido”

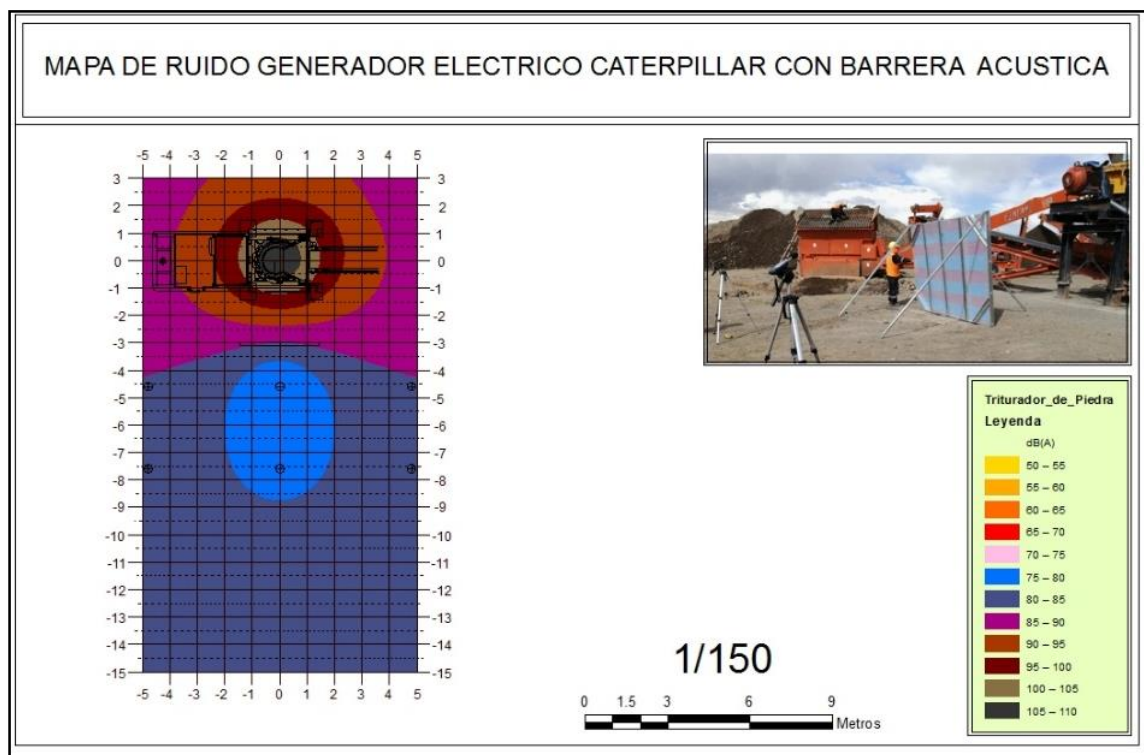


Figura 21. Mapa de ruido para la trituradora de piedra para analizar las características de la barrera
Fuente: Ver Anexo 2

En la Figura. 22 se puede observar mejor que, el ruido al propagarse de la fuente sonora al exterior, tiene la forma esférica porque es una fuente sonora puntual, pero cuando estas ondas sonoras impactan con la barrera acústica, cambia la forma generándose una propagación de forma elíptica en torno a la barrera acústica, también cambia el ancho de la faja de las ondas sonoras después de la barrera acústica, esto hace notar que la barrera acústica genera el fenómeno de

refracción; asimismo, Mieles (2015) afirma que “si una onda viajera como el sonido o la luz, se encuentra en su camino con un medio material de diferente densidad, pero que le permita seguir propagándose, experimenta el fenómeno de la refracción que consiste en el cambio de rapidez de propagación, y en algunos casos cuando el frente de onda”.

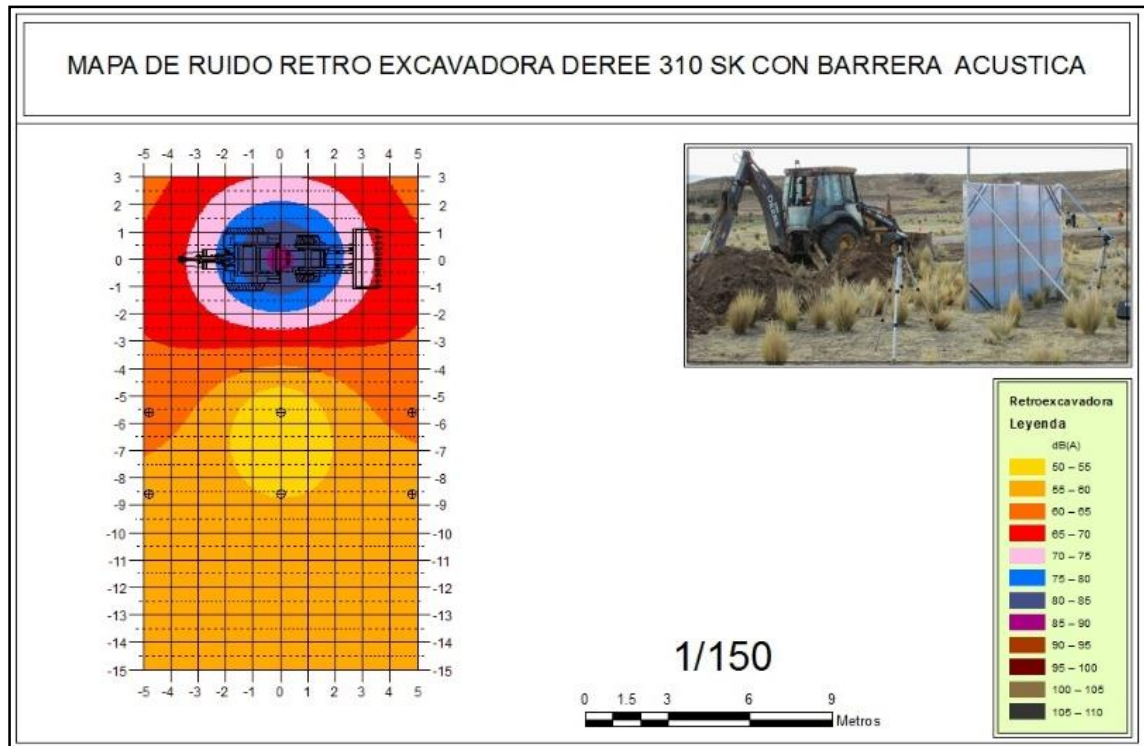


Figura 22. Mapa de ruido de una retroexcavadora para analizar las características de la barrera
Fuente: Ver Anexo 2

En la Figura. 23 se puede notar, que en todos los casos el ancho de la faja de las ondas sonoras se reduce en el sector que se encuentra frente a la pantalla, así mismo, la onda sonora que se redujo antes de la barrera acústica, después cambia de color indica una disminución del nivel de ruido; esto hace notar que parte del sonido que impactó en la barrera acústica fue absorbido debido a que el material de la cara que recibe directamente la onda sonora es de lana de fibra de vidrio, esto concuerda con lo que afirma Mieles (2015) los “materiales blandos y de baja densidad absorben parte del sonido y reflejan una pequeña fracción”.

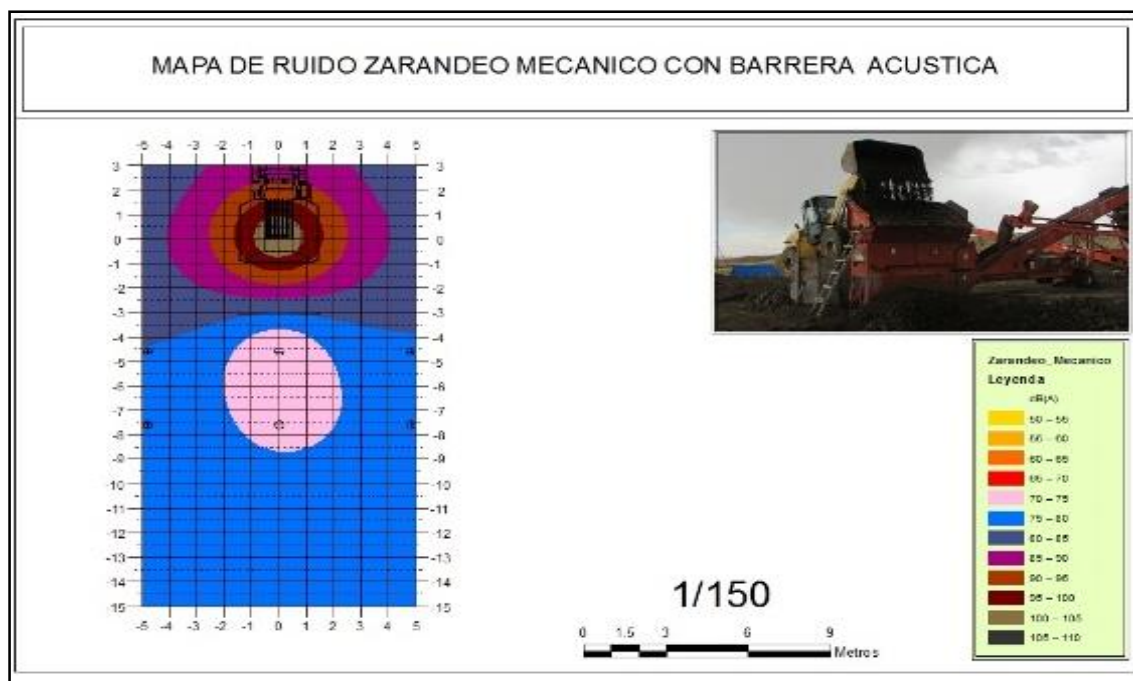


Figura 23. Mapa de ruido de zarandeo mecánico para analizar las características de la barrera
Fuente: Ver Anexo 2

En síntesis las características de la barrera acústica son la maniobrabilidad debido a sus 42.5 Kg de peso, la refracción sonora, absorción sonora y poca reflexión sonora.

4.2 EN CUANTO A EVALUAR CUÁLES SON LOS EQUIPOS MECÁNICOS QUE PRODUCEN CONTAMINACIÓN SONORA

Para evaluar cuáles son los equipos mecánicos que producen contaminación acústica se elaboró las Figuras. 24 a la 34. Para elaborar estas figuras, primero se consideró a la zona de estudio, como zona residencial, esto de acuerdo a la clasificación de los Estándares de calidad ambiental para ruido. Se consideró zona residencial porque que estos resultados se van extrapolar a la construcción de pavimentos construidos en zonas urbanas, zonas que son consideradas zonas residenciales. Seguidamente se seleccionó las lecturas de los niveles sonoros que fueron tomados sin la barrera acústica, a continuación, se promedió

las dos lecturas a 1.50 metros de la proyección de barrera acústica y las dos lecturas a 4.50 metros de la proyección de la barrera acústica.

Las figuras 24, 25, 27,28, permiten evaluar el nivel sonoro generado por separado de cada equipo mecánico a 7.30 metros y 9.76 metros con respecto a los 60 dB(A) establecido por el ECA para una zona residencial en horario diurno. Mientras que las Figuras. 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34, permiten evaluar el nivel sonoro generado por separado de cada equipo mecánico a 6.58 metros y 8.90 metros con respecto a los 60 dB(A) establecido por el ECA para una zona residencial en horario diurno.

En síntesis de las Figuras de la 24 a la 34, los equipos mecánicos que producen contaminación sonora son: la excavadora sobre orugas, el cargador frontal, la motoniveladora, el rodillo liso vibratorio, Camión volquete, la trituradora de piedra, la zaranda vibratoria y el generador de electricidad. Mientras que los equipos mecánicos como la motoniveladora, la retroexcavadora, y los volquetes no generan contaminación sonora.

Los equipos mecánicos estacionarios como: la excavadora sobre orugas, la trituradora de piedra, la zaranda vibratoria y el generador de electricidad, son los que generan mayores niveles sonoros, a excepción de la retroexcavadora. Así también que de los equipos mecánicos móviles como el cargador frontal, la motoniveladora, el rodillo liso vibratorio generan contaminación sonora.

En resumen podemos observar que el generador eléctrico es el equipo mecánico que genera mayor nivel sonoro, mientras que los volquetes y la retroexcavadora son los generan menores niveles sonoros.

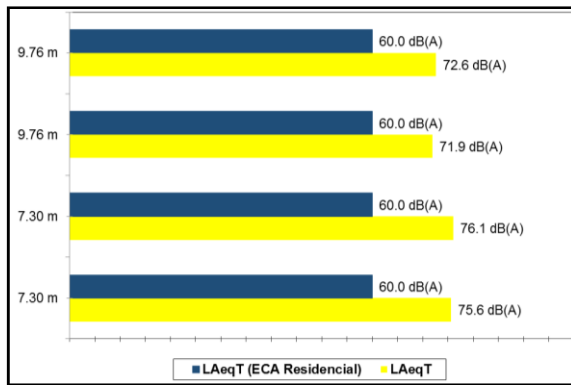


Figura 24. Evaluación del nivel de ruido generado por una excavadora hidráulica de 280 hp con el ECA.

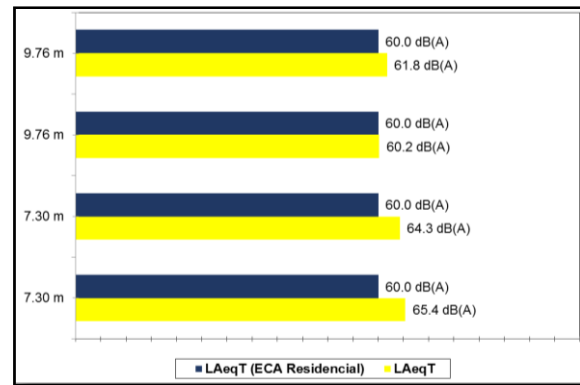


Figura 25. Evaluación del nivel de ruido generado por una motoniveladora de 160 hp con el ECA.

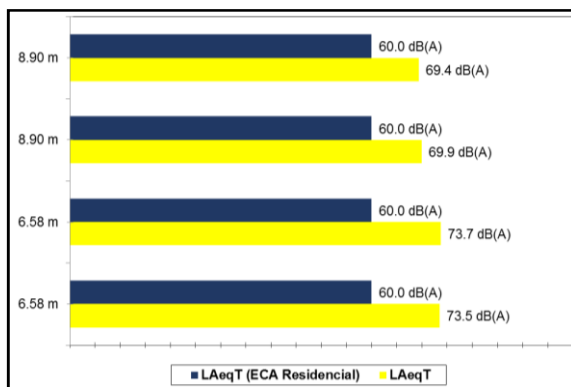


Figura 26. Evaluación del nivel de ruido generado por el cargador frontal 230 hp con el ECA.

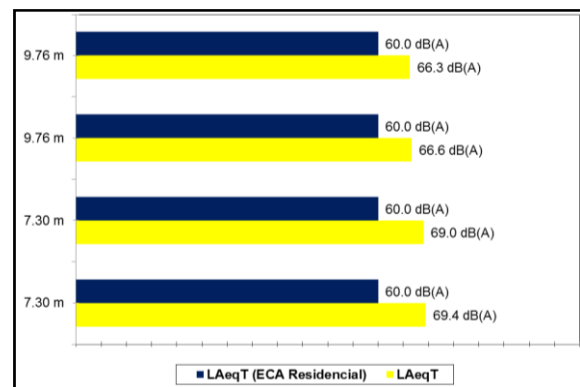


Figura 27. Evaluación del nivel de ruido generado por un rodillo vibratorio auto impulsado 130 hp con el ECA.

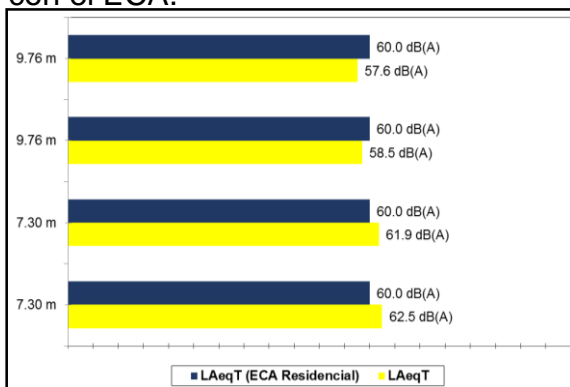


Figura 28. Evaluación del nivel de ruido generado por una retro excavadora 93 hp con el ECA.

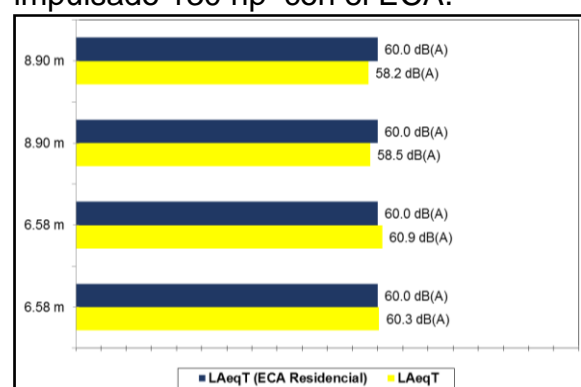


Figura 29. Evaluación del nivel de ruido generado por un volquete de 440 hp con el ECA.

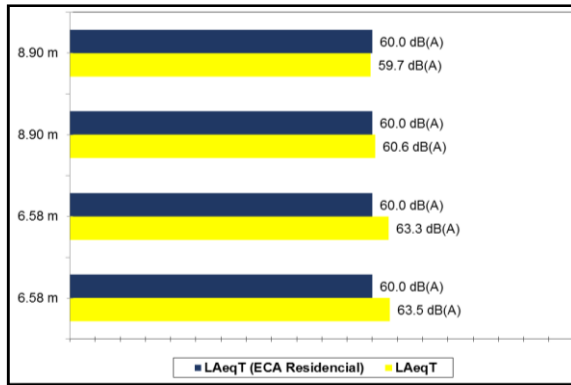


Figura 30. Evaluación del nivel de ruido generado por un volquete de 440 hp con el ECA.

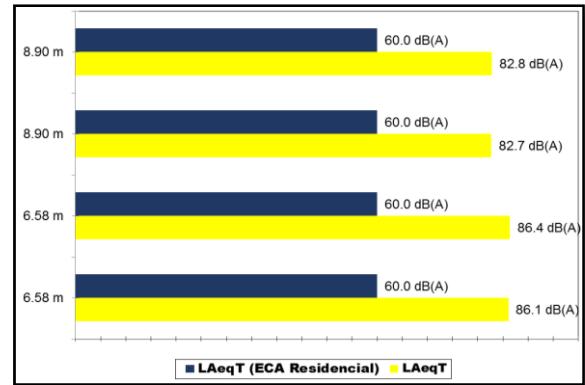


Figura 31. Evaluación del nivel de ruido generado por un generador eléctrico con ECA.

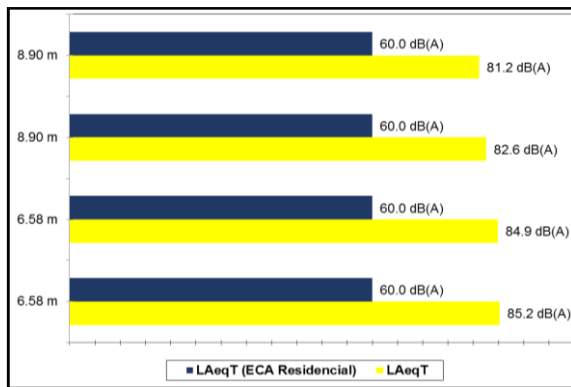


Figura 32. Evaluación del nivel de ruido generado por una malla vibratoria con el ECA.

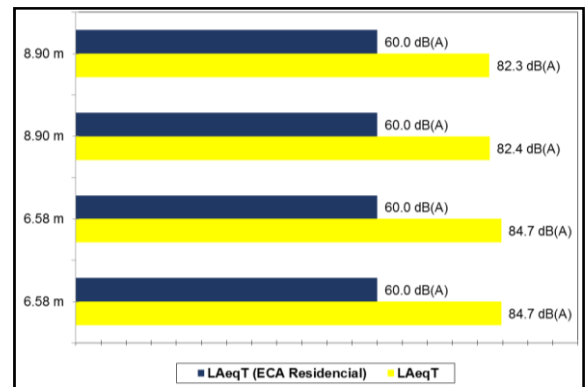


Figura 33. Evaluación del nivel de ruido generado por una trituradora de piedra con el ECA.

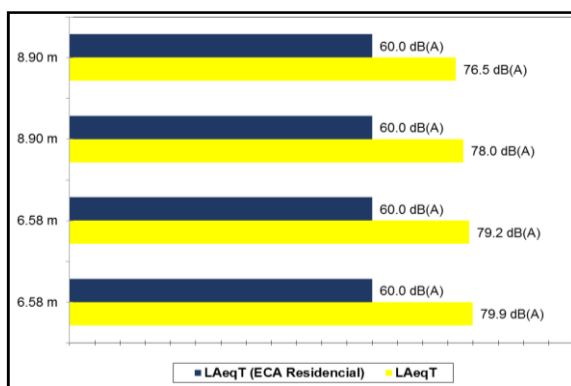


Figura 34. Evaluación del nivel de ruido generado por el zarandeo con el ECA.

4.3 EN CUANTO A DETERMINAR SI LA BARRERA ACÚSTICA PREFABRICADA ES INCIDENTE MITIGANDO LA CONTAMINACIÓN SONORA DEL EQUIPO MECÁNICO EN LA OBRA VIAL LAMPA – CABANILLA, REGIÓN PUNO.

Las Figuras. 35 a la 56 se puede observar la línea amarilla indica el 60 dB(A), nivel sonoro para una zona residencial (LAeqT residencial); la línea azul indica el nivel sonoro lecturado por el sonómetro a espaldas de la barrera acústica (LAeqT barrera); la línea granate (LAeqT) indica el nivel sonoro lecturado sin la barrera acústica. También se tiene dos figuras por equipo mecánico, porque la medición se realizó a 1.5 metros y 4.5 metros de la barrera acústica.

Así mismo, las Figuras. 35 a la 56 muestran la comparación de la lectura del nivel sonoro del equipo mecánico sin la barrera acústica, representada por una línea punteada de color granate, entre, la lectura del nivel sonoro del equipo mecánico con la barrera acústica, representado por una línea punto y raya de color azul; así mismo estos niveles sonoros se comparan con el nivel sonoro del Estándar de Calidad Ambiental para una zona urbana en horario diurno representada por una línea amarilla solididad amarilla, de esta manera podemos determinar visualmente si la barrera acústica incide en los niveles sonoros generados por los equipos mecánicos mitigándolos hasta que no signifiquen contaminantes sonoros.

Las Figuras 37,38, 43, 44, 45, 46, 47, 48 correspondientes a la motoniveladora, retroexcavadora y a los volquetes monitoreados, se puede observar que a 1.50 metros y a 4.50 metros de la barrera acústica se logra reducir el nivel sonoro a

valores por debajo del estándar de calidad ambiental para una zona urbana en horario diurno.

Las Figuras 41 y 42 correspondientes al rodillo vibratorio liso, se puede observar que a 1.50 metros de la barrera acústica se logra reducir el nivel sonoro a valores por debajo del Estándar de Calidad Ambiental para una zona urbana en horario diurno. Mientras que a 4.50 metros de la barrera acústica no se logra reducir el nivel sonoro a valores por debajo del estándar de calidad ambiental para una zona urbana en horario diurno. Esto es porque la sombra acústica producida por la barrera no tiene alcance hasta este punto.

Las Figuras 35, 36, 39, 40, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55 y 56, correspondientes a la excavadora hidráulica sobre orugas, cargador frontal, generador eléctrico, maya vibratoria, trituradora de piedra, zarandeo mecánico monitoreados, se puede observar que a 1.50 metros y a 4.50 metros de la barrera acústica no se logra reducir el nivel sonoro a valores por debajo del estándar de calidad ambiental para una zona urbana en horario diurno.

En síntesis, la barrera acústica elaborada es aplicable para reducir los niveles sonoros generados por la retroexcavadora, motoniveladora, rodillo liso vibratorio y volquetes, y mitigarlos hasta el nivel que no sean considerados contaminantes sonoros.

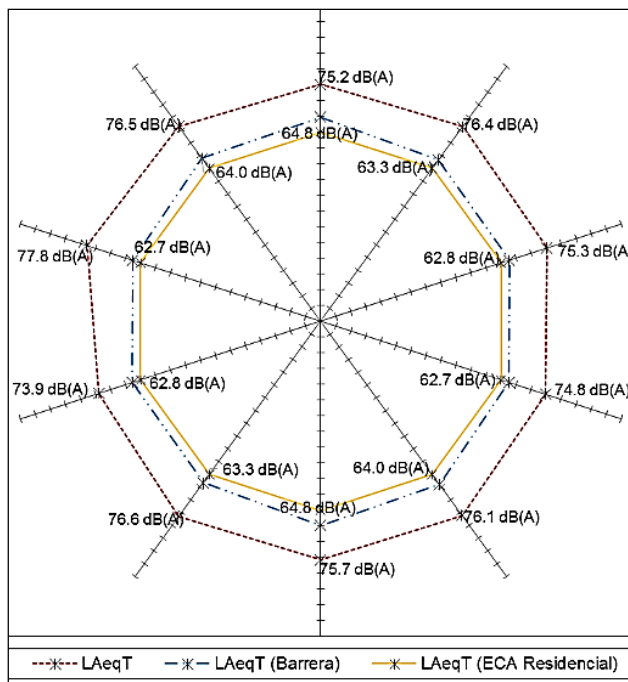


Figura 35. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una excavadora hidráulica de 280 hp a 1.50 metros de la pantalla acústica.

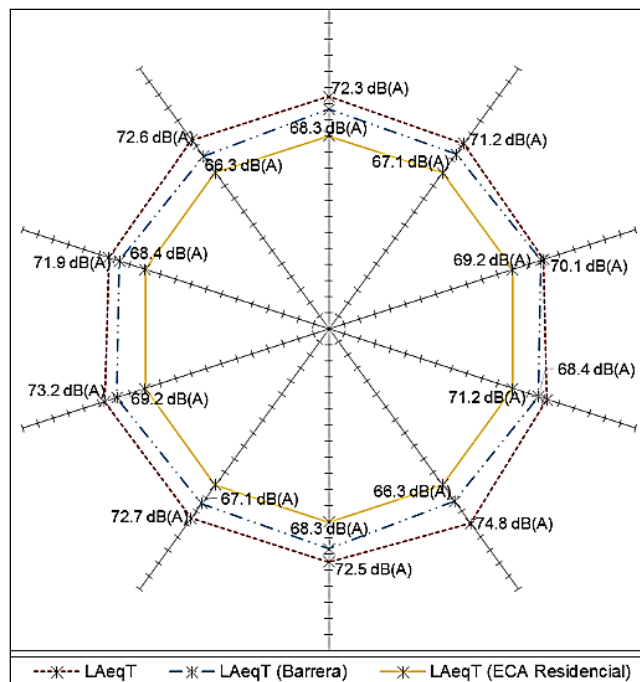


Figura 36. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una excavadora hidráulica 280 hp a 4.50 metros de la pantalla acústica.

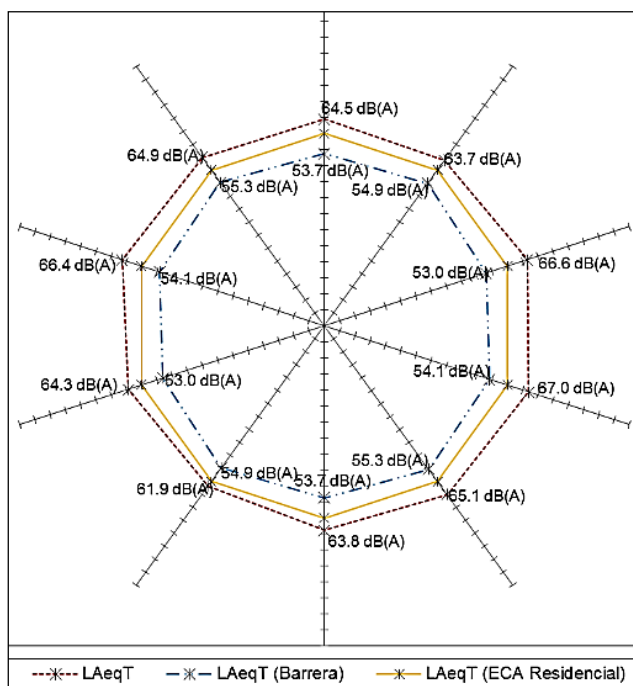


Figura 37. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una motoniveladora de 160 hp a 1.50 metros de la pantalla acústica.

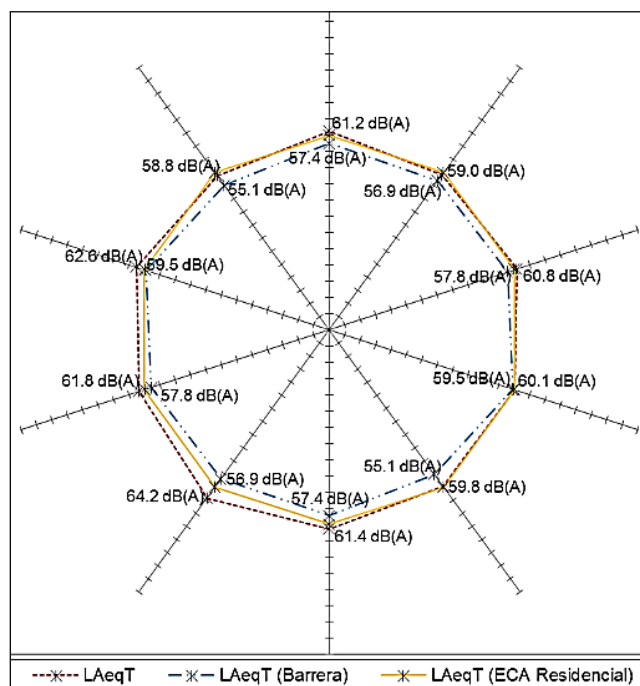


Figura 38. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una motoniveladora de 160 hp a 4.50 metros de la pantalla acústica.

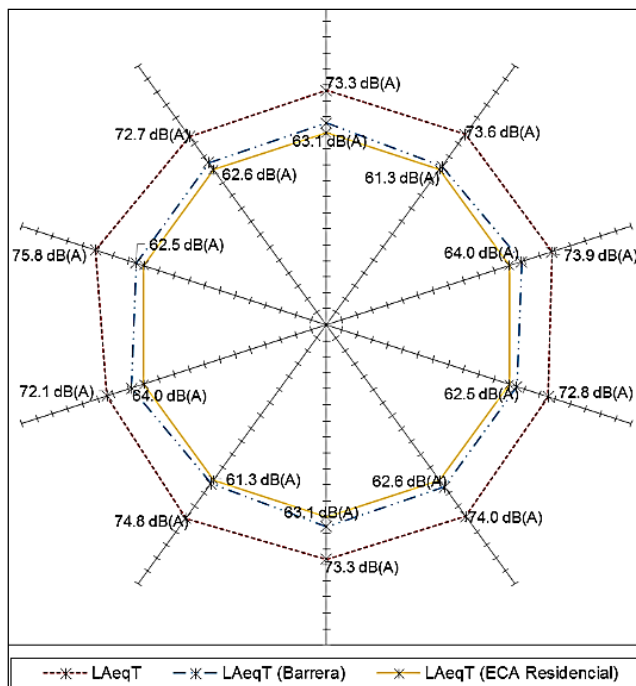


Figura 39. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un cargador frontal 230 hp a 1.50 metros de la pantalla acústica.

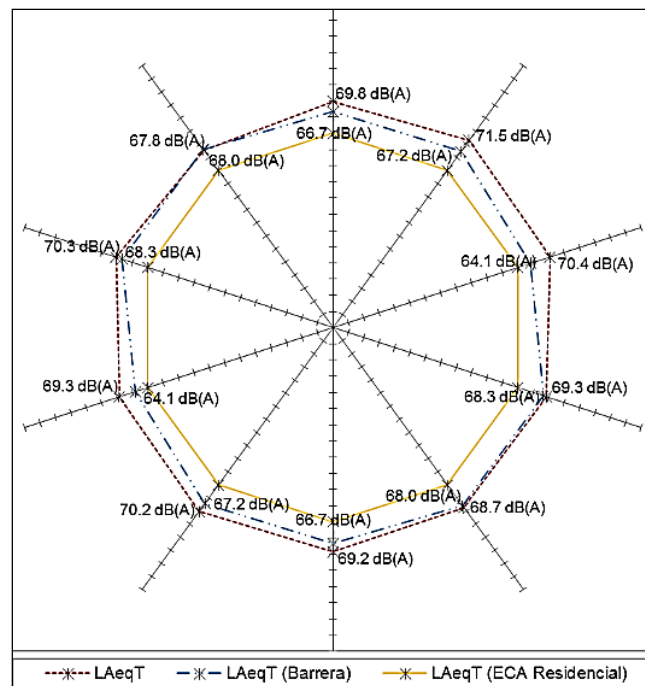


Figura 40. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un cargador frontal 230 hp a 4.50 metros de la pantalla acústica.

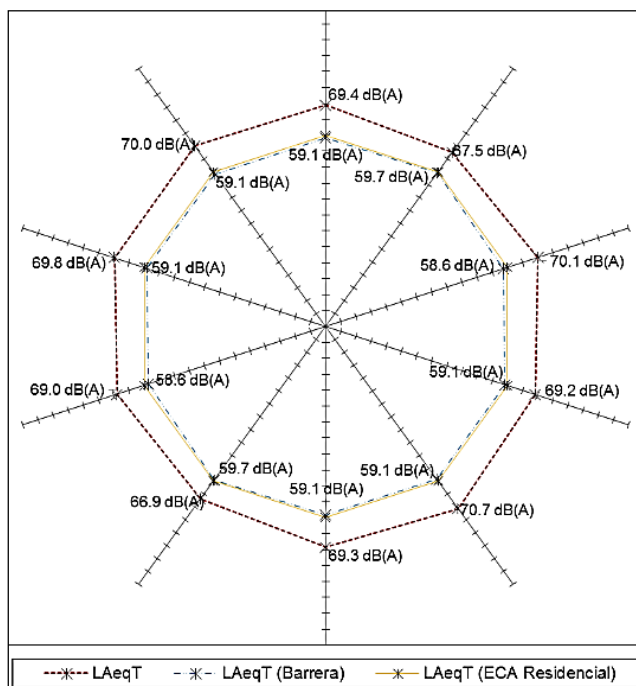


Figura 41. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un rodillo vibratorio auto impulsado 130 hp a 1.50 metros de la pantalla acústica.

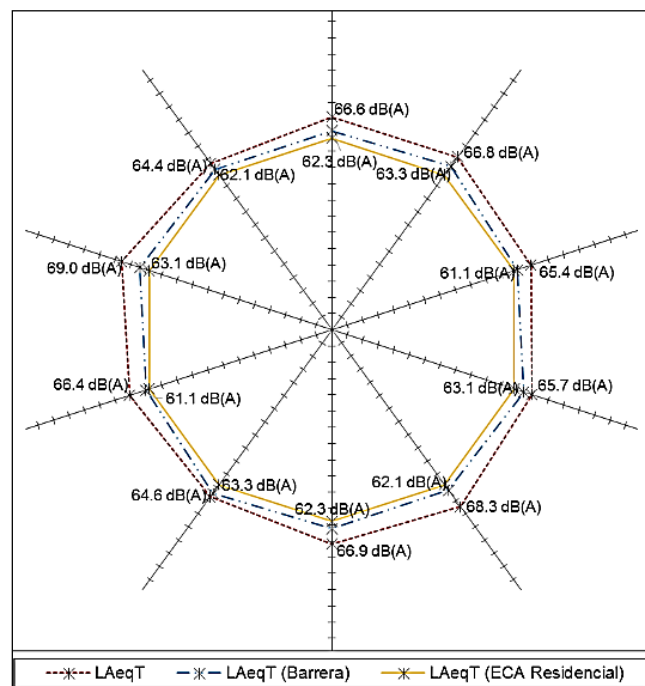


Figura 42. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un rodillo vibratorio auto impulsado 130 hp a 4.50 metros de la pantalla acústica.

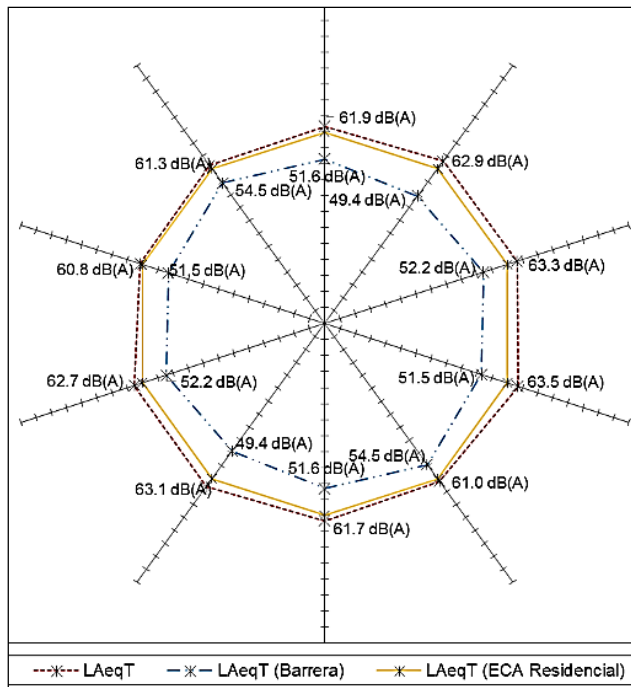


Figura 43. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una retro excavadora 93 hp a 1.50 metros de la pantalla acústica.

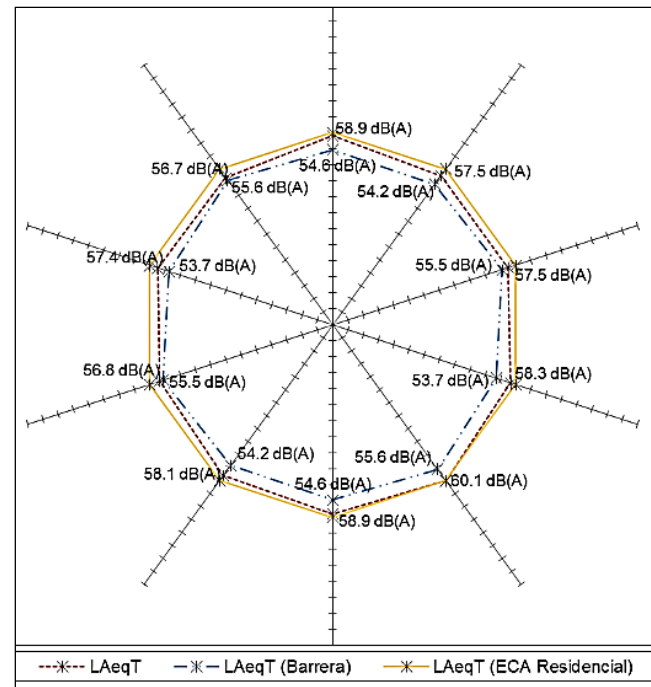


Figura 44. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una retro excavadora 93 hp a 4.50 metros de la pantalla acústica.

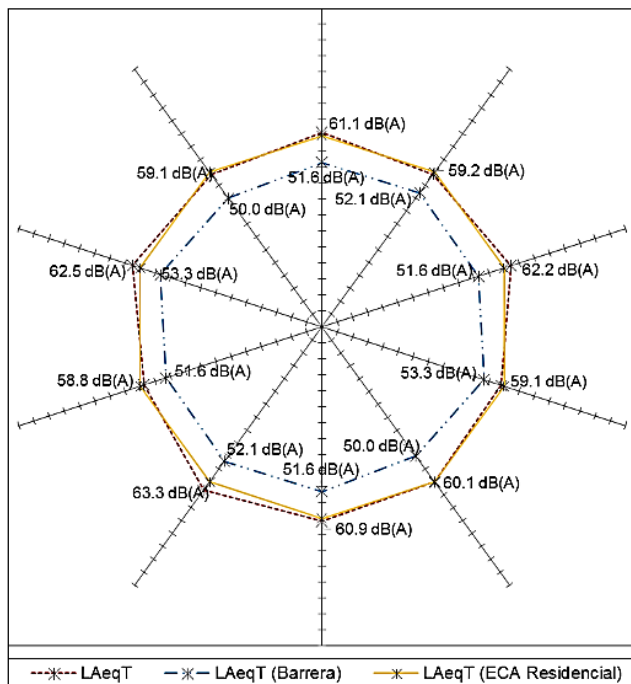


Figura 45. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un volquete de 440 hp a 1.50 metros de la pantalla acústica.

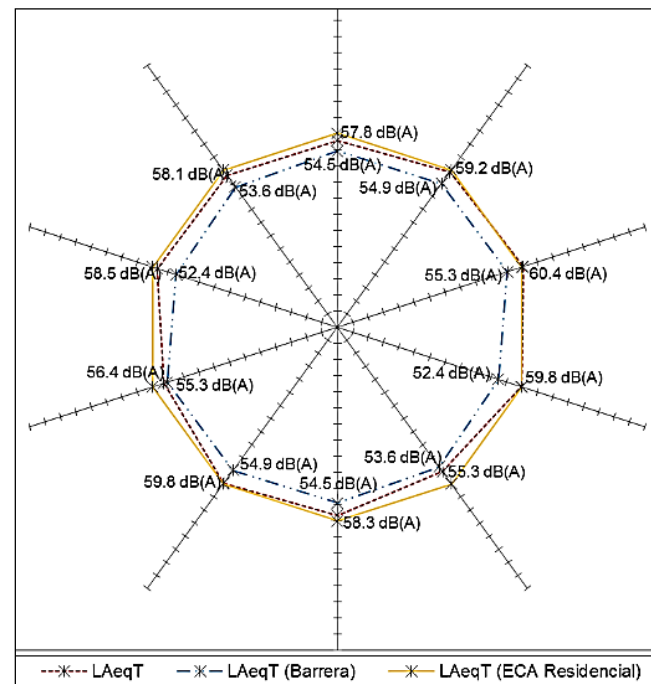


Figura 46. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un volquete de 440 hp a 4.50 metros de la pantalla acústica.

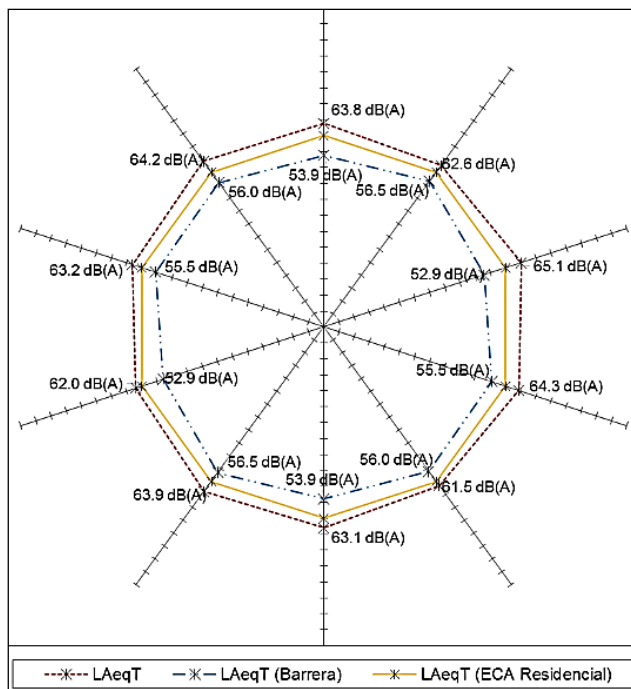


Figura 47. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un volquete de 440 hp a 1.50 metros de la pantalla acústica.

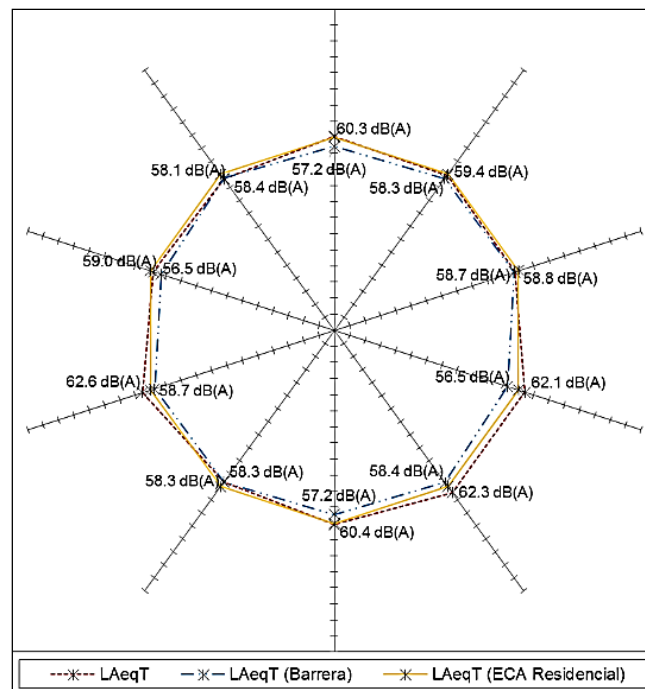


Figura 48. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un volquete de 440 hp a 4.50 metros de la pantalla acústica.

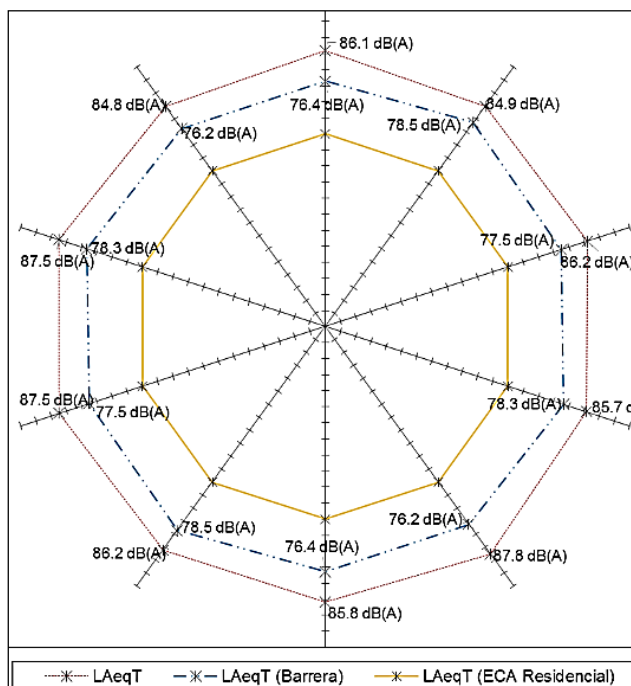


Figura 49. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un generador eléctrico a 1.50 metros de la pantalla acústica.

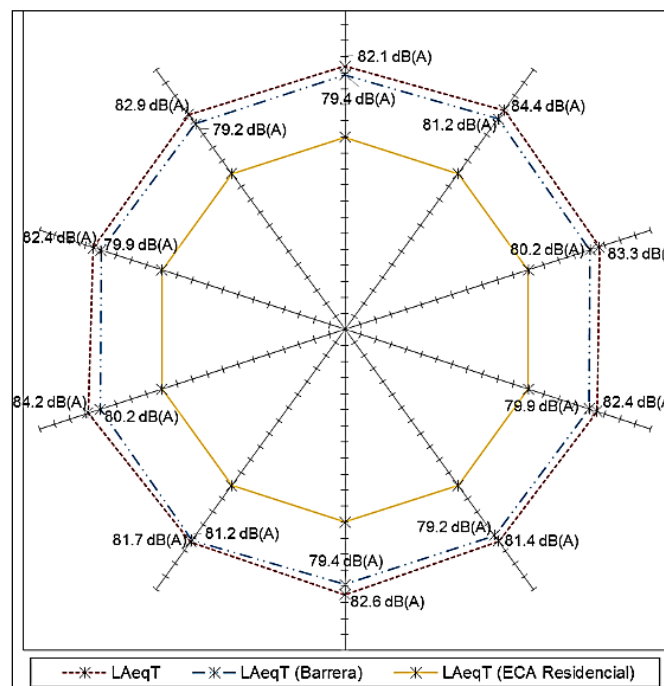


Figura 50. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de un generador eléctrico a 4.50 metros de la pantalla acústica.

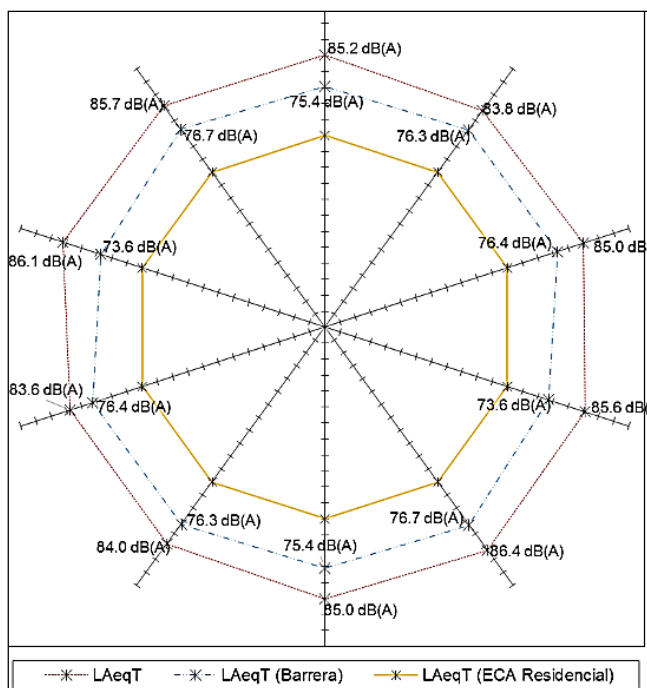


Figura 51. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una malla vibratoria a 1.50 metros de la pantalla acústica.

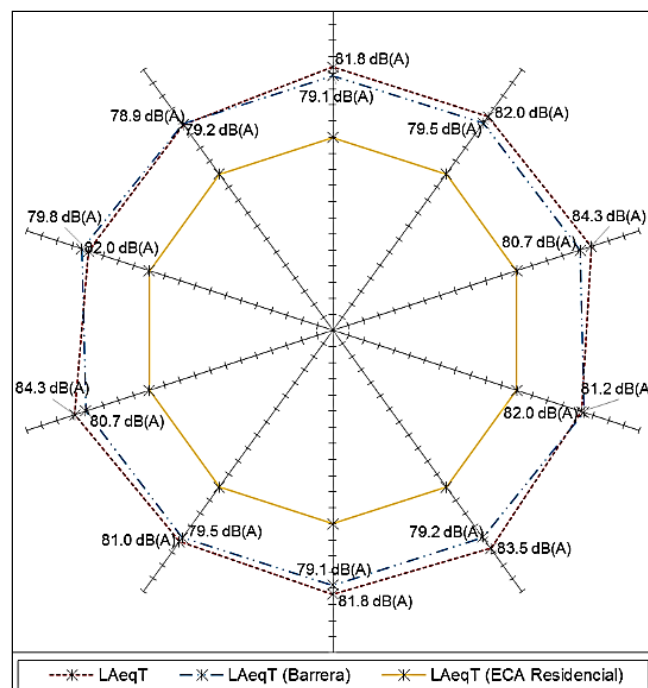


Figura 52. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una malla vibratoria a 4.50 metros de la pantalla acústica.

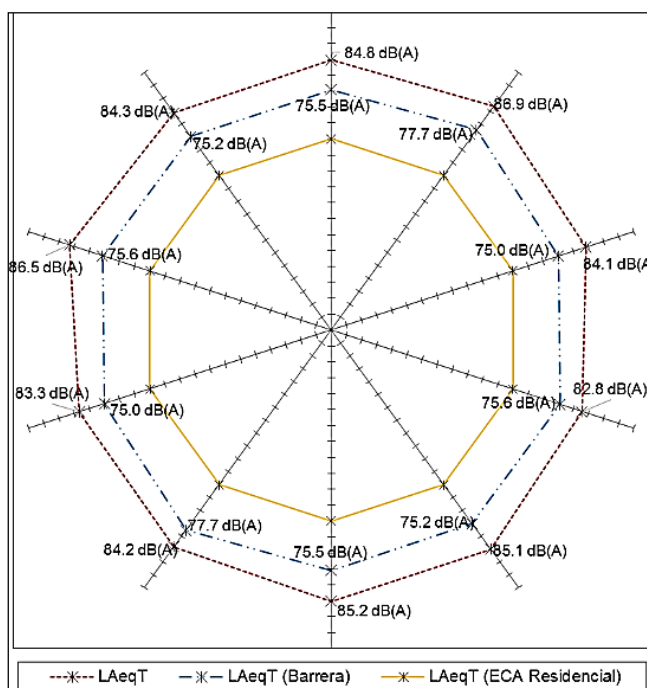


Figura 53. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una trituradora de piedra a 1.50 metros de la pantalla acústica.

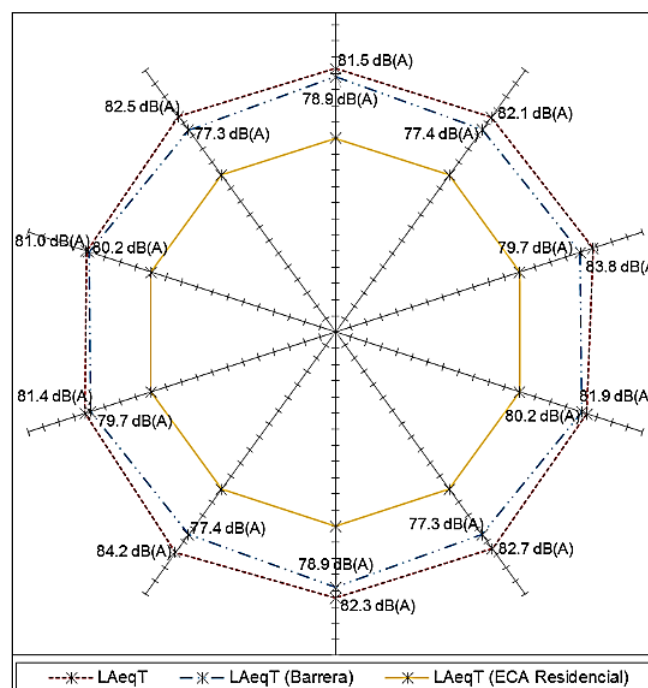


Figura 54. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica de una trituradora de piedra a 4.50 metros de la pantalla acústica.

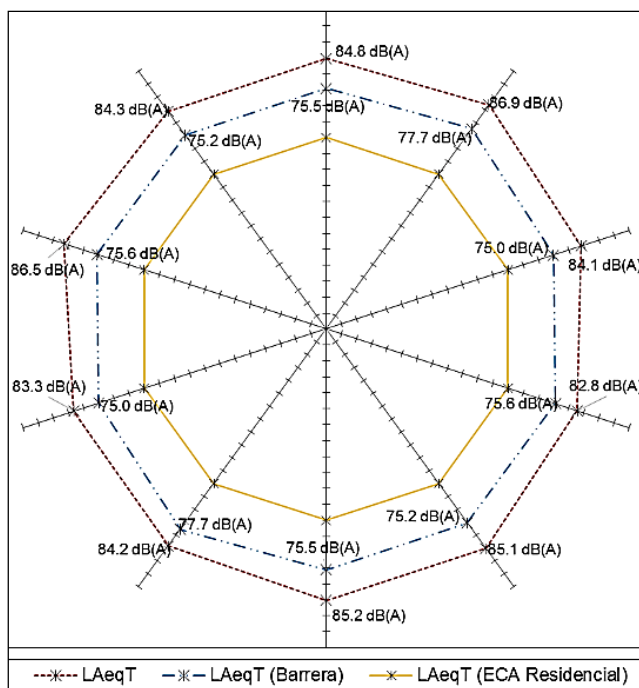


Figura 55. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica del zarandeo mecánico a 1.50 metros de la pantalla acústica.

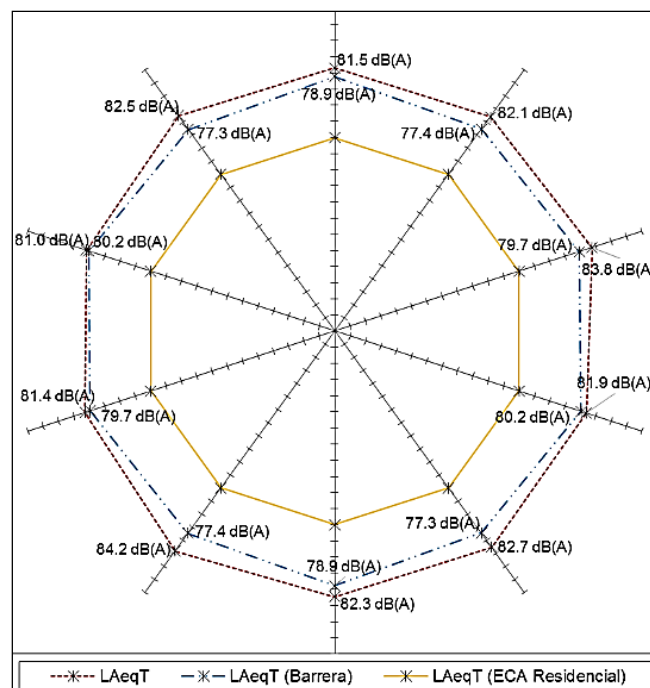


Figura 56. Comparación del nivel sonoro con y sin barrera acústica del zarandeo mecánico a 4.50 metros de la pantalla acústica.

En los cuadros 3 y 4 se muestran la incidencia de la barrera acústica prefabricada en la atenuación del nivel sonoro. Así estos cuadros en la primera columna muestra los equipos mecánicos pesados que fueron evaluados, en la segunda columna se muestra el promedio de las lecturas del nivel de ruido sin la barrera acústica por cada equipo mecánico pesado, en la tercera columna se muestra las lecturas del nivel de ruido con la barrera acústica por cada equipo mecánico pesado, en la cuarta columna se muestra la diferencia del nivel de ruido sin pantalla entre el nivel de ruido con pantalla y en la quinta columna se muestra la incidencia de la barrera acústica, esta incidencia encontrada en porcentaje al multiplicarla con el nivel sonoro que genera la maquinaria nos indicara cuanto ruido atenuara atenuado y de esta manera identificar de manera indirecta si el ruido final se encontrara dentro del estándar de calidad ambiental para ruido.

Cuadro 3. Incidencia de la barrera acústica evaluada a 1.50 metros de la barrera acústica

Equipo Mecánico Pesado	Sin barrera acústica	con barrera acústica	Atenuación	Incidencia de la barrera acústica
Excavadora Hidráulica New Holland E385b	75.9 dB(A)	63.5 dB(A)	12.4 dB(A)	16.28%
Motoniveladora Komatsu Gd 555	64.9 dB(A)	54.2 dB(A)	10.7 dB(A)	16.42%
Cargador Frontal Deere	73.6 dB(A)	62.7 dB(A)	10.9 dB(A)	14.81%
Rodillo Caterpillar Cs - 533d	69.2 dB(A)	59.1 dB(A)	10.1 dB(A)	14.60%
Retro Excavadora Deree 310 Sk	62.2 dB(A)	51.8 dB(A)	10.4 dB(A)	16.72%
Volquete Fmx 15m3	60.6 dB(A)	51.7 dB(A)	8.9 dB(A)	14.69%
Volquete Fmx 15 M3	63.4 dB(A)	55.0 dB(A)	8.4 dB(A)	13.25%
Generador Electrico Caterpillar C32 800kw	86.3 dB(A)	77.4 dB(A)	8.8 dB(A)	10.26%
Malla Vibratoria	75.9 dB(A)	63.5 dB(A)	12.4 dB(A)	16.28%
Trituradora De Piedra	84.7 dB(A)	75.8 dB(A)	8.9 dB(A)	10.51%
Zarandeo De Piedras	79.6 dB(A)	70.9 dB(A)	8.7 dB(A)	10.87%

Así mismo el Cuadro 3. Muestra la incidencia de la barrera acústica prefabricada lograda en el punto que se encuentra a 1.50 metros de la espalda de la barrera acústica, obteniéndose en promedio una incidencia equivalente al 14.06 %, que en decibeles es 10.05 dB(A); valor que no es incidente.

Mientras que el Cuadro 4. Muestra la incidencia de la barrera acústica prefabricada lograda en el punto que se encuentra a 4.50 metros de la espalda de la barrera acústica, obteniéndose en promedio una incidencia equivalente al 5.91 %, que en decibeles es 4.04 dB(A); valor que no es incidente.

De estos cuadros acerca de la incidencia de la barrera acústica podemos observar que a cuanto más se aleja uno de la barrera acústica la atenuación decrece.

Cuadro 4. Incidencia de la barrera acústica evaluada a 4.50 metros de la barrera acústica

Equipo Mecánico Pesado	Sin barrera acústica	con barrera acústica	Atenuación	Incidencia de la barrera acústica
Excavadora Hidráulica New Holland E385b	72.3 dB(A)	67.9 dB(A)	4.3 dB(A)	6.02%
Motoniveladora Komatsu Gd 555	66.4 dB(A)	57.3 dB(A)	9.1 dB(A)	13.70%
Cargador Frontal Deere	69.7 dB(A)	66.9 dB(A)	2.8 dB(A)	3.95%
Rodillo Caterpillar Cs - 533d	66.5 dB(A)	62.4 dB(A)	4.0 dB(A)	6.09%
Retro Excavadora Deree 310 Sk	58.1 dB(A)	54.7 dB(A)	3.3 dB(A)	5.77%
Volquete Fmx 15m3	58.4 dB(A)	54.1 dB(A)	4.3 dB(A)	7.28%
Volquete Fmx 15 M3	60.2 dB(A)	57.8 dB(A)	2.4 dB(A)	3.91%
Generador Electrico Caterpillar C32 800kw	82.8 dB(A)	80.0 dB(A)	2.8 dB(A)	3.32%
Malla Vibratoria	72.3 dB(A)	67.9 dB(A)	4.3 dB(A)	6.02%
Trituradora De Piedra	82.4 dB(A)	78.7 dB(A)	3.6 dB(A)	4.43%
Zarandeo De Piedras	77.3 dB(A)	73.8 dB(A)	3.5 dB(A)	4.47%

4.4 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

4.4.1 Técnica estadística t-student muestras relacionadas

Para realizar Técnica estadística t-student muestras relacionadas, se considera lo siguiente:

- Técnica estadística t-student muestras relacionadas, con un coeficiente de error $\alpha=10\%$ asumido.
- Ecuación para determinar el valor de $P(T \leq t)$, será evaluado con el coeficiente error ($\alpha = 10\%$)

Para elaborar el Cuadro 5, se compararon las lecturas de los niveles sonoros con y son barrera acústica del cuadro 3 con la Técnica estadística t-student muestras relacionadas, resultando que el equipo mecánico pesado evaluado genera un nivel de ruido significativamente bajo al utilizar la barrera acústica

prefabricada; obteniéndose sin barrera acústica (Media = 72.368) y con la barrera acústica (Media = 62.327, $P(T \leq t)$ dos colas = 0.01740).

Por consiguiente debido a que $P(T \leq t)$ dos colas es igual a $0.0174 < 0.10$, se demuestra la incidencia en la reducción del nivel de ruido es significativo a 1.5 metros de la barrera acústica prefabricada.

Cuadro 5. Técnica estadística t-student muestras relacionadas, a 1.50 metros de la barrera acústica

	<i>Sin barrera acústica</i>	<i>Con barrera acústica</i>
Media	72.368	62.327
Varianza	81.099	83.900
Observaciones	11	11
Varianza agrupada	82.499	
Coefficiente de Correlación de Pearson	0.988	
Grados de libertad	20	
Estadístico t	2.592	
$P(T \leq t)$ una cola	0.00870	
Valor crítico de t (una cola)	1.32534	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.01740	
Valor crítico de t (dos colas)	1.72471	

Para elaborar el Cuadro 6, se compararon las lecturas de los niveles sonoros con y son barrera acústica del cuadro 4 con la Técnica estadística t-student muestras relacionadas, resultando que el equipo mecánico pesado evaluado genera un nivel de ruido menor bajo al utilizar la barrera acústica prefabricada; obteniéndose sin barrera acústica (Media = 69.637) y con la barrera acústica (Media = 65.590, $P(T \leq t)$ dos colas = 0.3064)

Por consiguiente debido a que $P(T \leq t)$ dos colas es igual a $0.3064 > 0.10$, se demuestra la incidencia en la reducción del nivel de ruido no es significativo a 4.5 metros de la barrera acústica prefabricada.

Cuadro 6. Técnica estadística t-student muestras relacionadas, a 5.50 metros de la barrera acústica

	<i>Sin barrera acústica</i>	<i>Con barrera acústica</i>
Media	69.627	65.590
Varianza	77.747	84.950
Observaciones	11	11
Varianza agrupada	81.349	
Coefficiente de Correlación de Pearson	0.981	
Grados de libertad	20	
Estadístico t	1.0495	
$P(T \leq t)$ una cola	0.1532	
Valor crítico de t (una cola)	1.3253	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.3064	
Valor crítico de t (dos colas)	1.7247	

CONCLUSIONES

- **En cuanto a la incidencia de la barrera acústica prefabricada en la mitigación de la contaminación sonora del equipo mecánico en la obra vial Lampa – Cabanilla, Región Puno.**

La barrera acústica prefabricada logra el 14.06 % de incidencia en la mitigación de la contaminación sonora, es decir a 1.50 metros de la espalda de la barrera acústica se logra disminuir 10.05 dB(A). También la barrera acústica prefabricada logra el 5.91 % de incidencia en la mitigación de la contaminación sonora, es decir a 4.50 metros de la espalda. La barrera acústica prefabricada genera una sombra acústica que se extiende hasta 2.5 a 3 veces aproximadamente la altura de la barrera, en la sombra acústica se logra reducir 10 dB(A) aproximadamente el nivel sonoro. El nivel sonoro de la motoniveladora, retroexcavadora y los volquetes monitoreados, son mitigados hasta valores por debajo del estándar de calidad ambiental para una zona urbana en horario diurno. Mientras que el nivel sonoro de la excavadora hidráulica sobre orugas, cargador frontal, generador eléctrico, maya vibratoria, trituradora de piedra y el zarandeo mecánico no son mitigados

hasta valores por debajo del estándar de calidad ambiental para una zona urbana en horario diurno.

- **En cuanto a las características de la barrera acústica prefabricada.**

La barrera acústica prefabricada tiene las buenas características sonoras en cuanto a la absorción sonora y refracción sonora, absorbiendo la energía sonora y modificando la propagación de las ondas sonoras provocando la sombra acústica, así mismo debido a las buenas características de absorción acústica, de la energía sonora que incide en la barrera acústica muy poco es reflejada. Así mismo la barrera acústica prefabricada tiene un peso no mayor de 35 kg por lo cual la operación en campo es práctica.

El costo por metro cuadrado de la barrera acústica es 119.68 soles. El costo total de la barrera acústica prefabricada 723.76 soles.

- **En cuanto a que equipos mecánicos producen contaminación sonora.**

Los dos volquetes y la retroexcavadora son los equipos mecánicos que se encuentran por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para ruido para una zona urbana; mientras que la excavadora sobre orugas, cargador frontal, motoniveladora, rodillo vibratorio auto impulsado, generador eléctrico, malla vibratoria, triturador de piedra y el zarandeo mecánico están por sobre los Estándares de Calidad Ambiental para ruido para una zona urbana. Todos los equipos mecánicos evaluados por más que realicen recorrido son considerados fuentes puntuales porque las ondas sonoras tienden a propagarse en forma esférica. El generador eléctrico es el equipo mecánico que genera mayores niveles sonoros.

RECOMENDACIONES

- En los Estudios de Impactos Ambientales de las Obras viales, donde se utilice equipo mecánico, incluir dentro del Plan de Manejo Ambiental la utilización de barreras acústicas para disminuir los Niveles sonoros hacia las personas que habitan en sectores aledaños a las Obras.
- Se deben realizar permanentes mantenimientos a las maquinarias para optimizar la disminución del ruido.

BIBLIOGRAFÍA

- Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía. (2010). Ruido y Salud. *Ruido Y Salud*, 68.
- Arango Duque, C. & Molina Toro, V. M. (2010). *Construcción De Una Barrera Acústica a Escala Para Disminuir La Contaminación Sonora Producida Por El Alto Flujo Vehicular*. Universidad De San Buenaventura. Retrieved from <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/59900.pdf>
- Bote, D., Pfertzschner, J. y Colina, C. (2013). Pantallas acústicas fotovoltaicas para tráfico ferroviario. *Pantallas Acústicas Fotovoltaicas Para Tráfico Ferroviario*, 1, 6.
- Damaso, Al., y Domínguez, J. (2012). Materiales Para Pantallas Anti-Ruido. *Soluciones Tipo Más Usuales*, p. 5.
- Domínguez Urbán, M. G. (2009). *Medición Y Procesamiento Avanzado De Indicadores De Ruido, En Zonas Críticas Localizadas Dentro Del Distrito Federal*. Instituto Politécnico Nacional. Retrieved from itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/.../1/MEDIPROCEN.pdf
- Espinosa Vásquez, S. y Jaramillo Arango, D. (2012). Diseño Y Construcción De Una Barrera Acústica Para Reducir La Contaminación Auditiva Generada

- Por Una Perforadora De Concreto En Vías Públicas. *RAE, I*, 83.
- Fuentes Robles, M., Cepeda Riaño, J., Garcia Ortiz, E., Melón Otero, B., Fernandez del Rio, D. y Barrios Carro, M. (2004). Incidencia de la Instalación de Pantallas Acústicas en los Niveles Sonoros de Poblaciones Cercanas a la Autovía A-66 (España) - Simulación, *I*, 8.
- Harris M., C. (1997). *Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido* Madrid, España: McGraw-Hill.
- Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2012). Ruido y vibraciones en la maquinaria de obra. *Prevención de Riesgos Laborales*, 229.
- Lluc Chimbo, R. F. (2013). *Aplicación del método William Fine para la evaluación de riesgos laborales en motoniveladoras, cargadoras y bulldozers del gobierno autónomo descentralizado de la provincia de Chimborazo*. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.
- López Jiménez, J. N. y Moreno y Fuentes, J. T. (2013). *Control De Ruido Con Barreras Acusticas. Control De Ruido Con Barreras Acústicas*. Instituto Politecnico Nacional. <https://doi.org/Tesis de Ingeniería Civil>
- Madrid, C. de. (2010, January). Guía práctica sobre acústica en instalaciones de climatización. *Guía Práctica Sobre Acústica En Instalaciones de Climatización*, 107.
- Mieles Macías, Y. M. (2015). *Evaluación de la propagación de los niveles de presión Sonora producidos por un rodillo liso vibratorio durante su operación*. Universidad De Guayaquil.
- Ministerio Nacional del Ambiente. (2003, October). Estandares nacionales de calidad ambiental para ruido. *DS-085-2003-PCM, III*, 11.

- Ministerio Nacional del Ambiente. (2013, August). Protocolo Nacional de monitoreo de ruido ambiental. *DS-2013-MINAM*, (1013), 36.
- Morales Pérez, J. (2009). *Estudio De La Influencia De Determinadas Variables En El Ruido Urbano Producido Por El Tráfico De Vehículos*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Mosquera, G. (2003). *Base de Datos de Niveles de Ruido de Equipos que se usan en la Construcción, para Estudios de Impacto Ambiental*. Universidad Austral De Chile.
- Olmos Cancino, E. D. (2002). *Evaluación de la Pérdida de Inserción de una Barrera Acústica Aplicada en un Proyecto Lineal*. Universidad Austral de Chile. Retrieved from <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2002/bmficio.51e/doc/bmficio.51e.pdf>
- Oyarzabal Irazoqui, X. E. (2013). *Impacto Acústico Producido Por La Realización De Concretos Masivos y Sus Medidas De Mitigación Caso Estadio Bicentenario Municipal De La Florida*. Universidad Austral de Chile.
- Pavón García, I. (2007). *Ambientes Laborales De Ruido En El Sector Minero De La Comunidad De Madrid: Clasificación, Predicción y Soluciones*. Universidad Politécnica De Madrid.
- Peradalta, J. B. (2015). *Estudi De Les Pantalles Acustiques Vegetals De Gran Alcada*. UPC Barcelonatech.
- Quirós Rodríguez, R. A. (2013). *Estudio de pantallas acústicas elaboradas a partir de Green Composites*. Universidad Politécnica de Valencia. Retrieved from <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/33640/memoria.pdf>
- Romero Ibáñez, A. (2010a). *Estudio De La Reducción Del Ruido Aerodinamico De Trenes De Alta Velocidad Con Pantallas Acústicas*. Estudio De La

- Reducción Del Ruido aerodinámico De Trenes De Alta Velocidad Con Pantallas Acusticas.* Universidad De Cantabria, Santander, Santander.
- Romero Ibáñez, A. (2010b). *Estudio de la Reducción del Ruido Aerodinámico de Trenes de Alta Velocidad con Pantallas Acústicas. Estudio de la Reducción del Ruido Aerodinámico de Trenes de Alta Velocidad con Pantallas Acústicas.* Universidad de Cantabria.
- Rosato, M., Rivera, J., Botasso, G., Fensel, E., Añon Suarez, J., & Ricci, L. (1990). Contaminación Física Ambiental En La Colocación y Reparacion De Pavimentos. *Riesgos Para Las Personas, I*, 17.
- Salas López, R. & Barboza Castillo, E. (2016). Evaluación Del Ruido Ambiental En El Campus De La Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza, Amazonas, Peru, 9.
- Salazar Bugueño, A. M. (2012). *Pérdida Auditiva Por Contaminación Acústica Laboral En Santiago De Chile.* Universidad De Barcelona.
- Tommasini, F. C. (2012). *Sistema de simulación acústica virtual en tiempo real.*
- Valderrabano Salazar, S. A. (1997). *Control De Ruido En Equipo Industrial.* Universidad Autónoma De Nuevo León. México.



ANEXOS

Anexo 1. Fichas de recolección de campo de los equipos mecánicos monitoreados

FICHA DE CAMPO

Numero de Ficha :	1
Tipo de maquinaria :	EXCAVADORA HIDRAULICA NEW HOLLAND E385B
Trabajo realizado por la maquinaria :	Excavacion y acumulacion de tierra

Potencia de la maquinaria :		280.00 HP
Dist. De la pantalla a la maquinaria.		4.00 m
Ruido de fondo :		34.8 dB(A)

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
69.5	78.7	75.2	76.4	74.8	75.56
72.3	81.2	76.4	LAeqT Corregido		
72.5	76.7	75.3	75.60 dB(A)		
73.6	77.4	74.8	Punto 1:		
71.6	79	76.1	X :	Y :	-4.8
					-5.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
63.6	70.2	64.8	64.8	62.7	63.52
61.1	66.8	63.3	LAeqT Corregido		
57.9	65.6	62.8	63.50 dB(A)		
59.3	63.8	62.7	Punto 2:		
59	69.2	64.0	X :	Y :	0
					-5.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
70.7	77.7	75.7	77.8	73.9	76.1
71.7	77.8	76.6	LAeqT Corregido		
69.6	76.2	73.9	76.10 dB(A)		
72.8	83.6	77.8	Punto 3:		
73	78.9	76.5	X :	Y :	4.8
					-5.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
66.9	75.3	72.5	73.2	71.9	72.58
70.7	74.5	72.7	LAeqT Corregido		
69.1	78	73.2	72.60 dB(A)		
67.1	74	71.9	Punto 6:		
70	73.8	72.6	X :	Y :	4.8
					-8.5

FICHA DE CAMPO

Numero de Ficha :	2
Tipo de maquinaria :	CARGADOR FRONTAL DEERE
Trabajo realizado por la maquinaria :	Carguio de material de cantera

Potencia de la maquinaria :	230.00 HP
Dist. entre la pantalla y la maquinaria.	3.00 m
Ruido de fondo :	33.6 dB(A)

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
69.9	78.2	73.3	74	72.8	73.52
67.7	78.5	73.6	LAeqT Corregido		
72.2	76.8	73.9	73.50 dB(A)		
67.3	76.5	72.8	Punto 1:		
68.3	77.2	74.0	X:	Y:	-4.8
					-4.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
61.2	66.3	63.1	64	61.3	62.7
57.8	64	61.3	LAeqT Corregido		
60	66	64	62.70 dB(A)		
58.3	65.5	62.5	Punto 2:		
61.5	65.4	62.6	X:	Y:	-4.5
					-4.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
69.2	74.4	73.3	75.8	72.1	73.74
73.6	78.5	74.8	LAeqT Corregido		
67.1	77.1	72.1	73.70 dB(A)		
72.2	77.5	75.8	Punto 3:		
70	75.1	72.7	X:	Y:	4.8
					-4.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
67.0	72.1	69.8	71.5	68.7	69.94
66	77	71.5	LAeqT Corregido		
64.7	71.8	70.4	69.90 dB(A)		
64.7	72.5	69.3	Punto 4:		
63.4	72.4	68.7	X:	Y:	-4.8
					-7.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
62.4	67.9	66.7	68.3	64.1	66.86
61.4	72.1	67.2	LAeqT Corregido		
60.8	66	64.1	66.90 dB(A)		
62.5	72.7	68.3	Punto 5:		
65.2	73.9	68.0	X:	Y:	0
					-7.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
67.7	71.0	69.2	70.3	67.8	69.36
64.5	72.9	70.2	LAeqT Corregido		
63.8	74.3	69.3	69.40 dB(A)		
67.4	72.3	70.3	Punto 6:		
62.6	73.5	67.8	X:	Y:	4.8
					-7.5



FICHA DE CAMPO	
Numero de Ficha :	3
Tipo de maquinaria :	MOTONIVELADORA KOMATSU GD 555
Trabajo realizado por la maquinaria :	Extendido y conformacion de material sub base

Potencia de la maquinaria :		160.00 HP	
Dist. De la pantalla a la maquinaria.		4.00 m	
Ruido de fondo :		38.8 dB(A)	

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
59.6	69.6	64.5	67	63.7	65.38
62.2	69	63.7	LAeqT Corregido		
63.7	70.9	66.6	65.40 dB(A)		
61.5	72.6	67	X: -4.8		
61.3	68.8	65.1	Y: -5.5		

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
50.9	55.0	53.7	55.3	53	54.2
52.5	60.5	54.9	LAeqT Corregido		
49	58.5	53	54.20 dB(A)		
50.8	55.4	54.1	X: 0		
53.2	57.1	55.3	Y: -5.5		

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
58.5	62.6	61.4	64.2	58.8	61.76
61.6	66.7	64.2	LAeqT Corregido		
58.4	67.8	61.8	61.80 dB(A)		
61.5	64.9	62.6	X: 4.8		
57.1	60.6	58.8	Y: -8.5		

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
56.7	62.6	61.2	61.2	59	60.18
55.8	64.2	59.0	LAeqT Corregido		
55.2	66.7	60.8	60.20 dB(A)		
58.9	62.5	60.1	X: -4.8		
56.4	62.2	59.8	Y: -8.5		

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
61.0	65.1	63.8	66.4	61.9	64.26
57.5	64.3	61.9	LAeqT Corregido		
62.9	69.2	64.3	64.30 dB(A)		
61.3	68	66.4	X: 4.8		
60	70.1	64.9	Y: -5.5		

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
58.5	62.6	61.4	64.2	58.8	61.76
61.6	66.7	64.2	LAeqT Corregido		
58.4	67.8	61.8	61.80 dB(A)		
61.5	64.9	62.6	X: 4.8		
57.1	60.6	58.8	Y: -8.5		

FICHA DE CAMPO

Numero de Ficha :	4
Tipo de maquinaria :	RODILLO CATERPILLAR CS - 533D
Trabajo realizado por la maquinaria :	Compactado de sub base

Potencia de la maquinaria :	130.00 HP
Dist. De la pantalla a la maquinaria.	4.00 m
Ruido de fondo :	39.8 dB(A)

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
67.6	71.3	69.4	70.7	67.5	69.38
65	69	67.5	LAeqT Corregido		
68.8	72.5	70.1	69.40 dB(A)		
66	71.8	69.2	Punto 1:		X: -4.8
67.2	76.7	70.7			Y: -5.5

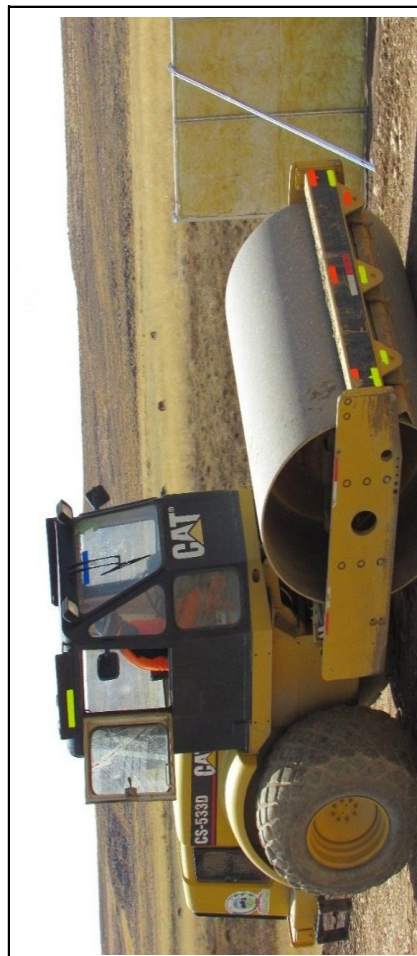
Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
56.3	64.4	59.1	59.7	58.6	59.12
57.9	62.6	59.7	LAeqT Corregido		
55.5	64.6	58.6	59.10 dB(A)		
57.9	64.6	59.1	Punto 2:		X: 0
53.8	60.3	59.1			Y: -5.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
63.9	71.9	69.3	70	66.9	69
64	72.5	66.9	LAeqT Corregido		
65	73.9	69	69.00 dB(A)		
67.6	73.6	69.8	Punto 3:		X: 4.8
64.5	74.8	70.0			Y: -5.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
64.8	70.7	66.6	68.3	65.4	66.56
65.1	70.7	66.8	LAeqT Corregido		
64.1	69	65.4	66.60 dB(A)		
62.8	67.3	65.7	Punto 4:		X: -4.8
62.3	70.7	68.3			Y: -8.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
57.0	65.1	62.3	63.3	61.1	62.38
59.8	69.2	63.3	LAeqT Corregido		
59.7	64.5	61.1	62.40 dB(A)		
57.6	65.3	63.1	Punto 5:		X: 0
56.8	65.2	62.1			Y: -8.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
64.0	72.6	66.9	69	64.4	66.26
59.4	66.6	64.6	LAeqT Corregido		
61.3	71.7	66.4	66.30 dB(A)		
66.8	70.7	69	Punto 6:		X: 4.8
62.1	67	64.4			Y: -8.5



FICHA DE CAMPO

Numero de Ficha :	5
Tipo de maquinaria :	RETRO EXCAVADORA DERECH 310 SK
Trabajo realizado por la maquinaria :	Excavacion y acumulacion de tierra

Potencia de la maquinaria :	93.00 HP
Dist. De la pantalla a la maquinaria.	4.00 m
Ruido de fondo :	33.4 dB(A)

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
57.5	67.2	61.9	63.5	61	62.52
58.5	67.9	62.9	LAeqT Corregido		
60.8	68.6	63.3	62.50 dB(A)		
59.8	65.9	63.5	Punto 1:		
56.1	62.4	61.0	X:	-4.8	
			Y:	-5.5	

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
49.1	55.7	51.6	54.5	49.4	51.84
43.5	52.2	49.4	LAeqT Corregido		
49.6	57.9	52.2	51.80 dB(A)		
48.9	54.8	51.5	Punto 2:		
52	59.3	54.5	X:	0	
			Y:	-5.5	

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
56.8	64.8	61.7	63.1	60.8	61.92
61	64.5	63.1	LAeqT Corregido		
60.2	68.4	62.7	61.90 dB(A)		
56.4	65.3	60.8	Punto 3:		
59.4	66.8	61.3	X:	4.8	
			Y:	-5.5	

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
57.3	62.1	58.9	60.1	57.5	58.46
56.1	61.5	57.5	LAeqT Corregido		
56.1	61.3	57.5	58.50 dB(A)		
55.7	62	58.3	Punto 4:		
54.3	61.2	60.1	X:	-4.8	
			Y:	-8.5	

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
53.4	60.3	54.6	55.6	53.7	54.72
48.9	56.8	54.2	LAeqT Corregido		
51.1	57.5	55.5	54.70 dB(A)		
51.1	57.6	53.7	Punto 5:		
54.1	59	55.6	X:	0	
			Y:	-8.5	

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
55.1	61.9	58.9	58.9	56.7	57.58
52.6	63.5	58.1	LAeqT Corregido		
53.5	61.7	56.8	57.60 dB(A)		
55.5	61.5	57.4	Punto 6:		
51.1	62.6	56.7	X:	4.8	
			Y:	-8.5	



FICHA DE CAMPO

Numero de Ficha :	6
Tipo de maquinaria :	VOLQUETE FMX 15M3
Trabajo realizado por la maquinaria :	Transporte de material seleccionado

Potencia de la maquinaria :	440.00 HP
Dist. De la pantalla a la maquinaria.	3.00 m
Ruido de fondo :	36.6 dB(A)

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
57.1	65.7	61.1	62.2	59.1	60.34
54.1	62.8	59.2	LAeqT Corregido		
57.2	65	62.2	60.30 dB(A)		
57.1	61.4	59.1	Punto 1:		
56	61.2	60.1	X:	Y:	-4.5

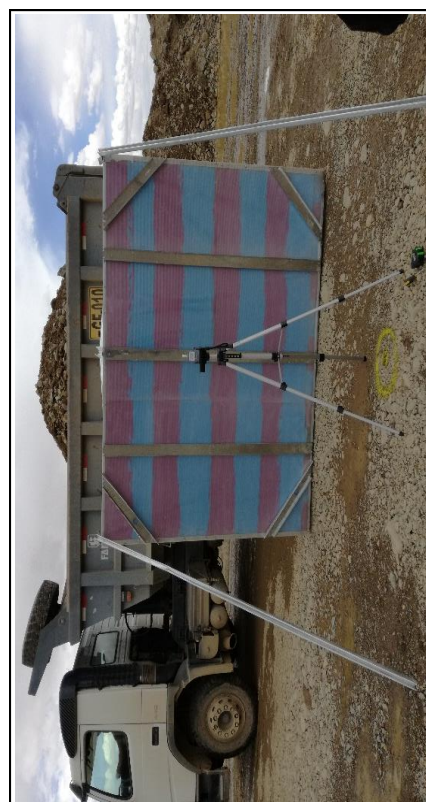
Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
49.8	52.8	51.6	53.3	50	51.72
47.3	56.5	52.1	LAeqT Corregido		
47.3	52.9	51.6	51.70 dB(A)		
49.7	54.8	53.3	Punto 2:		
44.5	55	50.0	X:	Y:	-4.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
59.7	65.7	60.9	63.3	58.8	60.92
61.5	66.4	63.3	LAeqT Corregido		
55.7	64.5	58.8	60.90 dB(A)		
58.2	65	62.5	Punto 3:		
56.3	60.6	59.1	X:	Y:	-4.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
53.6	60.3	57.8	60.4	55.3	58.5
55.9	61.1	59.2	LAeqT Corregido		
55.7	64.4	60.4	58.50 dB(A)		
55.4	64.3	59.8	Punto 4:		
53.6	58.6	55.3	X:	Y:	-7.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
49.2	60.4	54.5	55.3	52.4	54.14
50.6	57.9	54.9	LAeqT Corregido		
51	58	55.3	54.10 dB(A)		
49.3	54.7	52.4	Punto 5:		
50.3	59.5	53.6	X:	Y:	-7.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
56.1	62.8	58.3	59.8	56.4	58.22
56	65.2	59.8	LAeqT Corregido		
55.3	61	56.4	58.20 dB(A)		
53.7	63.5	58.5	Punto 6:		
54.8	60.5	58.1	X:	Y:	-7.5



FICHA DE CAMPO

Numero de Ficha :	7
Tipo de maquinaria :	VOLQUETE FMX 15 M3
Trabajo realizado por la maquinaria :	Transporte de material seleccionado

Potencia de la maquinaria :	440.00 HP
Dist. entre la pantalla y la maquinaria.	3.00 m
Ruido de fondo :	35.0 dB(A)

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
61.7	65.3	63.8	65.1	61.5	63.46
LAeqT Corregido			63.50 dB(A)		
60	67.8	64.3	Punto 1:		X: -4.8
58.7	67.1	61.5	Y:		-4.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
49.7	55.3	53.9	56.5	52.9	54.96
LAeqT Corregido			55.00 dB(A)		
47.3	57.3	52.9	Punto 2:		X: 0
53.5	60.4	55.5	Y:		-4.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
60.1	65.4	63.1	64.2	62	63.28
LAeqT Corregido			63.30 dB(A)		
56.1	67.8	62	Punto 3:		X: 4.8
59.6	65	63.2	Y:		-4.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
54.7	65.0	60.3	62.3	58.8	60.58
LAeqT Corregido			60.60 dB(A)		
53.9	60	58.8	Punto 4:		X: -4.8
59.5	68	62.1	Y:		-7.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
52.5	60.7	57.2	58.7	56.5	57.82
LAeqT Corregido			57.80 dB(A)		
56.6	62.6	58.7	Punto 5:		X: 0
50.6	60.4	56.5	Y:		-7.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
55.5	61.6	60.4	62.6	58.1	59.68
LAeqT Corregido			59.70 dB(A)		
54.9	63.9	58.3	Punto 6:		X: 4.8
58.1	65.9	62.6	Y:		-7.5



FICHA DE CAMPO

Numero de Ficha :	8
Tipo de maquinaria :	GENERADOR ELECTRICO CATERPILLAR C32 800Kw
Trabajo realizado por la maquinaria :	Producir energia electrica para la trituradora de piedras y flajas transportadoras

Potencia de la maquinaria :	800Kw
Dist. De la pantalla a la maquinaria.	3.00 m
Ruido de fondo :	38.2 dB(A)

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
81.6	89.7	86.1	87.8	84.9	86.14
81.2	90.5	84.9	L _{AeqT} Corregido		
81.5	87.7	86.2	86.10 dB(A)		
80.7	89.4	85.7	Punto 1:	X: -4.8	
84.5	89.4	87.8	Y: -4.5		

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
70.8	77.7	76.4	78.5	76.2	77.38
74.7	80.8	78.5	L _{AeqT} Corregido		
73.5	83.3	77.5	77.40 dB(A)		
77.1	80.6	78.3	Punto 2:	X: 0	
71.9	81.5	76.2	Y: -4.5		

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
83.3	90.8	85.8	87.5	84.8	86.36
84.5	87.9	86.2	L _{AeqT} Corregido		
82.3	92.6	87.5	86.40 dB(A)		
86.1	93.4	87.5	Punto 3:	X: 4.8	
82.3	86.1	84.8	Y: -4.5		

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
79.0	86.0	82.1	84.4	81.4	82.72
78.9	90	84.4	L _{AeqT} Corregido		
80.8	87	83.3	82.70 dB(A)		
79.3	87.6	82.4	Punto 4:	X: -4.8	
79.1	85.7	81.4	Y: -7.5		

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
77.3	81.7	79.4	81.2	79.2	79.98
78.6	86.7	81.2	L _{AeqT} Corregido		
75.8	83.6	80.2	80.00 dB(A)		
74	84.3	79.9	Punto 5:	X: 0	
74.9	84.4	79.2	Y: -7.5		

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
78.6	85.5	82.6	84.2	81.7	82.76
78.3	82.8	81.7	L _{AeqT} Corregido		
82.4	88.5	84.2	82.80 dB(A)		
76.6	85.3	82.4	Punto 6:	X: 4.8	
80.9	85.2	82.9	Y: -7.5		



FICHA DE CAMPO

Numero de Ficha :	9
Tipo de maquinaria :	MALLA VIBRATORIA
Trabajo realizado por la maquinaria :	Zarandeo de material antes de ser triturado

Potencia de la maquinaria :	---
Dist. De la pantalla a la maquinaria.	3.00 m
Ruido de fondo :	33.8 dB(A)

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
83.1	89.4	85.2	86.4	83.8	85.2
81.7	88.1	83.8	LAeqT Corregido		
81.1	89.7	85	85.20 dB(A)		
84	88.5	85.6	Punto 1:		X: -4.8
80.7	91.5	86.4			Y: -4.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
71.9	79.6	75.4	76.7	73.6	75.68
74.7	78.2	76.3	LAeqT Corregido		
73.1	79.9	76.4	75.70 dB(A)		
68.9	78.8	73.6	Punto 2:		X: 0
71.5	82.1	76.7			Y: -4.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
83.9	90.9	85.0	86.1	83.6	84.88
79	87.4	84.0	LAeqT Corregido		
79.2	87	83.6	84.90 dB(A)		
85.1	88.8	86.1	Punto 3:		X: 4.8
82.9	87	85.7			Y: -4.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
76.4	83.5	81.8	84.3	81.2	82.56
78	83.4	82.0	LAeqT Corregido		
78.4	90.2	84.3	82.60 dB(A)		
80.1	85	81.2	Punto 4:		X: -4.8
82.2	85.4	83.5			Y: -7.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
75.1	82.1	79.1	82	79.1	80.1
74.4	82.2	79.5	LAeqT Corregido		
78.3	82.5	80.7	80.10 dB(A)		
76.5	85.8	82.0	Punto 5:		X: 0
74.2	84.5	79.2			Y: -7.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
80.0	84.1	81.8	84.3	78.9	81.16
77.4	85.1	81.0	LAeqT Corregido		
78.7	90.3	84.3	81.20 dB(A)		
77.5	81.4	79.8	Punto 6:		X: 4.8
73	80.1	78.9			Y: -7.5



FICHA DE CAMPO

Numero de Ficha :	10
Tipo de maquinaria :	TRITURADORA DE PIEDRA
Trabajo realizado por la	Triturar la piedra

Potencia de la maquinaria :	---
Dist. De la pantalla a	3.00 m
Ruido de fondo :	34.4 dB(A)

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
79.4	88.0	84.8	86.9	82.8	84.74
80.9	88.8	86.9	LAeqT Corregido		
82.6	89.1	84.1	84.70 dB(A)		
76.9	86.9	82.8	Punto 1:		
81.1	87.3	85.1	X :	Y :	-4.8 -4.5

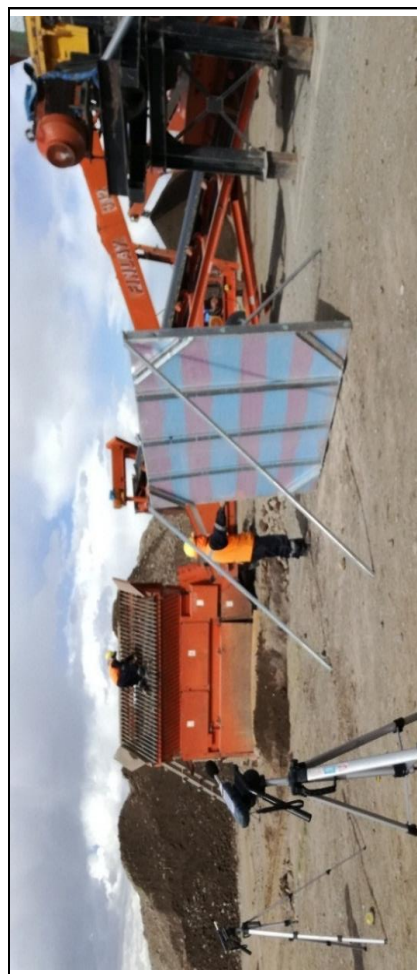
Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
71.8	78.9	75.5	77.7	75	75.8
74.9	80.7	77.7	LAeqT Corregido		
72.1	76.4	75	75.80 dB(A)		
70.3	79.9	75.6	Punto 2:		
69.5	78.8	75.2	X :	Y :	0 -4.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
83.3	88.6	85.2	86.5	83.3	84.7
82.2	85.4	84.2	LAeqT Corregido		
77.5	88.6	83.3	84.70 dB(A)		
82.4	89.4	86.5	Punto 3:		
79.2	88.9	84.3	X :	Y :	4.8 -4.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
76.3	83.8	81.5	83.8	81.5	82.4
78.4	84.4	82.1	LAeqT Corregido		
81.6	87	83.8	82.40 dB(A)		
80.5	85.5	81.9	Punto 4:		
80.7	88.6	82.7	X :	Y :	-4.8 -7.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
75.9	83.7	78.9	80.2	77.3	78.7
72.3	78.7	77.4	LAeqT Corregido		
77.8	83.3	79.7	78.70 dB(A)		
75.9	82.4	80.2	Punto 5:		
72.1	82.4	77.3	X :	Y :	0 -7.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
77.9	85.5	82.3	84.2	81	82.28
81.3	86.2	84.2	LAeqT Corregido		
78	83.8	81.4	82.30 dB(A)		
75	83.4	81	Punto 6:		
78.8	84.1	82.5	X :	Y :	4.8 -7.5



FICHA DE CAMPO

Numero de Ficha :	11
Tipo de maquinaria :	Zarandeo de piedras
Trabajo realizado por la maquinaria :	Zarandeo de hormigon con equipo mecanico

Potencia de la maquinaria :	---
Dist. entre la pantalla y la maquinaria.	3.00 m
Ruido de fondo :	33.1 dB(A)

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
75.0	86.1	80.3	80.6	78.6	79.94
73.9	80.4	78.6	LAeqT Corregido		
76	84.2	80.6	79.90 dB(A)		
77.8	84.7	79.9	Punto 1:		
77.8	83.9	80.3	X:	Y:	-4.8
			X:	Y:	-4.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
66.8	76.1	70.3	73	69.2	70.92
67.6	70.2	69.2	LAeqT Corregido		
65.2	72.6	70.5	70.90 dB(A)		
70.6	74.2	73	Punto 2:		
69.2	75.4	71.6	X:	Y:	0
			X:	Y:	-4.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
78.0	86.1	80.4	80.6	77.8	79.18
79.1	81.8	80.6	LAeqT Corregido		
74.3	80.2	77.8	79.20 dB(A)		
74	82.7	78.6	Punto 3:		
73.4	81.5	78.5	X:	Y:	4.8
			X:	Y:	-4.5

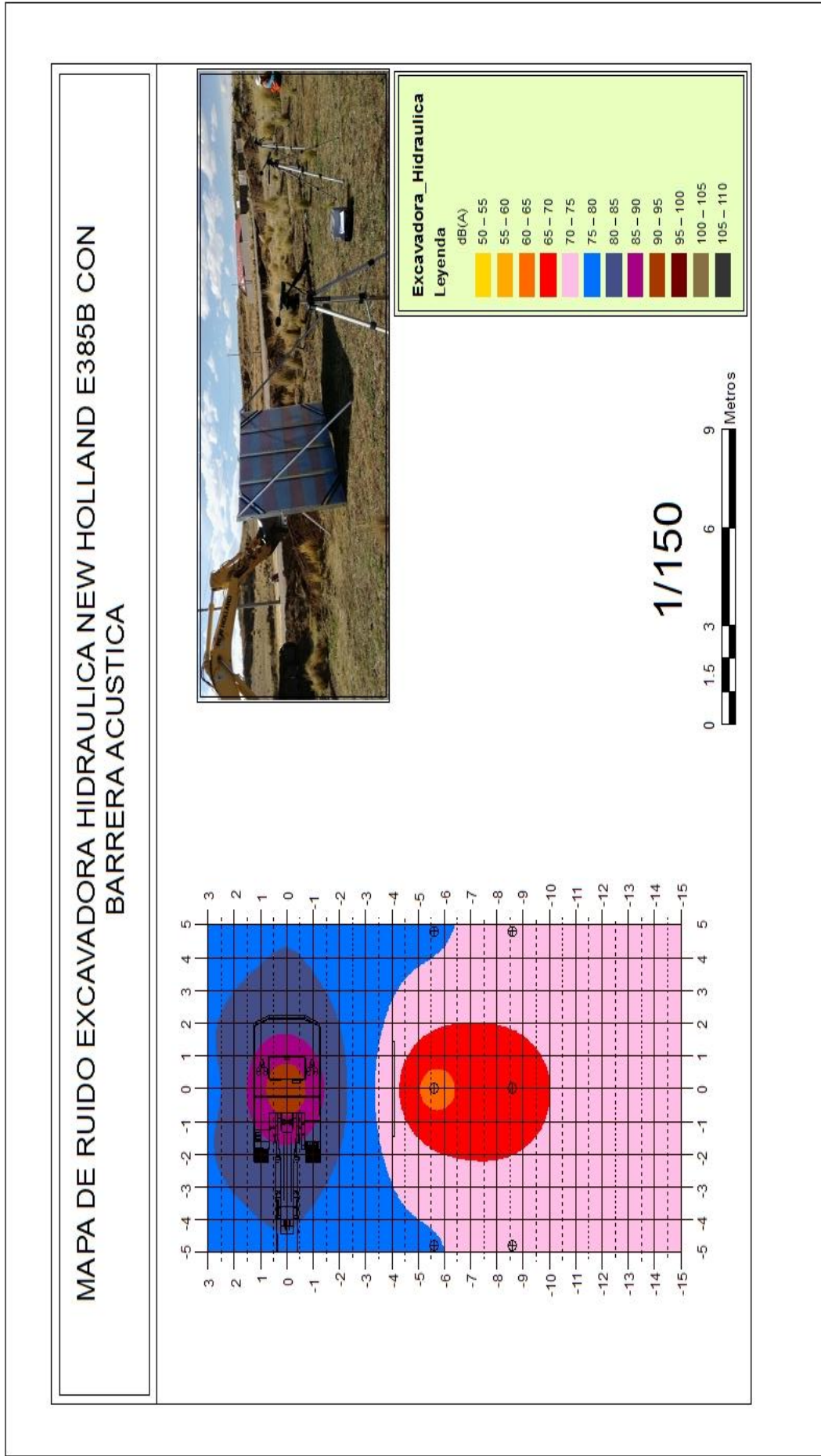
Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
75.1	80.7	78.0	80.3	75.9	78.02
73.5	82.1	78.2	LAeqT Corregido		
74.9	85.3	80.3	78.00 dB(A)		
71.9	83.5	77.7	Punto 4:		
72.8	78.3	75.9	X:	Y:	-4.8
			X:	Y:	-7.5

Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
72.3	74.9	73.5	75.3	72.4	73.84
73	77	75.3	LAeqT Corregido		
72.2	79.9	74.6	73.80 dB(A)		
70.2	76.4	73.4	Punto 5:		
67.8	73.7	72.4	X:	Y:	0
			X:	Y:	-7.5

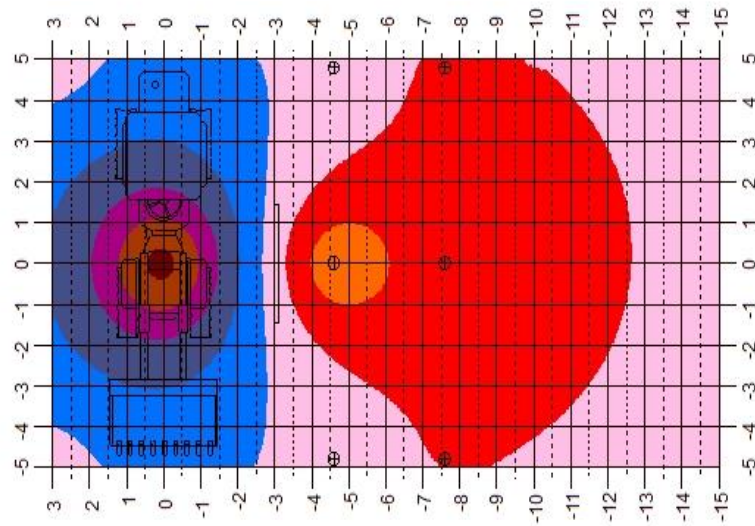
Lmin	Lmax	LAeqT	Mayor	Menor	Prom.
75.3	82.3	77.1	77.8	74.5	76.52
71.7	80.4	74.5	LAeqT Corregido		
74.3	78	75.6	76.50 dB(A)		
72	81.5	77.8	Punto 6:		
74.1	83	77.6	X:	Y:	4.8
			X:	Y:	-7.5



Anexo 2. Mapas de ruidos de los equipos mecánicos con barrera acústica para analizar las características y el cómo funciona la barrera acústica al momento de atenuar las ondas sonoras



MAPA DE RUIDO CARGADOR FRONTAL DEERE E385B CON BARRERA ACUSTICA



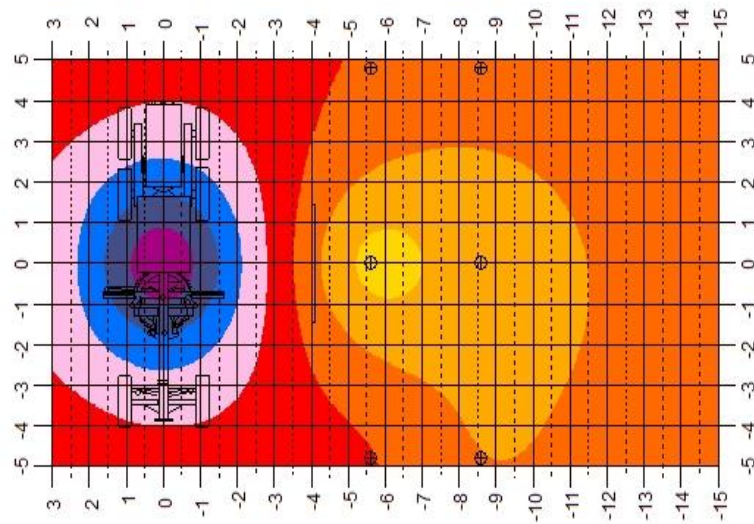
Cargador_Frontal
Leyenda

dB(A)
50 - 55
55 - 60
60 - 65
65 - 70
70 - 75
75 - 80
80 - 85
85 - 90
90 - 95
95 - 100
100 - 105
105 - 110

1/150



MAPA DE RUIDO MOTONIVELADORA KOMATSU GD 555 CON BARRERA ACUSTICA



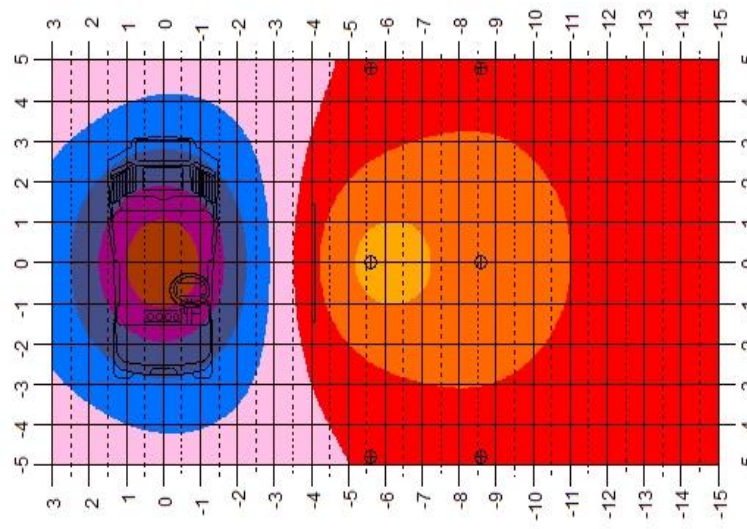
Motoniveladora
Leyenda

dB(A)
50 - 55
55 - 60
60 - 65
65 - 70
70 - 75
75 - 80
80 - 85
85 - 90
90 - 95
95 - 100
100 - 105
105 - 110

1/150



MAPA DE RUIDO RODILLO CATERPILLAR CS - 533D CON BARRERA ACUSTICA



Rodillo_Vibratorio

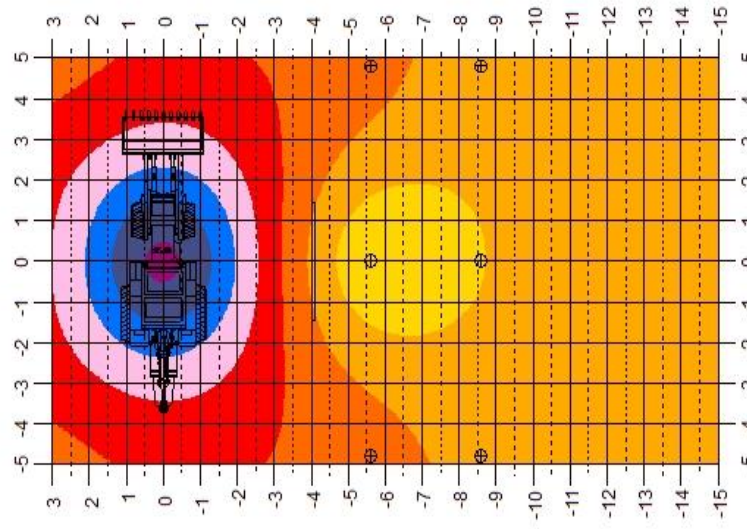
Leyenda

dB(A)
50 - 55
55 - 60
60 - 65
65 - 70
70 - 75
75 - 80
80 - 85
85 - 90
90 - 95
95 - 100
100 - 105
105 - 110

1/150



MAPA DE RUIDO RETRO EXCAVADORA DERE 310 SK CON BARRERA ACUSTICA



Retroexcavadora

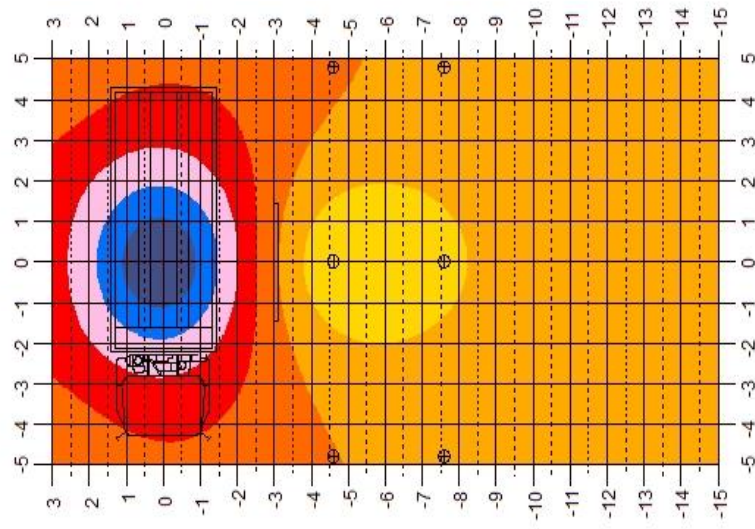
Leyenda

dB(A)
50 - 55
55 - 60
60 - 65
65 - 70
70 - 75
75 - 80
80 - 85
85 - 90
90 - 95
95 - 100
100 - 105
105 - 110

1/150



MAPA DE RUIDO VOLQUETE FMX 15M3 CON BARRERA ACUSTICA



Volquete_F MX1

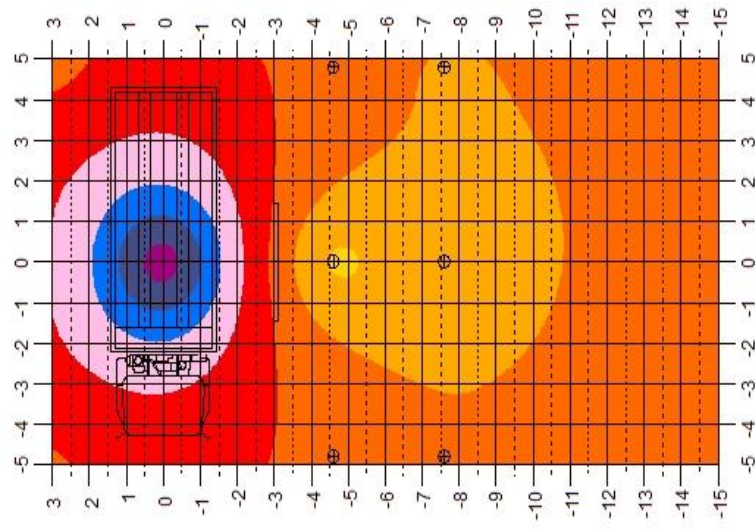
Leyenda

dB(A)
50 - 55
55 - 60
60 - 65
65 - 70
70 - 75
75 - 80
80 - 85
85 - 90
90 - 95
95 - 100
100 - 105
105 - 110

1/150



MAPA DE RUIDO VOLQUETE FMX 15M3 CON BARRERA ACUSTICA



Volquete_FMX

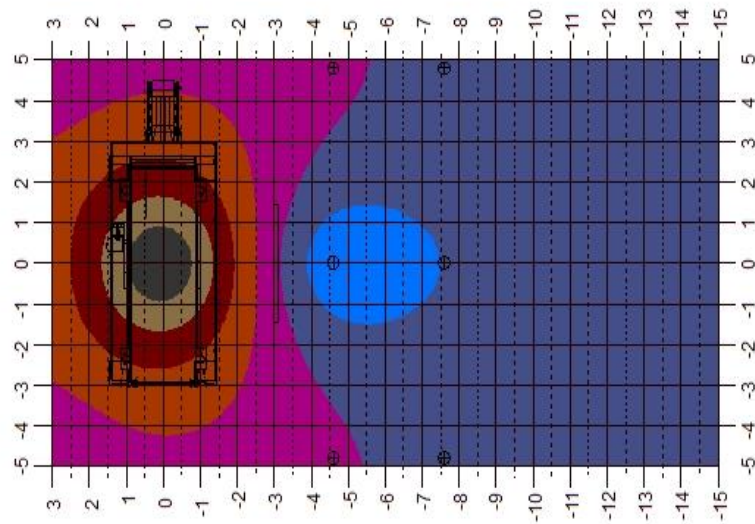
Leyenda

dB(A)
50 - 55
55 - 60
60 - 65
65 - 70
70 - 75
75 - 80
80 - 85
85 - 90
90 - 95
95 - 100
100 - 105
105 - 110

1/150



MAPA DE RUIDO GENERADOR ELECTRICO CATERPILLAR CON BARRERA ACUSTICA



Generador_Electrico

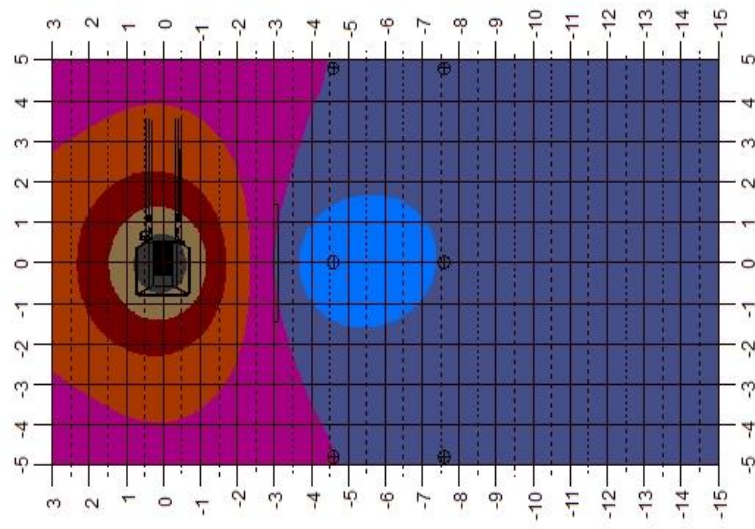
Leyenda

dB(A)
50 - 55
55 - 60
60 - 65
65 - 70
70 - 75
75 - 80
80 - 85
85 - 90
90 - 95
95 - 100
100 - 105
105 - 110

1/150



MAPA DE RUIDO GENERADOR MALLA VIBRATORIA CON BARRERA ACUSTICA



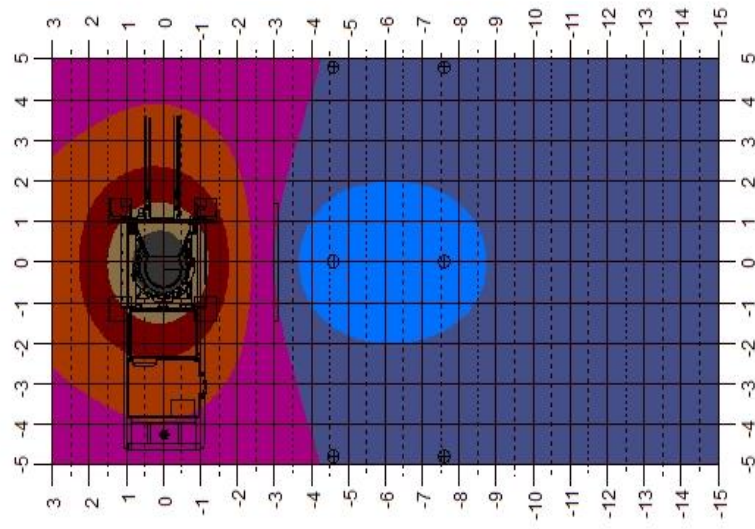
Malla_Vibratoria
Leyenda

dB(A)
50 - 55
55 - 60
60 - 65
65 - 70
70 - 75
75 - 80
80 - 85
85 - 90
90 - 95
95 - 100
100 - 105
105 - 110

1/150



MAPA DE RUIDO GENERADOR ELECTRICICO CATERPILLAR CON BARRERA ACUSTICA



Triturador_de_Piedra

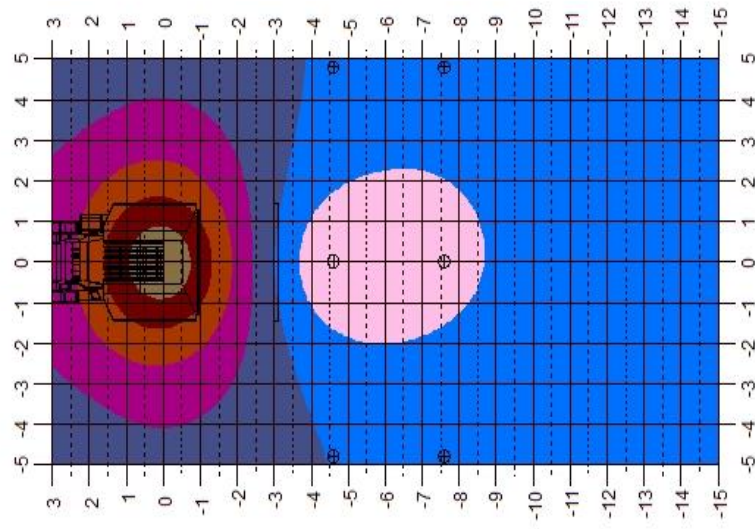
Leyenda

dB(A)
50 - 55
55 - 60
60 - 65
65 - 70
70 - 75
75 - 80
80 - 85
85 - 90
90 - 95
95 - 100
100 - 105
105 - 110

1/150



MAPA DE RUIDO ZARANDEO MECANICO CON BARRERA ACUSTICA



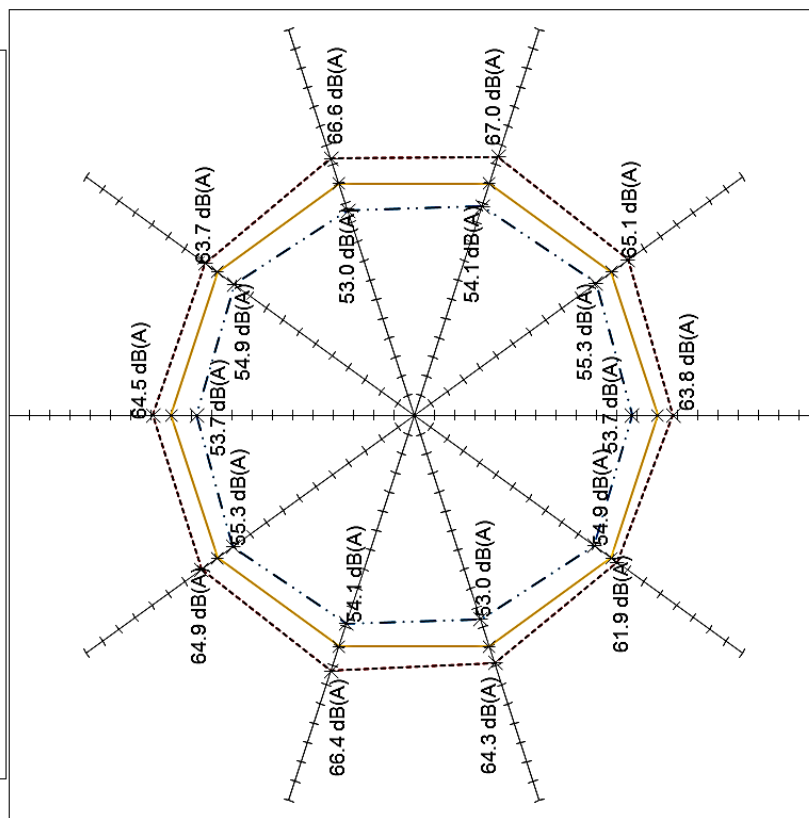
Zarandeo_Mecanico
Leyenda

dB(A)
50 - 55
55 - 60
60 - 65
65 - 70
70 - 75
75 - 80
80 - 85
85 - 90
90 - 95
95 - 100
100 - 105
105 - 110

1/150

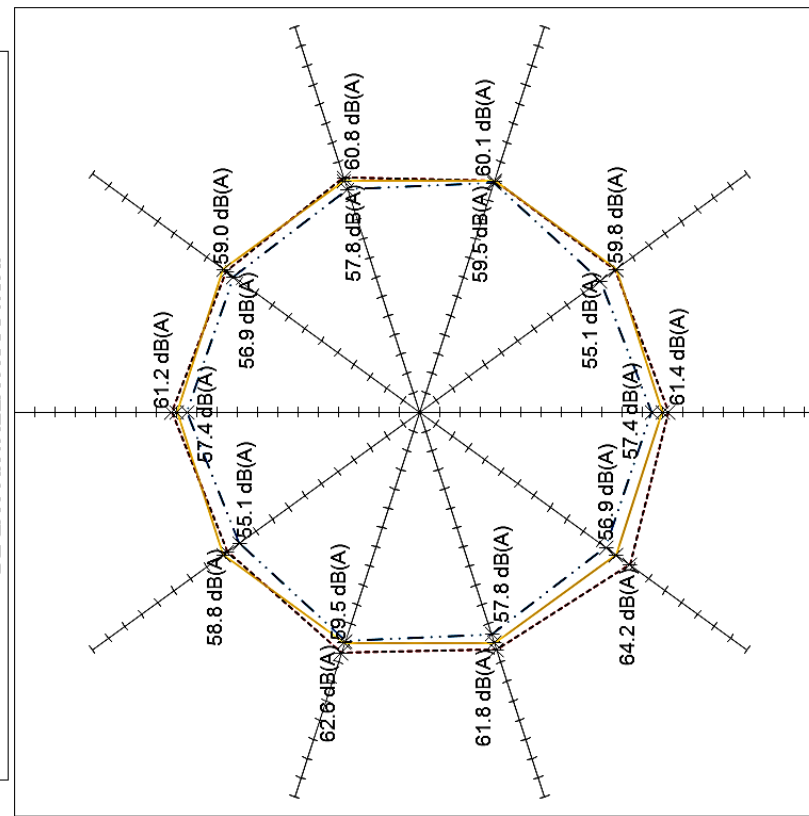


COMPARACIÓN DEL NIVEL SONORO CON Y SIN BARRERA ACÚSTICA DE UNA MOTONIVELADORA DE 160 HP A 1.50 METROS DE LA PANTALLA ACUSTICA.



---*--- L_{AeqT} -*- L_{AeqT} (Barrera) —*— L_{AeqT} (ECA Residencial)

COMPARACIÓN DEL NIVEL SONORO CON Y SIN BARRERA ACÚSTICA DE UNA MOTONIVELADORA DE 160 HP A 4.50 METROS DE LA PANTALLA ACUSTICA.



---*--- L_{AeqT} -*- L_{AeqT} (Barrera) —*— L_{AeqT} (ECA Residencial)

