



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA PARA
MINIMIZAR EL NIVEL DE PRESIÓN SONORA DE
UN GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Ambiental

AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

TUTOR: Ing. Néstor Marcelo Berrones Rivera, M. I. A.

Guayaquil-Ecuador

2025

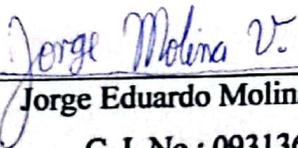
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Jorge Eduardo Molina Valarezo con documento de identificación No. 0931363428
manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de
manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 13 de febrero del año 2025

Atentamente,



Jorge Eduardo Molina Valarezo
C. I. No.: 0931363428

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Jorge Eduardo Molina Valarezo con documento de identificación No. 0931363428, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Trabajo Experimental: CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA PARA MINIMIZAR EL NIVEL DE PRESIÓN SONORA DE UN GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 13 de febrero del año 2025.

Atentamente,



Jorge Eduardo Molina Valarezo
C. I. No.: 0931363428

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Néstor Marcelo Berrones Rivera con documento de identificación No. 0914078290, docente de la UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA PARA MINIMIZAR EL NIVEL DE PRESIÓN SONORA DE UN GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA, realizado por Jorge Eduardo Molina Valarezo con documento de identificación No. 0931363428, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 13 de febrero del año 2025.

Atentamente,



Ing. Néstor Marcelo Berrones Rivera, M. I. A.

C. I. No.: 0914078290

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento hacia Dios por darme la responsabilidad, perseverancia, las ganas de seguir adelante y la paciencia de lograr culminar con éxito mi carrera universitaria.

A mis padres, María del Cisne Valarezo Loayza, Jorge Manuel Molina Peñaranda, por ser siempre mis pilares y las bases que son necesarias cuando más he necesitado, y ayudándome a salir adelante, pero sobre todo con los buenos valores y principios que ellos me han dado a lo largo de esta etapa de mi vida.

A la Directora de Carrera, Ing. Carmen Palacios por haberme dado toda su ayuda y haberme aconsejado en la trayectoria tanto en la formación personal como universitaria y a todos los docentes que tuve durante mi formación académica.

Al Docente tutor de carrera de titulación, Ing. Marcelo Berrones, por toda la paciencia y la sabiduría transmitida lo cual me ha generado, conocer muchas cosas y aprender para poder ejercerlo en mi carrera profesional.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis queridos padres: María del Cisne Valarezo Loayza, Jorge Manuel Molina Peñaranda quienes desde niño me inculcaron los valores de la humildad, el respeto y la responsabilidad.

Ellos han sido, mi fuente de inspiración para poder alcanzar mis grandes aspiraciones de manera presente y que soy capaz de lograr cualquier objetivo en esta vida y estoy formando la persona que soy.

A mis hermanas Alejandra Estefanía y María Fiorella Molina Valarezo por la motivación diaria para mejorar como ser humano.

RESUMEN

Los racionamientos eléctricos causantes de los apagones afectaron al Ecuador en el año 2024, a todas las actividades, productivas, de esparcimiento y también a las instituciones educativas, lo cual hizo indispensable, en el caso del presente trabajo, la adquisición de un generador eléctrico o grupo electrógeno de 6500 Watts, para alimentar circuitos esenciales de internet en las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus María Auxiliadora. Si bien se subsanó el tema de la falta de fluido eléctrico para ciertos sistemas, se originó un problema de contaminación ambiental de tipo acústico, el cual afectó a la comunidad universitaria del área aledaña a la ubicación del generador.

Para dimensionar esta afectación ambiental, se procedió evaluar los niveles de presión sonora (NPS) con el equipo Elicrom 308, determinando que los niveles superaban los límites máximos permisibles que constan en el Acuerdo Ministerial 097-A, por lo tanto, se realizó un análisis de este problema, determinando que se podía implementar una cabina recubierta interiormente con materiales con propiedades aislantes acústicamente.

Se procedió a realizar una serie de pruebas con diferentes materiales, llegando a la conclusión que el recubrimiento más eficiente fue el panel acústico de esponja piramidal 1,00 x 0,80 m, comparando los niveles de presión sonora antes y después de la implementación del cabinado, aplicando la técnica de medición estándar designada como método de los 5 segundos. Se logró reducir los niveles de presión sonora a valores menores al límite máximo permisible definido en la norma respectiva que es de 55 decibeles, en 4 de los 5 puntos seleccionados para el muestreo, esta reducción llegó a valores en decibeles de: 54,95; 54,81; 51,88; 50,45 en los 4 puntos mencionados los cuales estuvieron ubicados a una distancia en metros lineales medidos desde el generador de: 4,46; 15,30; 22,36; 26,07, respectivamente.

Palabras clave: Panel acústico, cabinado, niveles de presión sonora, apagones.

ABSTRACT

The electrical rationing caused by the blackouts, which damage the activities of Ecuador in 2024, affected major activities, productive, recreational and also educational institutions, which made indispensable, in the case of this work, the acquisition of a generator or generator set of 6500 Watts, to feed essential internet circuits in the facilities of the Salesian Polytechnic University, Campus Maria Auxiliadora

Although the lack of electricity supply for certain systems was remedied, a problem of environmental noise pollution arose, which affected the university community in the area surrounding the location of the generator.

In order to measure this environmental impact, sound pressure measurements were used Elicrom 308 equipment, and it was determined that the levels exceeded the maximum permissible limits set out in Ministerial Agreement 097-A. Therefore, an analysis of this problem was carried out, determining that it was possible to implement a cabin lined on the inside with materials with acoustically insulating properties.

A series of tests were carried out with different materials, reaching the conclusion that the most efficient covering was the 1.00 x 0.80 m pyramidal sponge acoustic panel, comparing the sound pressure levels before and after the implementation of the cabin, applying the standard measurement technique known as the 5-second method. It was possible to reduce the sound pressure levels to values below the maximum permissible limit defined in the respective standard, which is 60 decibels, in 4 of the 5 points selected for sampling, this reduction reached values in decibels of: 59.95; 54.81; 51.86; 50.45, in the 4 points mentioned which were located at a distance in linear meters measured from the generator of: 4.46; 15.30; 22.36; 26.07, respectively.

Keywords: Acoustic panel, cabin, sound pressure levels, blackouts.

ÍNDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	I
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	II
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA	V
Resumen	VI
Abstract	VII
ÍNDICE.....	VIII
ÍNDICE de ilustraciones	XIV
Índice de Tablas.....	XXII
Capítulo 1	1
1 Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Problema.....	2
1.2.1 Descripción del Problema.....	2
1.3 Importancia y alcances	3
1.4 Delimitación	4
1.4.1 Delimitación geográfica.	4
1.4.2 Delimitación Sectorial.....	5
1.4.3 Delimitación temporal	6

1.5	Pregunta de investigación.....	6
1.6	Objetivos.....	6
1.6.1	Objetivo general	6
1.6.2	Objetivos específicos	7
1.7	Bases Hipotéticas.....	7
1.7.1	Hipótesis general	7
1.7.2	Hipótesis específicas.....	7
Capítulo 2	8
2	Marco Teórico referencial	8
2.1	Fundamentos teóricos	8
2.1.1	Contaminación acústica.....	8
2.1.2	Fuente fijas de ruido	8
2.1.3	Presión Sonora.....	9
2.1.4	Aislamiento acústico.....	9
2.1.5	Coefficiente de absorción acústica	9
2.1.6	Sonómetro	9
2.1.7	Afectación a la salud humana por los niveles altos de presión sonora 11	
2.1.8	Metodología para la medición, cuantificación y determinación del nivel de ruido para fuentes fijas de ruido (FFR).....	12
2.1.9	Puntos de medición (Acuerdo Ministerial 097-A)	13
2.1.10	Criterios acerca del punto de medición.....	13
2.1.11	Requisitos de los equipos de medición	13
2.1.12	Condiciones ambientales de medición.....	15
2.1.13	Ubicación del sonómetro.....	15
2.1.14	Métodos para la toma de muestras de ruido y determinación de Leq (El nivel de presión sonora continua equivalente corregido).....	15
2.1.15	Método de 15 segundos.....	15
2.1.16	Método de 5 segundos	15
2.2	Marco legal.....	15

2.2.1	Acuerdo Ministerial 97-A del Ministerio del Ambiente, Registro Oficial Edición Especial 387 de 04-nov.-2015.....	15
2.2.2	Suplemento del Registro Oficial No. 423, 22 de diciembre 2006 Normativa: Vigente Última Reforma: Segundo Suplemento del Registro Oficial 53, 29-IV-2022.....	21
2.2.3	Código Orgánico del Ambiente Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017 22	
Capítulo 3		23
3	Metodología.....	23
3.1	Tipo de investigación.....	23
3.2	Enfoque de la investigación.....	24
3.2.1	Enfoque cuantitativo.....	24
3.3	Población, muestra y muestreo.....	24
3.3.1	Población	24
3.3.2	Muestreo	25
3.4	Variables dependientes.....	26
3.4.1	Nivel de presión sonora (dB)	26
3.4.2	Eficacia del material aislante acústico	26
3.5	Variables independientes.....	26
3.5.1	Material aislante acústico.....	26
3.5.2	Fuente Fija de Ruido (FFR).....	27
3.6	Materiales para realizar el experimento.....	27
3.7	Equipos Utilizados.....	28
3.7.1	Sonómetro Elicrom 308	28
3.7.2	Estructura exterior de la cabina insonorizada	30
3.8	Elaboración de paneles acústicos	30
3.8.1	Materiales para la elaboración de los paneles acústicos	30
3.8.1.1	Panel acústico de esponja piramidal 1,00 x 0,80 m.....	30

3.8.1.2	Cubeta de huevos fabricadas con celulosa (fibra vegetal)	32
3.8.1.3	Placa de aglomerado de madera de 0,03 m de espesor	32
3.8.2	Cálculo de la cantidad de paneles fonoabsorbentes de ruido	32
3.8.2.1	Panel acústico de esponja piramidal 1,00 x 0,80 m.....	33
3.8.2.2	Cubeta de huevos fabricadas con celulosa (fibra vegetal)	33
3.8.2.3	Placa de aglomerado de madera de 0,03m de espesor	34
3.9	Método de experimentación	34
3.10	Metodología para monitoreo	34
3.10.1	Ubicación del sonómetro.....	34
3.11	Metodología para determinar los niveles del ruido específico y el Lkeq... 35	
3.11.1	Método de 5 segundos (Leq 5s)	35
3.12	Estudio.....	35
Capítulo 4	36
4	Resultados.....	36
4.1	Resultados y análisis de las mediciones de presión sonora con el generador de energía eléctrica apagado (OFF), sin cabina insonorizada.....	36
4.1.1	Fecha de toma de datos: 26 de noviembre de 2024.	36
4.1.2	Resumen de datos de presión sonora con el generador de energía eléctrica apagado (OFF), sin cabina insonorizada, 26 de noviembre 2024.	39
4.2	Resultados y análisis de las mediciones de presión sonora con el generador de energía eléctrica encendido (ON), sin cabina insonorizada.	41
4.2.1	Fecha de toma de datos: 27 de noviembre del 2024.	41
4.2.2	Resumen de datos de presión sonora con el generador de energía eléctrica encendido (ON), sin cabina insonorizada, 27 de noviembre 2024.	44
4.2.3	Fecha de toma de datos: 29 de noviembre del 2024.	45
4.2.4	Resumen de datos de presión sonora con el generador de energía eléctrica encendido (ON), sin cabina insonorizada, 29 de noviembre 2024.	49
4.2.5	Fecha de toma de datos: 02 de diciembre del 2024.	50

4.2.6	Resumen de datos de presión sonora con el generador de energía eléctrica encendido (ON), sin cabina insonorizada, 02 de diciembre del 2024.	54
4.3	Resultados luego de la implementación de los paneles fonoabsorbentes de ruido	55
4.3.1	Fecha de toma de datos:5 de enero de 2025: Material fonoabsorbente panel acústico esponja piramidal	56
4.3.2	Resumen de datos de presión sonora del generador de energía eléctrica encendido (ON), usando cabina insonorizada con panel acústico esponja piramidal, 05 de enero del 2025.	59
4.3.3	Fecha de toma de datos 5 de enero de 2025, material fonoabsorbente: cubeta fabricada con celulosa	60
4.3.4	Resumen de datos de presión sonora del generador de energía eléctrica encendido (ON), usando cabina insonorizada con material fonoabsorbente, cubeta fabricada con celulosa.	64
4.3.5	Fecha de toma de datos:6 de enero de 2025. Material fonoabsorbente placa aglomerado de madera.	65
4.3.6	Resumen de datos de presión sonora del generador de energía eléctrica encendido (ON), usando cabina insonorizada con material fonoabsorbente, placa aglomerada de madera.	69
4.4	Comparación de resultados en el caso de FFR ON; con cabina insonorizada, usando distintos tipos de materiales fonoabsorbentes versus sin cabina insonorizada	70
4.5	Resultados de la Comprobación de la Hipótesis	73
4.5.1	Prueba de hipótesis nula T student, para verificar que se minimizaron los niveles de presión sonora, usando como material fonoabsorbente paneles acústicos de esponja piramidal.....	73
Capítulo 5		76
5	Conclusiones y Recomendaciones.....	76
5.1	Conclusiones.....	76
5.2	Recomendaciones	78

Referencias bibliográficas.....	79
BIBLIOGRAFÍA	79
Anexos.....	82

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ubicación del Campus María Auxiliadora UPS Guayaquil	4
Ilustración 2: Uso de suelo para Campus María Auxiliadora UPS Guayaquil	6
Ilustración 4: Diagrama de bloques de un sonómetro integrador.	10
Ilustración 5: Descripción del sonómetro Elicrom 308	28
Ilustración 6: Teclado de Sonómetro Elicrom 308	28
Ilustración 7: Dimensiones de la estructura exterior de la cabina insonorizada	30
Ilustración 8: Panel acústico de esponja piramidal 1,00 x 0,80 m.....	31
Ilustración 9: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en OFF sin cabina insonorizada en la ubicación P1	37
Ilustración 10: Valores, obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en OFF sin cabina insonorizada en la ubicación P2	38
Ilustración 11: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en OFF sin cabina insonorizada en la ubicación P3	38
Ilustración 12: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en OFF sin cabina insonorizada en la ubicación P4.	39
Ilustración 13: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en OFF sin cabina insonorizada en la ubicación P5.	39
Ilustración 14: Gráfico dB vs metros, obtenido con FFR OFF, sin cabina insonorizada.	40

Ilustración 15: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, sin cabina insonorizada en la ubicación P1 el 27/11/2024.....	42
Ilustración 16: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P2 el 27/11/2024.....	42
Ilustración 17: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P3 el 27/11/2024.....	43
Ilustración 18: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P4 el 27/11/2024.....	43
Ilustración 19: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P5 el 27/11/2024.....	44
Ilustración 20: Gráfico dB vs metros, obtenido con FFR ON, sin cabina insonorizada el 27/11/2024.....	45
Ilustración 21 Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P1 el 29/11/2024.....	46
Ilustración 22: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P1 el 29/11/2024.....	47

Ilustración 23: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P2 el 29/11/2024.....	47
Ilustración 24: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P3 en 29/11/2024.....	48
Ilustración 25: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P4 el 29/11/2024.....	48
Ilustración 26: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P4 el 29/11/2024.....	49
Ilustración 27: Gráfico dB vs metros, obtenido con FFR ON, sin cabina insonorizada el 29/11/2024.....	50
Ilustración 28: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, sin cabina insonorizada en la ubicación P1 el 02/12/2024.....	51
Ilustración 29: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P2 el 02/12/2024.....	52
Ilustración 30: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P3 el 02/12/2024.....	52

Ilustración 31: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, sin cabina insonorizada en la ubicación P4 el 02/12/2024.....	53
Ilustración 32: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, sin cabina insonorizada en la ubicación P5 el 02/12/2024.....	53
Ilustración 33: Gráfico dB vs metros, obtenido con FFR ON, sin cabina insonorizada el 02/12/2024.....	54
Ilustración 34: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando paneles fonoabsorbentes acústicos piramidales en la ubicación P1 el 05/12/2024.....	57
Ilustración 35: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando paneles fonoabsorbentes acústicos piramidales en la ubicación P2 el 05/12/2024.....	57
Ilustración 36: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando paneles fonoabsorbentes acústicos piramidales en la ubicación P3 el 05/12/2024.....	58
Ilustración 37: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando paneles fonoabsorbentes acústicos piramidales en la ubicación P4 el 05/12/2024.....	58
Ilustración 38: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando paneles fonoabsorbentes acústicos piramidales en la ubicación P5 el 05/12/2024.....	59
Ilustración 39: Gráfico dB vs metros, obtenido con FFR ON, con cabina insonorizada usando panel acústico esponja piramidal.....	60

- Ilustración 40:** Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando cubetas fabricadas con celulosa en la ubicación P1 el 05/12/2024..... 62
- Ilustración 41:** Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando cubetas fabricadas con celulosa en la ubicación P2 el 05/12/2024..... 62
- Ilustración 42:** Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando cubetas fabricadas con celulosa en la ubicación P3 el 05/12/2024..... 63
- Ilustración 43:** Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando cubetas fabricadas con celulosa en la ubicación P4 el 05/12/2024..... 63
- Ilustración 44:** Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando cubetas fabricadas con celulosa en la ubicación P5 el 05/12/2024..... 64
- Ilustración 45:** Gráfico dB vs metros, obtenido con FFR ON, con cabina insonorizada usando cubeta fabricada con celulosa el 05/01/2025..... 65
- Ilustración 46:** Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en ON, con cabina insonorizada con placa aglomerado de madera en la ubicación P1 el 06/12/2024..... 67
- Ilustración 47:** Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en ON, con cabina insonorizada con placa aglomerado de madera en la ubicación P2 el 06/12/2024..... 67

Ilustración 48: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en ON, con cabina insonorizada con placa aglomerado de madera en la ubicación P3 el 06/12/2024.....	68
Ilustración 49: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en ON, con cabina insonorizada con placa aglomerado de madera en la ubicación P4 el 06/12/2024.....	68
Ilustración 50: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en ON, con cabina insonorizada con placa aglomerado de madera en la ubicación P5 el 06/12/2024.....	69
Ilustración 51: Gráfico dB vs metros, obtenido con FFR ON, con cabina insonorizada usando placa aglomerado de madera el 06/01/2025	70
Ilustración 52: Datos de presión sonora promediados por cada uno de los puntos geográficos de muestreo, indicando los valores con FFR ON, obtenidos sin cabina insonorizada; y con cabina insonorizada usando los tres tipos de materiales fonoabsorbentes	72
Ilustración 53: Prueba t para dos muestras relacionadas, verificación de cumplimiento de H1.....	75
Ilustración 54: Material plancha galvanizado espesor 1.5mm.....	82
Ilustración 55: Medición de perfil para estructura de cabina.....	82
Ilustración 56: Trazado de forma en perfil.....	82
Ilustración 57: Trabajo en taller	82
Ilustración 58: Proceso de soldado de esquina posterior izquierda de estructura metálica de cabina.....	83
Ilustración 59: Proceso de soldado de esquina frontal izquierda de estructura metálica de cabina.....	83

Ilustración 60: Proceso de remate en puntos de solda.....	83
Ilustración 61: Verificación de ubicación a escuadra de los parantes de la estructura metálica de la cabina.....	83
Ilustración 62: Vista 1 de Cabina proyectada	84
Ilustración 63: Vista 2 de cabina proyectada	84
Ilustración 64: Vista 3 de cabina proyectada	84
Ilustración 65: Vista 4 de cabina proyectada	84
Ilustración 66: Vista 1 de FFR generador 6500 Watts.....	85
Ilustración 67: Vista 2 de FFR generador 6500 Watts.....	85
Ilustración 68: Vista 3 de FFR Generador 6500 Watts.....	85
Ilustración 69: Vista 4 de FFR Generador 6500 Watts.....	85
Ilustración 70: Cubetas de celulosa, sobre la estructura de la cabina	86
Ilustración 71: Verificación de los paneles de cubeta de celulosa de 0,29 x 0,29 m....	86
Ilustración 72: Colocación de cubetas de celulosa, sobre panel superior	86
Ilustración 73: Recepción de material esponja piramidal 1,00x 0,80 m	86
Ilustración 74: Verificación de características de panel acústico esponja piramidal....	87
Ilustración 75: Medición de panel acústico esponja piramidal.....	87
Ilustración 76: Características técnicas del sonómetro Elicrom 308	87
Ilustración 77: Ajuste de posición de sonómetro.....	87
Ilustración 78: Ajuste de posición de sonómetro Elicrom 308.....	88
Ilustración 79: Ajuste de parámetros sonómetro Elicrom 308	88
Ilustración 80: Cabina recubierta con panel acústico, esponja piramidal.....	89
Ilustración 81: Instalación de panel acústico de esponja piramidal en panel lateral izquierdo de cabina.....	90
Ilustración 82: Generador FFR, listo dentro de cabina	91

Ilustración 83: Ajuste de paneles en estructura metálica de cabina..... 92

ÍNDICE DE TABLAS

. Tabla 2: Coordenadas de puntos de muestreo de datos de presión sonora.....	4
Tabla 3: Valores de Tolerancia para Sonómetros Clase 1 y Clase 2 por Frecuencia. ...	14
Tabla 4: Niveles máximos de emisión de ruido para FFR.....	20
Tabla 5: Puntos críticos de afectación (PCA) en el área circundante a la FFR.....	25
Tabla 6: Características de materiales fonoabsorbentes a usarse para recubrimiento interno de cabina insonorizada.	27
Tabla 7: Dimensiones y área de los paneles de plancha galvanizada que forman la estructura metálica de la cabina insonorizada	33
Tabla 8: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en OFF sin cabina insonorizada.....	36
Tabla 9: Valores promedio en dB de la serie de 10 datos obtenida con FFR: OFF y sin cabina insonorizada.	40
Tabla 10: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en ON, sin cabina insonorizada 27/11/2024.	41
Tabla 11: Valores promedio en dB de la serie de 10 datos obtenida con FFR: ON, sin cabina insonorizada	44
Tabla 12: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en ON, sin cabina insonorizada 29/11/2024	45
Tabla 13: Valores promedio en dB de la serie de 10 datos obtenida con FFR: ON, sin cabina insonorizada 29/11/2024.	49
Tabla 14: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, sin cabina insonorizada 02/12/2024	50
Tabla 15: Valores promedio en dB de la serie de 10 datos obtenida con FFR: ON, sin cabina insonorizada 02/12/2024.	54

Tabla 16: Tabla resumen de datos obtenidos en muestreo con FFR ON, sin cabinar, en las fechas 27/11/2024, 29/11/2024 y 02/12/2024.....	55
Tabla 17: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada usando panel acústico esponja piramidal el 05/01/2025.....	56
Tabla 18: Valores promedio en dB de la serie de 10 datos obtenida con FFR: ON, con cabina insonorizada, usando panel acústico esponja piramidal el 05/01/2025.....	59
Tabla 19: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada usando cubeta fabricada con celulosa el 05/01/2025.....	61
Tabla 20: Valores promedio en dB de la serie de 10 datos obtenida con FFR: ON, con cabina insonorizada usando cubeta fabricada con celulosa el 05/01/2025.....	64
Tabla 21: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada usando placa aglomerado de madera. el 06/01/2025.	65
Tabla 22: Valores promedio en dB de la serie de 10 datos obtenida con FFR: ON, con cabina insonorizada usando placa aglomerado de madera, el 06/01/2025	69
Tabla 23: Datos de presión sonora promediados por cada uno de los puntos geográficos de muestreo, indicando los valores con FFR ON, obtenidos sin cabina insonorizada; y con cabina insonorizada usando los tres tipos de materiales fonoabsorbentes	71

CAPÍTULO 1

1 Introducción

1.1 Antecedentes

El ruido es un sonido no deseado que es emitido por actividades humanas tales como las industrias o las fuentes móviles, lo cual a su vez pueden traer efectos negativos a la salud y afecta al bienestar de la población si no se enmarca en las normativas definidas. Cuando nos referimos a presión sonora hablamos del efecto que producen las ondas sonoras en el aire, si dicho efecto supera los límites definidos en las normativas aplicables, pasa a denominarse ruido, en el presente trabajo utilizaremos el término presión sonora para abarcar los valores que cumplen y los que no cumplen las normativas.

La OMS describe al ruido como la primera molestia ambiental en los países industrializados. (Asociación Médica Mundial, 2022)

El ruido en el trabajo puede provocar daños auditivos de manera permanente e incapacitantes, también pueden interferir en las comunicaciones y hacer que los avisos sean difíciles de poder entender, pero sobre todo también la exposición a altos niveles de ruido conlleva principalmente efectos fisiológicos que se relacionan directamente con alteraciones en el oído, como: la pérdida de la audición y la tinnitus.

El ruido actúa a través del oído sobre el sistema nervioso del ser humano, es decir cuando el estímulo sobrepasa determinados límites, produce sordera y efectos patológicos, produce malestar y a la vez impide la atención, comunicación, concentración, el descanso y el sueño.

1.2 Problema

1.2.1 Descripción del Problema

En el Campus María Auxiliadora de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil ubicado en el km 19 de la vía a la Costa; debido a los continuos cortes de energía eléctrica se está usando generadores de energía que utilizan como combustible el diésel, lo cual genera un ruido severo en un rango de 90,5 a 91,5 decibelios, en la fuente fija de ruido FFR (generador) y en el aula cerrada que se encuentra a 26,07 metros de distancia se mide un nivel de presión sonora 76,50 a 74,50 decibelios, en el área entre la fuente generadora de ruido y las aulas se detectan valores entre 73,50 a 71,09 decibelios, datos según notándose que en estas áreas externas el nivel de ruido también se incrementa por las conversaciones de las personas. Debemos recordar que todos los valores mencionados están por encima del límite máximo permisible establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A Anexo 5 en su tabla 1 para zonas de uso de suelo equipamiento de servicios sociales (EQ1) donde el límite durante el período diurno (07:01 hasta 21:00 horas) es de 55 decibeles, y durante el período nocturno (21:01 hasta las 07:00) es de 45 decibeles, por lo que la comunidad salesiana: docentes, estudiantes, personal administrativo, de servicio, de seguridad, contratistas y conductores se ven afectados por la contaminación acústica. Considerando que los cortes de energía se han venido dando desde agosto y continuaran hasta finalizar el año 2024, en intervalos de 08H00 a 14H00 diarias, se genera un grave problema por el tiempo que debe estar en operación el generador de energía, en este caso específico el generador de 6500 Watts. De una evaluación de impacto ambiental realizada por estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental como práctica de la materia de Evaluación Ambiental Estratégica en el área donde se encuentra en operación el generador se determinó mediante los criterios de la matriz modificada de Leopold, que el valor obtenido de 39 unidades de impacto es considerado alto. Las áreas de los laboratorios son las más afectadas por la operación del

generador, lo cual ha ocasionado que no se den las prácticas de forma regular. Este generador solo abastece el área de servicio de internet de esta área del campus María Auxiliadora

1.3 Importancia y alcances

La exposición prolongada al ruido puede provocar estrés, trastornos del sueño, problemas cardiovasculares e inclusive genera la pérdida de concentración en el desempeño diario de las personas, especialmente en grupos vulnerables como niños y ancianos.

A pesar de las observaciones de la comunidad salesiana, actualmente no existen estudios exhaustivos ni medidas de control implementadas para darle una solución al problema planteado, lo que se convierte en una oportunidad para realizar un análisis que evalúe la magnitud del problema y diseñar una alternativa viable para la reducción del ruido.

Para ello, se cuenta con los conocimientos académicos obtenidos en el desarrollo de la carrera Ingeniería ambiental tales como estadísticos, calidad del aire, sistemas de información geográfica, evaluación ambiental estratégica, y más recursos académicos disponibles en el pñsum de Ingeniería ambiental, además del uso de equipos de medición, por lo que en este trabajo experimental se plantearon estrategias que pudieran minimizar los niveles de presión sonora generados.

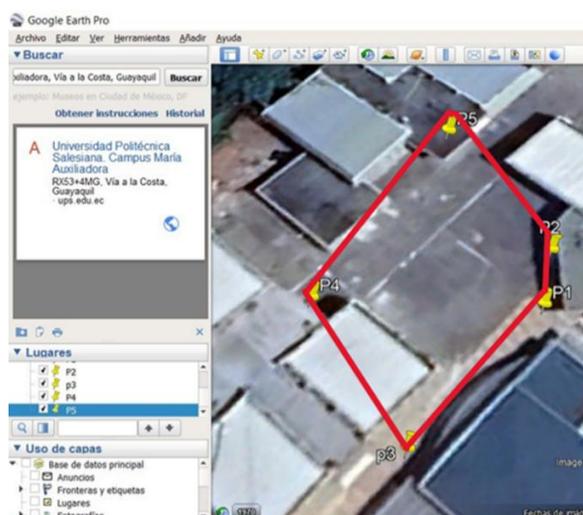
La construcción de una cabina insonorizada tiene como finalidad obtener una reducción significativa del ruido producido por el generador de energía eléctrica, a fin de que el entorno donde está ubicado el equipo sea confortable para quienes laboran, estudian o transitan por el sector geográfico delimitado.

1.4 Delimitación

1.4.1 Delimitación geográfica.

Para obtener las coordenadas correspondientes al Campus María Auxiliadora de la Universidad Politécnica Salesiana, se procedió a realizar una búsqueda en la aplicación Google Earth Pro, y se obtuvo los siguientes valores: $2^{\circ}11'31''S$ $80^{\circ}02'44''W$. Para delimitar el área de estudio y por ende los puntos donde se procedió al levantamiento de información, se tomó coordenadas en 5 ubicaciones del área aledaña a los bloques B1, B2 y, B3, dentro de las instalaciones del Campus María Auxiliadora Universidad Politécnica UPS Guayaquil estos resultados se muestran en la . **Tabla 1** y en la **Ilustración 1**

Ilustración 1: Ubicación del Campus María Auxiliadora UPS Guayaquil



FUENTE: Google Earth Pro

Tabla 1: Coordenadas de puntos de muestreo de datos de presión sonora

Puntos	X	Y
Punto 1	17 M 606236.73m E	9757458.74 m S
Punto 2	17M606232.68m E	9757462.87m S
Punto 3	17M606239.44m E	9757442.78 m S
Punto 4	17M606222.03m E	9757443.03 m S
Punto 5	17M606214.38m E	9757463.48 m S

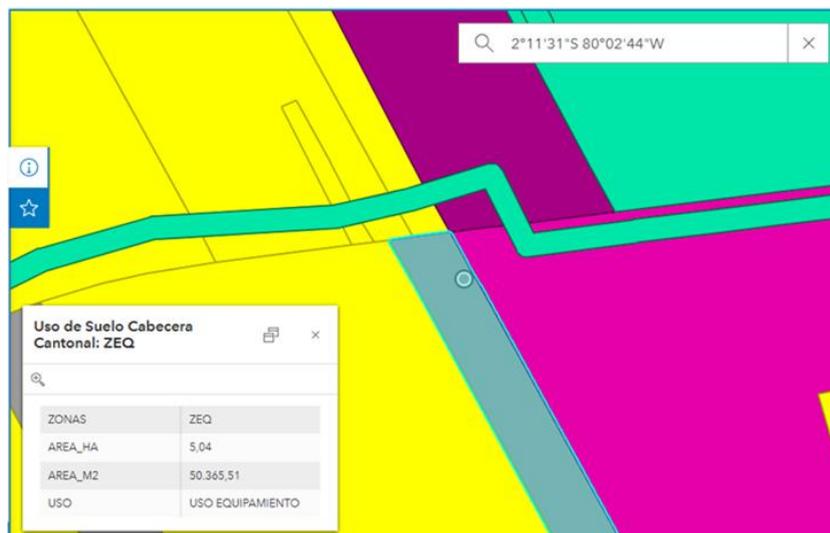
Autor: Jorge Eduardo Molina Valarezo

1.4.2 Delimitación Sectorial

Con las coordenadas obtenidas en Google Earth Pro: **2°11'31"S 80°02'44"W** se procedió a la búsqueda en la página Web: Usos del Suelo del cantón Guayaquil, la cual nos mostró como resultado para uso de suelo: **Equipamiento** según se evidencia en **Ilustración 2**. En el Acuerdo Ministerial 097-A, se tiene lo siguiente: “Equipamiento de Servicios Sociales (EQ1) Destinado a actividades e instalaciones que generen bienes y servicios relacionados a la satisfacción de las necesidades de desarrollo social de los ciudadanos tales como: salud, **educación**, cultura, bienestar social, recreación, deporte, religioso, etc.”. (Ambiente, 2015, pág. 67), adicionalmente en la Gaceta Oficial del GAD Guayaquil del 10 de septiembre del 2021, titulada: Ordenanza de Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019-2023 y Plan de Uso y Gestión del Suelo del Cantón Guayaquil, se tiene la siguiente definición: “Por sus características los equipamientos se clasifican según su naturaleza como equipamientos sociales y de servicio. Ambas categorías consideran una segunda clasificación correspondiente a los equipamientos por tipo: Equipamientos Sociales: **Educación**, Salud, Bienestar Social Recreativo y Deportes” (Guayaquil, 2024, pág. 23) , y al ser la actividad que se desarrolla en el Campus de tipo educativa se selecciona EQ1, adicionalmente en el citado Acuerdo Ministerial 097-A en la tabla 1 : Niveles máximos de emisión de ruido (L_{Keq}) para fuentes fijas de ruido, de acuerdo al Uso de Suelo Equipamiento de Servicios Sociales (EQ1), se establecen los siguientes niveles máximos de presión sonora (LMP)

Período Diurno (07:01 hasta 21:00): 55 dB

Período Nocturno (21:01 hasta 07:00): 45 dB

Ilustración 2: Uso de suelo para Campus María Auxiliadora UPS Guayaquil

FUENTE: <https://geoportal-guayaquil.opendata.arcgis.com/>

1.4.3 Delimitación temporal

El trabajo experimental en su fase de levantamiento de información, experimentación y evaluación de resultados se realizó, desde el mes de octubre del 2024 y finalizó en el mes de enero del 2025.

1.5 Pregunta de investigación

¿Qué tipo de materiales acústicamente aislantes son más efectivos para implementar una cabina que reduzca los niveles de presión sonora en cumplimiento de la normativa ambiental?

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Implementar una cabina mediante materiales aislantes que permitan minimizar los niveles de presión sonora en cumplimiento con la normativa ambiental.

1.6.2 Objetivos específicos

- Medir los niveles de ruido emitidos por el generador mediante el sonómetro de campo, a fin de comparar con los límites máximos permisibles que establece la normativa ambiental.
- Construir una cabina acústica con el material adecuado que permita aislar el nivel de presión sonora.
- Determinar la eficiencia de la cabina mediante comparación de los valores obtenidos antes y después de la implementación para verificar la minimización de ruido.

1.7 Bases Hipotéticas

1.7.1 Hipótesis general

Implementando una cabina que aisle acústicamente el generador, se permitirá minimizar los niveles de presión sonora en cumplimiento con la normativa ambiental.

1.7.2 Hipótesis específicas

- Midiendo los niveles de ruido se podrá comparar con los límites máximos permisibles que establece la normativa ambiental.
- Construyendo una cabina acústica permitirá aislar el nivel de presión sonora.
- Determinando la eficiencia de la cabina se podrá verificar la minimización de ruido.

CAPÍTULO 2

2 Marco Teórico referencial

2.1 Fundamentos teóricos

2.1.1 Contaminación acústica

Es la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea la fuente o emisor de tipo acústico que los origine, lo cual implica molestias, riesgos o daños para las personas o para los bienes de cualquier tipo de naturaleza, que cause daños significativos al medio ambiente. (¿Qué es la contaminación acústica?, 2025).

La OMS (Organización Mundial de la Salud) describe a la contaminación acústica o también denominado ruido como la primera molestia ambiental, porque el mismo afecta a los ciudadanos del mundo de diversas maneras, dado que sus efectos están relacionados con la audición, la psiquis, la comunicación oral, el sueño y el rendimiento intelectual, el ruido origina estrés lo que favorece la aparición de dolencias como trastornos de ansiedad y problemas cardiovasculares. (Asociación Médica Mundial, 2022).

Una estrategia para reducir este tipo de contaminación acústica es por ejemplo aislar el ruido de tu hogar, reduciendo el uso innecesario de utensilios domésticos que generan ruido, por ejemplo: aspiradora, licuadora, secadora, lavadora de ropa, bomba de agua, etc. (EUROPEAN ACÚSTICA, 2025)

2.1.2 Fuente fijas de ruido

Se considera fuente fija de ruido (FFR) a una fuente de emisiones sonoras limitada dentro de un lugar fijo o determinado, por ejemplo, tenemos: sistemas de bombeo de agua potable, compresores, generadores de energía eléctrica, barrenadoras, plantas trituradoras de material pétreo, terminales de buses, discotecas, equipos de climatización.

2.1.3 Presión Sonora

Se define como la diferencia entre la presión instantánea debida al sonido y la presión atmosférica (CEUPE, 2025), se mide en decibeles (dB).

2.1.4 Aislamiento acústico

Es una técnica utilizada para prevenir la transmisión de sonido de un espacio a otro o desde el exterior hacia el interior de un edificio.

Su objetivo principal es reducir los niveles de ruido, creando ambientes más tranquilos y confortables, lo cual se logra mediante el uso de materiales y construcciones específicas que bloquean, absorben o amortiguan las ondas sonoras, evitando que el sonido se propague de una zona a otra. (EUROPEAN ACÚSTICA, 2025)

2.1.5 Coeficiente de absorción acústica

Cuando una onda sonora impacta una de las superficies de una habitación (pared, techo o suelo), parte de la energía sonora se refleja a la habitación de nuevo, y otra parte penetra en la superficie. Una parte de la energía que penetra es absorbida, convirtiéndose en energía calorífica (la cantidad dependiendo del material en cuestión), y el resto se transmite a otras estancias. El coeficiente de absorción (denotado por la letra griega Alpha α) es el porcentaje de energía absorbida con respecto a la onda sonora incidente. (ACUSTICO, 2020)

2.1.6 Sonómetro

Se dispone de algunos equipos para medir el sonido, entre ellos tenemos: el calibrador, el dosímetro, analizador de frecuencia, y el que hemos utilizado en el presente trabajo que es el sonómetro, a este equipo lo detallaremos en esta sección.

“El sonómetro es un instrumento que responde ante un sonido de una forma aproximada a como lo haría el oído humano. Es una herramienta imprescindible para medir la presión

sonora. Un sonómetro-integrador es capaz de promediar linealmente la presión sonora.” (EHU.EUS, 2025).

Generalmente, el sonómetro tiene las siguientes partes: un micrófono, que actúa como un transductor que convierte la presión de las ondas sonoras, a diferentes frecuencias en un voltaje que es proporcional a dicha presión, el amplificador se encarga de amplificar los voltajes entregados por el micrófono, de tal manera que incluso los niveles más bajos de presión sonora se puedan registrar, son importantes también los filtros de frecuencia que ayudan a mejorar el registro de los niveles de presión sonora compensándolos en relación a la sensibilidad del oído humano, con estos filtros la señal de voltaje, se amplifica y es transmitida a un circuito rectificador que entrega una señal de voltaje continuo, que guarda proporcionalidad con los valores pico de la presión sonora registrada en el micrófono, después de este procesamiento de señal, continuamos al convertidor, el cual integra o suma la señal, durante un ciclo de tiempo, se puede seleccionar el ciclo del tiempo de integración, y a este tiempo de ciclo de integración le denominamos ponderación de tiempo exponencial, la cual puede ser de tipo slow (respuesta lenta), y tipo fast (respuesta rápida), finalmente después de que la señal sonora ha pasado por las etapas de amplificación, ponderación de frecuencia y promediada en el tiempo, se visualiza en la pantalla o indicar en unidades logarítmicas de decibeles (dB), en la ilustración que se aprecia a continuación, tenemos un diagrama de bloques típico de un sonómetro.

Ilustración 3:Diagrama de bloques de un sonómetro integrador.



Fuente: <https://svantek.com/>

2.1.7 Afectación a la salud humana por los niveles altos de presión sonora

“Las células sensoriales en nuestros oídos nos ayudan a escuchar la exposición a sonidos fuertes durante cualquier período de tiempo causa fatiga en estas células sensoriales. El resultado es una pérdida auditiva temporal o tinnitus. Una persona disfrutando de un concierto ruidoso, por ejemplo, puede experimentar después una audición apagada o un zumbido o pitido en sus oídos (tinnitus). Esto a menudo mejora a medida que las células sensoriales se recuperan. Sin embargo, con la exposición regular, particularmente a ruidos fuertes o prolongados, el daño a las células sensoriales y otras estructuras puede ser permanente, resultando en una pérdida auditiva inducida por ruido irreversible, tinnitus, o ambos. La escucha insegura se refiere a prácticas comunes de escuchar música u otro contenido de audio a niveles altos o durante períodos prolongados. Un sonido de 80 dB es similar al sonido de un timbre de puerta. Las células sensoriales en los oídos pueden comenzar a dañarse por la exposición prolongada a sonidos fuertes. Para la mayoría de las personas, escuchar sonidos a 80 dB durante 40 horas a la semana es el límite de la escucha segura. El tiempo permitido para una escucha segura disminuye a medida que aumentan los niveles de sonido. Por ejemplo, un sonido tan fuerte como 100 dB – el nivel producido por un secador de pelo – solo se puede escuchar de manera segura durante menos de 5 minutos al día. La música en clubes y conciertos a menudo es tan fuerte como 110 dB, y algunos auriculares pueden reproducir música igualmente fuerte cuando el volumen está cerca de, o en, el nivel máximo. Incluso una corta duración de exposición a niveles tan altos de decibelios puede ser perjudicial. La exposición habitual a lo largo del tiempo casi seguramente conduce a tinnitus y pérdida auditiva.” (World Health Organization and International Telecommunication Union, 2022)

2.1.8 Metodología para la medición, cuantificación y determinación del nivel de ruido para fuentes fijas de ruido (FFR)

El nivel de ruido se mide en decibelios (dB). Cuanto más alto es el ruido, más alto son los dB, lo cual los decibelios se pueden ajustar a la audición humana, por lo tanto, el nivel de ruido se escribe en decibelios A (dBA).

Durante este trabajo se realizó un muestreo en series de tomas de 10 datos de 5 segundos de duración cada una, este método se denomina el método de 5 segundos, con estos datos se procede para efectos de cálculo del nivel equivalente continuo de sonido el cual en este trabajo el cual se designa como L_{eq} , cuya definición la expresamos en el siguiente párrafo tomado de la página web de la Academia Svantek.

“El L_{eq} (nivel equivalente continuo de sonido) es una métrica clave en estudios de acústica y ruido, que representa el nivel de sonido promedio durante un período designado. El término «equivalente» indica que la energía combinada de los niveles de sonido fluctuantes durante un período de tiempo es equivalente a la energía de un nivel de sonido constante y no variable durante ese mismo período. ‘continuo’ implica que L_{eq} representa este sonido como si mantuviera un nivel constante durante todo el período observado.” (Academia, svantek.com, 2024)

En base a la serie de datos de decibeles dB obtenida, se calcula el nivel de presión sonora equivalente L_{eq} , el cual, al constar de datos logarítmicos, no pueden promediarse en la forma aritmética convencional, esto es sumando todos los datos y dividiendo para el número de datos, en su lugar el cálculo de L_{eq} se realiza de la siguiente forma.

Fórmula del promedio logarítmico de niveles de ruido en dB.

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$$

L_{eq} = Nivel de presión sonora equivalente (promedio logarítmico de los dB).

n = número de mediciones.

L_i = Nivel de ruido en decibeles en cada medición

2.1.9 Puntos de medición (Acuerdo Ministerial 097-A)

Para efectos de esta norma la medición del ruido específico de una FFR se realizó de la siguiente manera:

Los puntos críticos de afectación (PCA) son determinados en: la evaluación ambiental de ruido y estudios ambientales, o aquellos que son determinados por la Autoridad Ambiental Competente. En sitios y momentos donde la FFR emita los NPS más altos en el perímetro exterior es decir fuera del lindero. (Ambiente, 2015)

2.1.10 Criterios acerca del punto de medición

Se tomará en cuenta el punto de medición considerando el sitio/punto donde el ruido específico es más alto, por fuera de los perímetros, límites físicos, linderos o líneas de fábricas de la FFR. La medición debe tomar en consideración la topografía del medio y la ubicación del PCA. (Ambiente, 2015, pág. 64)

2.1.11 Requisitos de los equipos de medición

EL equipo de medición que se utilizó durante este trabajo es un sonómetro clase 1, también se pudo haber usado uno de clase 2, respecto a la diferencia entre un sonómetro clase 1 y de clase 2, tenemos que de acuerdo al uso que se les dé se clasifican como: Clase 1: empleo en mediciones de precisión en el terreno, Clase 2: utilización en mediciones generales de campo,

respecto a la diferencia entre sonómetros de Clase 1 con los de Clase 2, de acuerdo a lo especificado por Pulsar Instruments, tenemos lo siguiente: *“Los medidores de nivel de sonido de Clase 1 deben medir el sonido en una frecuencia más amplia que los medidores de Clase 2 y cumplir con tolerancias más estrechas para todos los criterios de rendimiento. Por lo tanto, la clase 1 se considera más precisa que la clase 2. Por lo tanto, podemos decir que un medidor de clase 2 tiene tolerancias más amplias y, por lo tanto, es un poco menos preciso, pero para la mayoría de las aplicaciones, la diferencia no es notable y, como los medidores de nivel de sonido de clase 2 tienen un costo menor en comparación con la clase 1, para la mayoría de los usuarios son de clase 2 metros todavía cumplen con el estándar, son lo suficientemente precisos y son adecuados para su propósito.”* (Instruments, 2025), En la siguiente tabla podemos apreciar las tolerancias de los sonómetros de Clase 1 y Clase 2, clasificadas por rangos de frecuencia, la tolerancia es el principal parámetro que nos permite identificar la razón por la cual un de sonómetro Clase 1, tiene mejor desempeño que uno de Clase 2.

Tabla 2: Valores de Tolerancia para Sonómetros Clase 1 y Clase 2 por Frecuencia.

CRITERIO DE DESEMPEÑO: LÍMITES DE TOLERANCIA A FRECUENCIAS DE REFERENCIA (NORMA IEC61672-1:2013)	CLASE 1	CLASE 2
Frecuencia de 16Hz	+ 2.5dB, -4.5dB	+ 5.5dB, -∞Db
Frecuencia de 20Hz	+/- 2,5 dB	+/- 3,5 Db
Frecuencia de 1 kHz	+/- 1,1 dB	+/- 1,4 dB
Frecuencia de 10 kHz	+ 2.6dB, -3.6dB	+ 5,6 dB, -∞Db
Frecuencia de 16 kHz	+ 3,5 dB, -17 dB	+ 6.0dB, -∞Db

Fuente: Pulsar Instruments

2.1.12 Condiciones ambientales de medición

Las mediciones no deben operarse en condiciones adversas que puedan afectar al proceso de medición, por ejemplo: presencia de lluvias, truenos etc. El micrófono debe ser protegido con una pantalla protectora contra el viento durante las mediciones. Por último, las mediciones deben llevarse a cabo, solamente, cuando la velocidad del viento sea igual o menor a 5 m/s.

2.1.13 Ubicación del sonómetro

El sonómetro se instaló sobre un trípode a una altura de 1,80 m de altura desde el suelo, direccionando al micrófono hacia la fuente FFR con una inclinación 90 grados sexagesimales, sobre el plano horizontal.

2.1.14 Métodos para la toma de muestras de ruido y determinación de Leq (El nivel de presión sonora continua equivalente corregido)

Para la medición de ruido total y residual esta norma contempla el uso de dos tipos de métodos que pueden ser usados para el caso que uno requiere

2.1.15 Método de 15 segundos

En este método se tomarán y reportarán un mínimo de 5 muestras, de 15 segundos cada una.

2.1.16 Método de 5 segundos

En este método se tomarán y reportarán un mínimo de 10 muestras, de 5 segundos cada una.

2.2 Marco legal

2.2.1 Acuerdo Ministerial 97-A del Ministerio del Ambiente, Registro Oficial Edición Especial 387 de 04-nov.-2015.

NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO Y METODOLOGÍA DE MEDICIÓN PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES

El objetivo de esta norma es definir horarios, niveles, unidades relacionadas con el ruido emitido por fuentes fijas y móviles, para el caso del presente trabajo, nos centraremos en las

fuentes de ruido fijas, que es el caso que nos ocupa.

“La presente norma técnica es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece: Los niveles máximos de emisión de ruido emitido al medio ambiente por fuentes fijas de ruido (FFR).

Los niveles máximos de emisión de ruido emitido al medio ambiente por fuentes móviles de ruido (FMR).

Los métodos y procedimientos destinados a la determinación del cumplimiento de los niveles máximos de emisión de ruido para FFR y FMR.

1. OBJETO

La presente norma tiene por objeto el preservar la salud y bienestar de las personas y del medio ambiente en general, mediante el establecimiento de niveles máximos de emisión de ruido para FFR y FMR. Están sujetos a las disposiciones de esta norma todas las FFR y FMR, públicos o privados, salvo las siguientes exclusiones: Están sujetos a las disposiciones de esta norma todas las FFR y FMR, públicos o privados, salvo las siguientes exclusiones:

La exposición a la contaminación acústica producida en los ambientes laborales se sujetará al Código de Trabajo y reglamentación correspondiente.

Las aeronaves se regirán a las normas establecidas por la Dirección General de Aviación Civil y los convenios y tratados internacionales ratificados.

Otros determinados por la Autoridad Ambiental Nacional.

2. DEFINICIONES

Para el propósito de esta norma se consideran varias definiciones establecidas en la norma UNE-EN ISO 1996-1:2009, y otras que a continuación se indican:

2.1 Definiciones generales

2.1.1 *Decibel (dB) Unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. El decibel es utilizado para describir niveles de presión sonora en esta norma.*

2.1.2 *Puntos Críticos de Afectación (PCA) Sitios o lugares, cercanos a una FFR, ocupados por receptores sensibles (humanos, fauna, etc.) que requieren de condiciones de tranquilidad y serenidad.*

La definición de cercano en esta norma no se refiere a una distancia en metros, sino se refiere a los sitios o lugares en los cuales se escucha el ruido proveniente de una FFR.

2.1.3 Horarios

Para efectos de aplicación de esta norma, se establecen los siguientes periodos:

DIURNO: De las 07:01 a las 21:00 horas

NOCTURNO: De las 21:01 a las 07:00 horas

2.1.4 Generadores de Electricidad de Emergencia

Para propósitos de esta norma, el término designa al conjunto mecánico de un motor de combustión interna y un generador de electricidad, instalados en una ubicación fija o que puedan ser transportados e instalados en un lugar específico, y que es empleado para la generación de energía eléctrica de emergencia en instalaciones tales como edificios de oficinas

y/o de apartamentos, centros comerciales, hospitales, clínicas, industrias, etc.

2.2 Fuentes

2.2.1 Fuente Emisora de Ruido (FER)

Toda actividad, operación o proceso que genere o pueda generar emisiones de ruido al ambiente, incluyendo ruido proveniente de seres vivos.

2.2.2 Fuente Fija de Ruido (FFR)

Para esta norma, la fuente fija de ruido se considera a una fuente emisora de ruido o a un conjunto de fuentes emisoras de ruido situadas dentro de los límites físicos y legales de un predio ubicado en un lugar fijo o determinado. Ejemplo: de estas fuentes son: metal mecánicas, lavaderos de carros, fabricas, terminales de buses, discotecas, etc.

2.2.3 Fuente Móvil de Ruido (FMR)

Para efectos de la presente norma, se entiende como fuentes móviles de ruido a todo vehículo motorizado que pueda emitir ruido al medio ambiente. Si una FMR se encontrase dentro de los límites de una FFR será considerada como una FER perteneciente a esta última.

2.3 Niveles

2.3.1 Nivel de Presión Sonora (L o NPS)

Diez veces el logaritmo decimal del cuadrado del cociente de una presión sonora cuadrática determinada y la presión acústica de referencia, que se obtiene con una ponderación frecuencial y una ponderación temporal normalizadas. Para efectos de la presente norma la ponderación a usarse será la A o C según el caso y, constante del tiempo LENTO o IMPULSIVO según el caso.

2.3.2 Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (L_{eq})

Diez veces el logaritmo decimal del cuadrado del cociente de una presión sonora cuadrática media durante un intervalo de tiempo determinado y la presión acústica de referencia, que se obtiene con una ponderación frecuencial normalizada.

2.4 Definiciones de tipo de ruido

2.4.1 Ruido Específico

Es el ruido generado y emitido por una FFR o una FMR. Es el que se cuantifica y evalúa para efectos del cumplimiento de los niveles máximos de emisión de ruido establecidos en esta norma a través del L_{Keq} (Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente Corregido). Ver Anexos 2 y 3.

2.4.2 Ruido Residual

Es el ruido que existe en el ambiente donde se lleva a cabo la medición en ausencia del ruido específico en el momento de la medición.

2.4.3 Ruido Total

Es aquel ruido compuesto por el ruido específico y el ruido residual.

4. NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO PARA FFR Y FMR

4.1. Niveles máximos de emisión de ruido para FFR

4.1.1 *El nivel de presión sonora continua equivalente corregido, L_{Keq} en decibeles, obtenido de la evaluación de ruido emitido por una FFR, no podrá exceder los niveles que se fijan en la Tabla 1, de acuerdo con el uso del suelo en que se encuentre.*

Tabla 3: Niveles máximos de emisión de ruido para FFR**Tabla 1:** NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO (L_{Keq}) PARA FUENTES FIJAS DE RUIDO

NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO PARA FFR		
Uso de suelo	L _{Keq} (dB)	
	Periodo Diurno	Periodo Nocturno
	07:01 hasta 21:00 horas	21:01 hasta 07:00 horas
Residencial (R1)	55	45
Equipamiento de Servicios Sociales (EQ1)	55	45
Equipamiento de Servicios Públicos (EQ2)	60	50
Comercial (CM)	60	50
Agrícola Residencial (AR)	65	45
Industrial (ID1/ID2)	65	55
Industrial (ID3/ID4)	70	65
Uso Múltiple	Cuando existan usos de suelo múltiple o combinados se utilizará el L _{Keq} más bajo de cualquiera de los usos de suelo que componen la combinación. Ejemplo: Uso de suelo: Residencial + ID2 L _{Keq} para este caso = Diurno 55 dB y Nocturno 45dB.	
Protección Ecológica (PE) Recursos Naturales (RN)	La determinación del L _{Keq} para estos casos se lo llevara a cabo de acuerdo al procedimiento descrito en el Anexo 4.	

Fuente: Acuerdo Ministerial 97-A del Ministerio del Ambiente, Registro Oficial Edición Especial 387 de 04-nov.-2015

4.1.2 El Anexo 1 define los usos de suelo, que son utilizados en esta norma como referencia para establecer los niveles máximos de ruido (L_{Keq}) para FFR.

4.1.3 La FFR deberá cumplir con los niveles máximos de emisión de ruido en los puntos de medición determinados para la evaluación (Ver 5.2.1), para lo cual deberá obtener de la administración municipal correspondiente, el certificado que indique, el uso de suelo específico en la que se encuentren ubicado.

4.1.4 En aquellas situaciones en que se verifiquen conflictos o inexistencia de la definición del uso de suelo, será la Autoridad ambiental competente la que determine el nivel máximo de emisión de la FFR a ser evaluada en función de los PCA. Si aún la Autoridad ambiental competente no pudiese determinar el nivel máximo de emisión, se deberá aplicar como criterio el objetivo. de esta norma el cual es el preservar la salud y bienestar de las personas y del ambiente.

4.1.5 Es obligación de la FFR en usos de suelo PE y RN realizar un estudio del nivel de ruido ambiental existente en la zona.

Este estudio debe establecer los niveles de ruido ambiental natural típicos (sin lluvias u otro ruido dominante ajeno al que existe naturalmente) para los periodos diurno y nocturnos establecidos en esta norma.” (Ambiente, 2015, pág. 54)

**2.2.2 Suplemento del Registro Oficial No. 423, 22 de diciembre 2006 Normativa:
Vigente Última Reforma: Segundo Suplemento del Registro Oficial 53, 29-IV-
2022**

Esta norma establece la potestad que tiene la autoridad sanitaria nacional, de dictar las normas técnicas en lo referente a los daños que puede originar el ruido en la salud de los ciudadanos, especialmente en el capítulo 3, que es el que se refiere a tema que es materia del presente trabajo.

“Capítulo III CALIDAD DEL AIRE Y DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Art. 111.- La autoridad sanitaria nacional, en coordinación con la autoridad ambiental nacional y otros organismos competentes, dictará las normas técnicas para prevenir y controlar todo tipo de emanaciones que afecten a los sistemas respiratorio, auditivo y visual.

Todas las personas naturales y jurídicas deberán cumplir en forma obligatoria dichas normas.

Art. 112.- Los municipios desarrollarán programas y actividades de monitoreo de la calidad del aire, para prevenir su contaminación por emisiones provenientes de fuentes fijas, móviles y de fenómenos naturales. Los resultados del monitoreo serán reportados periódicamente a las autoridades competentes a fin de implementar sistemas de información y prevención dirigidos a la comunidad. Art. 113.- Toda actividad laboral, productiva, industrial, comercial, recreativa y de diversión; así como las viviendas y otras instalaciones y medios de transporte, deben cumplir con lo dispuesto en las respectivas normas y reglamentos sobre prevención y control,

a fin de evitar la contaminación por ruido, que afecte a la salud humana. (Ecuador, 2006, pág. 13)”

2.2.3 Código Orgánico del Ambiente Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017

El Código Orgánico del Ambiente establece el derecho de la población ecuatoriana a vivir en un ambiente sano, lo cual incluye el aspecto de la contaminación por ruido, y la obligación de la ciudadanía ecuatoriana a sujetarse a procedimientos de evaluación ambiental.

“Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende: 7. La obligación de toda obra, proyecto o actividad, en todas sus fases, de sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental.” (ECUADOR, 2017, pág. 9)

CAPITULO 3

3 Metodología

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación fue cuantitativa experimental en la cual se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia, respecto a este tipo de muestreo, tenemos el siguiente concepto, tomado de la página web del software de estadística ATLASTI.

El muestreo no probabilístico por conveniencia se aplica cuando las muestras están fácilmente accesibles para el investigador, mientras que, en los métodos de muestreo probabilístico, cada integrante de la población tiene una probabilidad conocida de ser seleccionado, mientras que la finalidad del muestreo por conveniencia no es necesariamente obtener muestra representativa de la población. (ATLASTI, 2025)

En el caso del presente trabajo, al tener los 5 puntos geográficamente definidos en función de cada una de las actividades que en ellos se desempeñan, dichos puntos para muestreo de los datos de presión sonora son la mejor disponibilidad presentaron, pues por sus actividades eran fácilmente identificables.

El problema a tratarse, se centra en el cumplimiento de los valores la tabla que nos indica los niveles máximos de emisión de ruido ($L_{k_{eq}}$), para fuentes fijas de ruido FFR, en lo que corresponde al uso de suelo designado como Equipamiento de Servicios Sociales EQ1, con un valor máximo de 55 dB en el período diurno y de 45 dB en el período nocturno, según lo establecido en el Acuerdo Ministerial 97 del Ministerio del Ambiente, Registro Oficial Edición Especial 387 de 04-nov.-2015, por lo tanto se utilizará una metodología de investigación cuantitativa experimental, a fin de determinar la eficacia de los materiales a utilizarse y la cabina en la reducción de la presión sonora emitida por el generador de energía eléctrica de 6500 Watts.

3.2 Enfoque de la investigación

3.2.1 Enfoque cuantitativo

La investigación cuantitativa, se realiza utilizando los datos numéricos emitidos por el equipo sonómetro Elicrom 308, desde diferentes ubicaciones en la periferia de la ubicación de la fuente fija de ruido FFR (generado de energía eléctrica), midiendo valores previamente a la utilización de la cabina insonorizada, la cual dadas las condiciones de la FFR, que presenta la característica de trabajar con diésel que es un combustible altamente inflamable, necesita de una cabina que no propague la llama, es decir de tipo ignífuga, por lo que los materiales deben ser de dicha característica, más allá de este requerimiento constructivo que implica una estructura externa metálica, y un recubrimiento interno con otro material absorbente del ruido , este último material interno, constituirá la variable independiente, en base a la cual, se analiza su incidencia en la variable dependiente, que es el nivel de presión sonora en los diferentes puntos en la periferia del generador de energía eléctrica FFR. Para seleccionar los puntos de muestreo, se consideran las dependencias que se encuentran circundando la FFR, para medir las variables se usara el equipo sonómetro Elicrom 308, según el procedimiento detallado en el Acuerdo Ministerial 97 del Ministerio del Ambiente, Registro Oficial Edición Especial 387 de 04-nov.-2015.

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

Para efectuar la toma de datos, se consideró como población los niveles de presión sonora que se producen en el área circundante a la FFR (generador eléctrico), en los 5 puntos en los cuales se tomará datos con el sonómetro, las características de estos puntos se detallan en el siguiente cuadro, tomando en cuenta la distancia a la FFR y añadiendo como referencia el número de personas que habitualmente se encuentran en cada bloque.

Tabla 4: Puntos críticos de afectación (PCA) en el área circundante a la FFR

PUNTOS	UBICACION	COORDENADAS	DISTANCIA A LA FUENTE SONORA (METROS)	CANTIDAD DE PERSONAS EN CADA ÁREA
1	Generador	17M 606236.73m E, 9757458.74 m S	0	0
2	Bloque B1	17M606232.68m E, 9757462.87m S	4,46	6
3	Sala de Estudiantes	17M606239.44m E, 9757442.78 m S	15,30	6
4	Laboratorios B3	17M606222.03m E, 9757443.03 m S	22,36	12
5	Laboratorios B2	17M606214.38m E, 9757463.48 m S	26,07	12
TOTAL				36

AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

3.3.2 Muestreo

En esta investigación se aplicó muestreo por conveniencia, al tener los puntos de análisis accesibles y definidos unívocamente con coordenadas, y al ser un número limitado de puntos, se selecciona el indicado tipo de muestreo, dado que se cumple el precepto de relación coste-eficacia definido dado que una de las principales ventajas del muestreo de conveniencia es su rentabilidad. Al seleccionar datos fácilmente disponibles, los investigadores pueden reducir significativamente los gastos asociados a la captación de participantes y la recogida de datos, lo cual se basa en lo expresado por Lauren Stewart del equipo del software estadístico ATLASTI:

En este tipo de estudios, particularmente en caso de que nos ocupó, contó con 5 puntos geográficos, relativamente cerca el uno del otro, por lo cual no fue necesario invertir en herramientas de muestreo especializadas, por lo cual el muestreo por conveniencia fue seleccionado como el método adecuado.

En lo referente al cumplimiento de la norma del Acuerdo 097 en lo referente a su punto 5.3.2 en el acápite: Consideraciones para el muestreo, nos indica lo siguiente: 5.3.2 Consideraciones para el muestreo.

Se utilizará el método Leq 5s para medir el ruido total y el residual.

La serie de muestras reportadas se considerará válida, cuando la diferencia entre los valores extremos obtenidos en ella sea menor o igual a 4 dB. Con la finalidad de validar los niveles de ruido durante las mediciones y facilitar el análisis y comparación de las muestras, se reportarán: el NPS mínimo (L_{Amin}) y el NPS máximo (L_{Amax}) medidos de cada muestra.

3.4 Variables dependientes

3.4.1 Nivel de presión sonora (dB)

Esta variable dependiente se la mide con el equipo Sonómetro Elicrom 308, y es el parámetro para determinar si la implementación de la cabina con los materiales seleccionados fue efectiva al momento de tomar las mediciones de presión sonora, posterior al cabinado de la FFR.

3.4.2 Eficacia del material aislante acústico

Se analiza tomando como parámetro el porcentaje de reducción de la presión sonora en los puntos a analizarse, posteriormente a la implementación de la cabina.

3.5 Variables independientes

3.5.1 Material aislante acústico

Adicionalmente a la plancha de tol galvanizado de 1/16" del cual está fabricada la cabina, se adiciona un material que se instala internamente a estructura metálica, dicho material constituye una variable independiente, y se eligen para este trabajo de investigación; cubetas de huevo, placa de aglomerado de madera 30mm, panel acústico de espuma.

3.5.2 Fuente Fija de Ruido (FFR)

La fuente fija de ruido está constituida por un generador de energía eléctrica EAGLE, LT8000EN-6 de 6500Watts de Potencia, con salida de 240 Voltios de corriente alterna y de dimensiones: Largo: 0.73 metros x Ancho: 0.52 metros x 0.65 metros, la cual se ubica al interior del campus María Auxiliadora de la Universidad Politécnica Salesiana Guayaquil, en las coordenadas: 17M 606236.73m E, 9757458.74 m S.

3.6 Materiales para realizar el experimento

Al momento de seleccionar los materiales para realizar el experimento, se analizó previamente sus características fonoabsorbentes, de acuerdo a la necesidad de trabajar con una FFR y de reducir los niveles de presión sonora, adicionalmente el hecho de que la FFR, usa diésel como combustible, y al tener el riesgo de incendio, los materiales deben tener características retardantes a la flama, y en lo posible ser biodegradables, aunque el objetivo principal de este trabajo de investigación es de disminuir la presión sonora, se debe dejar también tomar en cuenta los efectos sobre el medioambiente de los materiales a utilizarse.

Tabla 5: Características de materiales fonoabsorbentes a usarse para recubrimiento interno de cabina insonorizada.

No.	MATERIAL	USO HABITUAL	IMPACTO AMBIENTAL
1	Panel acústico de esponja piramidal 1,00 x 0,80 m	Aislamiento acústico en distintas aplicaciones	Al tratarse de un material sintético, demora más tiempo en biodegradarse que los otros materiales, que se analizan el presente trabajo
2	cubeta de huevos fabricadas con celulosa (fibra vegetal)	transporte y almacenamiento de huevos	tienden a biodegradarse rápidamente dado que son fabricados con fibras vegetales.
3	Placa de aglomerado de madera de 30mm de espesor	construcción de muebles	Se biodegradan rápidamente pues son fabricados con fibras vegetales

AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

3.7 Equipos Utilizados

3.7.1 Sonómetro Elicrom 308

Ilustración 4: Descripción del sonómetro Elicrom 308



Fuente: <https://elicrom.com/>

Ilustración 5: Teclado de Sonómetro Elicrom 308



Fuente: <https://elicrom.com/>

El equipo ELICROM 308 es un sonómetro clase 1 lo cual en términos de tolerancia es el equipo que mejores características presenta dentro de su gama, esto en base a la norma IEC61672-1:2013, la cual nos especifica los límites de tolerancia a determinadas frecuencias, además tiene funciones de analizador de espectro en tiempo real, lo cual indica que tiene la posibilidad de mostrar la potencia de la onda sonora versus la frecuencia. Mide todas las funciones simultáneamente con todas las ponderaciones necesarias para calcular los índices básicos de evaluación acústica según los requerimientos de la norma ISO 1996: Parte 1: Magnitudes básicas y métodos de evaluación, y Parte 2 Determinación de los niveles de presión sonora.

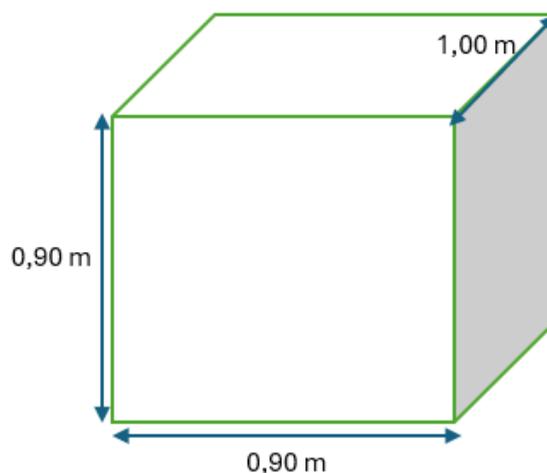
3.7.1.1 Especificaciones del sonómetro Elicrom 308

Precisión	Clase 1
Normas	GB/T 3785.1 – 2010, IEC 60651: 1979, IEC 60804: 2000, IEC 61672 – 1:2013, ANSI S1.4 – 1983, ANSI S1.43 – 1997.
Rango	22 dB(A) a 136 dB(A). Octava: 30 dB a 136 dB
Bandas	1/1 Octava en tiempo real: 8 Hz a 16 kHz en tiempo real de 1/3 de octava: 6,3 Hz a 20 kHz GB/T 3241 – 2010, IEC 61260 – 1:2014, ANSI S1.11-2004 Sistema de base 10.
Micrófono	MPA231T: Micrófono de medición prepolarizado de ½", Clase 1.
Sensibilidad	40M v/Pa
Rango de frecuencia	3 Hz a 20 kHz
Interfaz de micrófono	Conector TNC con fuente de alimentación ICCP (4mA)
Periodo de integración	1s a 24h periodo integral definido por el usuario. Tiempo de repetición: 1-9999
Funciones de medición	LXY(SPL), LXeq, LXYS, LXSEL, LXE, LXYmáx, LXYmin, LXPeak, LXN.
Ponderación de la frecuencia	Simultaneo A, B, C, Z también se puede aplicar a 1/1 y 1/3 de octava.
Ponderación del tiempo	Detección paralela de F, S, I y pico.
Frecuencia de respuesta	10Hz a 20kHz
Rango dinámico	123 dB a 13 dB (A) 136 dB (A))
Rango de peak	47 dB a 139 dB
Pantalla LCD	60 x 160 con luz de fondo blanca, nivel de contraste de 14 pasos, frecuencia de actualización de la pantalla de 1s.
Almacenamiento de datos	Tarjeta MicroSD 4G (Tarjeta TF).
Exportación de datos	Conexión directa al ordenador para leer la tarjeta de almacenamiento.
X es la ponderación de la frecuencia	A, B, C, Z;
Y es la ponderación frecuencial	F, S, I;
N es el porcentaje estadístico	1~99.3 perfiles y 14 personalizaciones.
Fuente de alimentación	4 pilas alcalinas de 1,5 V (LR6/AA/AM3), uso sostenible de aprox. 10 horas (depende de baterías). También se puede alimentar con corriente continua externa (7V a 14V, 500 mA) y con corriente USB (5V 1A).
Condiciones de funcionamiento	Temperatura: -10 °C a 50 °C
Humedad	20% a 90% RH.

3.7.2 Estructura exterior de la cabina insonorizada

Esta estructura está formada por un conjunto de perfiles soldados entre sí de tal manera que forman una cabina, la cual se cierra con tapas empernadas del mismo material del cual están fabricados los perfiles, el material es plancha galvanizada de 1.5 mm de espesor.

Ilustración 6: Dimensiones de la estructura exterior de la cabina insonorizada



Autor: Jorge Eduardo Molina Valarezo

3.8 Elaboración de paneles acústicos

Para la atenuación los niveles de presión sonora originados por el generador de energía eléctrica (FFR) se utilizaron paneles acústicos de 3 tipos de materiales, instalados firmemente al interior de la estructura, metálica realizada en plancha galvanizada de 1,5mm de espesor que confina a la FFR.

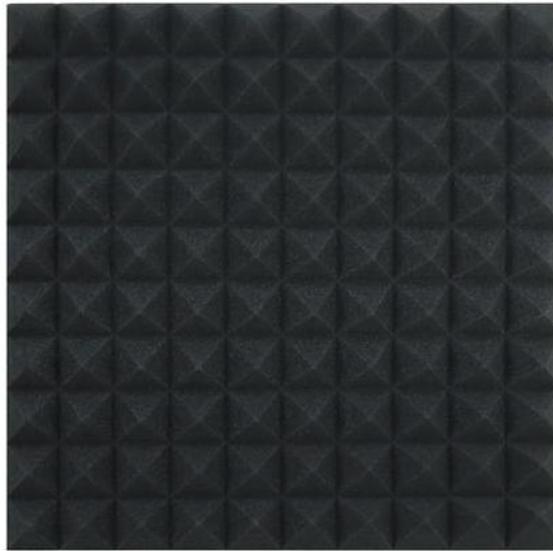
3.8.1 Materiales para la elaboración de los paneles acústicos

3.8.1.1 Panel acústico de esponja piramidal 1,00 x 0,80 m

Constituida por bloques de esponja acústica de diseño piramidal, con factor de absorción acústica NCR (Coeficiente de Reducción de Ruido: 0,9), y una densidad de 25 Kg/m^3 , con un

espesor de 0,05 metros, cada placa viene en dimensiones 1,00 x 0,80 m, fabricado en material retardante a la llama, también conocida como espuma acústica.

Ilustración 7: Panel acústico de esponja piramidal 1,00 x 0,80 m



Fuente: DB Cover

De acuerdo a lo indicado por el fabricante de materiales fonoabsorbentes DB COVER las características de los paneles acústicos de esponja piramidal, que favorecen sus cualidades de absorción sonora, son que están contruidos con materiales absorbentes de tipo poroso o celda abierta, para generar absorción acústica ofrecen resistencia al flujo de aire que es el medio por el cual viaja la onda sonora, esta energía se transforma en calor que se almacena en el material fonoabsorbente, de esta manera se reduce la amplitud de la onda sonora, la efectividad del material fonoabsorbente se mide coeficiente de absorción, expresado con el símbolo α , estos valores pueden ir desde 0 hasta 1, y en porcentaje desde 0% hasta 100% respectivamente, incluso la esponja acústica puede tener su superficie en forma de pirámides o alveolos, lo cual incrementa el coeficiente de absorción en valores superiores a 1, por lo cual, entramos en el campo de lo que se denomina cámara reverberante. (DB COVER, 2025)

3.8.1.2 *Cubeta de huevos fabricadas con celulosa (fibra vegetal)*

En el artículo científico titulado: Aprovechamiento de la fibra de coco y cajas de huevo como aislantes acústicos residenciales publicado en la Revista de Iniciación Científica Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, se evalúa las propiedades de las cajas de huevo como aislantes acústicos, en este estudio, se analizó las propiedad como materiales fonoabsorbentes de las cajas de huevo, y de paneles fabricados con fibra de coco, usando como fuentes generador de sonido aplicativos de teléfonos móviles para generar ondas sonoras a distinta frecuencia y poder ampliar el experimento a un espectro de análisis frecuencial, se realizó las mediciones de los niveles de presión sonora mediante equipos Risepro y Tacklife, obteniendo como resultado que los niveles de presión sonora, disminuyeron en valores del rango de 5 dB a 8 dB. (Quintero, Nieto, Ríos, & Marin, 2022). Por lo tanto, procedemos a seleccionar como otro de los materiales a ser analizados en el experimento a las cajas de huevo, cuya fabricación se realiza con fibra vegetal.

3.8.1.3 *Placa de aglomerado de madera de 0,03 m de espesor*

En lo que respecta a este material, según el detalle expuesto por la empresa fabricante de aglomerados SUDESA de España, se tiene la siguiente información: el aglomerado de madera es de consistencia uniforme y está formado por finas partículas compactadas, por lo regular se lo utiliza para muebles de oficina, de hogar, y para el recubrimiento acústico de dichos espacios por sus buenas propiedades como aislante acústico. (SUDESA, 2025)

3.8.2 *Cálculo de la cantidad de paneles fonoabsorbentes de ruido*

Las dimensiones del generador de 6500 Watts son de 0,73m x 0,52m x 0,65m; largo x ancho x altura, por lo cual se diseñó y procedió a construir la cabina en plancha galvanizada de dimensiones 1m x 0,90m x 0,90m; largo x ancho x altura, en la construcción de dicha cabina se consideró el espacio y la ventilación necesaria, para el funcionamiento del generador, con cada

uno de los materiales fonoabsorbentes, se construyó los respectivos paneles y se procedió a realizar la toma de datos con el generador (FFR), funcionando, cabe destacar que los 5 paneles de los que se conforma la cabina tienen las siguientes dimensiones:

Tabla 6: Dimensiones y área de los paneles de plancha galvanizada que forman la estructura metálica de la cabina insonorizada

PANELES	DIMENSIONES (m)	AREA (m ²)
Panel lateral derecho	0,90 x 1,00	0,90
Panel lateral izquierdo	0,90 x 1,00	0,90
Puertas frontales x 2	0,45 x 0,90	0,81
Panel posterior	0,90 x 0,90	0,81
Panel superior	0,90 x 1,00	0,90
TOTALES		4,32

AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

De lo calculado en el cuadro anterior se necesita 4,32 m², de panel fonoabsorbente a fin de recubrir el interior de la cabina.

3.8.2.1 Panel acústico de esponja piramidal 1,00 x 0,80 m

En lo que respecta a este material, cada placa tiene un área de 0,80 m² por lo cual, para poder recubrir el interior de la cabina, se necesitó 6 paneles, con el respectivo pegamento.

3.8.2.2 Cubeta de huevos fabricadas con celulosa (fibra vegetal)

Cada cubeta de huevos tiene dimensiones 0,29 x 0,29 m, por lo tanto, dicha cubeta aporta con un área de 0,08 m², de lo cual podemos indicar, que se necesitaron 54 cubetas de huevos, es importante anotar que este material, es reutilizable, por lo tanto, cumple con regla de las tres R, que indican lo siguiente: Reducir, reutilizar y reciclar: para alcanzar un modelo de consumo sostenible.

Esta regla fue presentada por el primer ministro de Japón, Junichiro Koizumi, durante la cumbre del G8 en junio de 2004. Entonces ya quedó claro que la iniciativa 3R «tiene como

objetivo **promover las "3R" a nivel mundial** a fin de construir una sociedad de ciclo sólido de materiales mediante el uso eficaz de recursos. (DKV, 2024)

3.8.2.3 Placa de aglomerado de madera de 0,03m de espesor

Cada placa de aglomerado de madera tiene 0,60 x 0,30 m, por lo tanto, su área es de 0,18 m² en total se necesitaron 24 placas de aglomerado de madera de 0,03m de espesor, para cubrir el interior de la cabina del generador.

3.9 Método de experimentación

En primera instancia, con el generador apagado (OFF), sin cabinar que es nuestra FFR ubicado el Punto 1, procedimos a tomar datos de presión sonora (dB) con el sonómetro Elicrom 308, en los puntos del 1 al 5, usando el método de los 5 segundos, se registraron estos datos usando 2 decimales, y se calculó el L_{eq} para este caso, a continuación activamos el generador (ON) sin cabina, y volvimos a tomar los datos de presión sonora (dB), en los puntos designados del 1 al 5, durante 3 días, de la misma forma se registran los datos con 2 decimales y se calcularon los respectivos L_{eq} . la tercera fase del experimento, consistió en recubrir internamente la estructura metálica de la cabina del generador, en cada toma de datos con cada uno de los 3 materiales para la elaboración de los paneles acústicos, en cada caso se aplica el método de los 5 segundos para determinar el L_{eq} correspondiente, y se procede a comparar con los valores de L_{keq} , indicado para el uso de suelo y horario correspondiente al presente trabajo, seleccionando como el material óptimo para la elaboración de la cabina insonorizada para la FFR, el material acústico que cumpla con los Tabla 1 Niveles Máximos L_{Keq} para FFR según Acuerdo 097A

3.10 Metodología para monitoreo

3.10.1 Ubicación del sonómetro

El sonómetro se colocó sobre un trípode ubicado a una altura de 1,8 m de altura desde el suelo, direccionando el micrófono hacia la fuente con una inclinación de 90 grados, sobre su plano

horizontal. Durante la medición el operador estuvo estar alejado del equipo, al menos 1 metro, según lo establecido en la norma respectiva que es el acuerdo ministerial 097A.

3.11 Metodología para determinar los niveles del ruido específico y el Lkeq

3.11.1 Método de 5 segundos (Leq 5s)

En este trabajo experimental se aplicó el método de los 5 segundos, lo cual implica que se tomaron y reportaron un mínimo de 10 muestras, de 5 segundos cada una. (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

3.12 Estudio

El material seleccionado para el revestimiento interno de la cabina del generador fue, el panel acústico de esponja piramidal 0,5m x 0,5m, con un factor de absorción acústica NCR (Coeficiente de Reducción de Ruido: 0.9), en la fase de pruebas se realizaron las mediciones con otros materiales pero el que mejores prestaciones brindó fue la que se indica en este párrafo, adicionalmente el hecho de que el material es de tipo ignífugo es decir del tipo que no propaga la llama, lo cual es indispensable, debido a que el generador de energía eléctrica, utiliza diésel para su funcionamiento, y existe el riesgo de que al generarse una chispa en un medio donde hay combustible y aceite, se inicie un incendio.

CAPITULO 4

4 Resultados

La evaluación de los niveles de presión sonora se realizó conforme al Decreto Ejecutivo 2393 y Acuerdo Ministerial 097-A. De acuerdo con las normas indicadas para el uso de suelo Equipamiento de Servicios Sociales (EQ1) por lo tanto los límites máximos permisibles (LMP) a cumplir son los siguientes:

Período Diurno (07:01 hasta 2 T1:00): **55 dB**

Período Nocturno (21:01 hasta 07:00): **45 dB**

4.1 Resultados y análisis de las mediciones de presión sonora con el generador de energía eléctrica apagado (OFF), sin cabina insonorizada.

4.1.1 Fecha de toma de datos: 26 de noviembre de 2024.

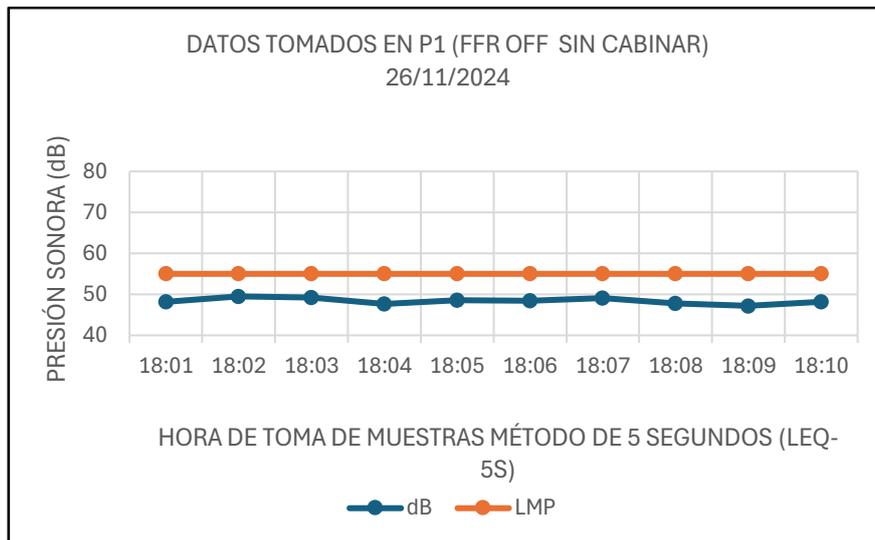
Tabla 7: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en OFF sin cabina insonorizada.

PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
1	Generador	17 M 606236.73m E		9757458.74 m S			0			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:01	18:02	18:03	18:04	18:05	18:06	18:07	18:08	18:09	18:10
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	48,20	49,50	49,20	47,60	48,60	48,50	49,10	47,80	47,20	48,20
Leq	48,45									
(Lam _{máx})	49,5									
(Lamin)	47,2									
Rango	2,3									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
2	Bloque 1	17M606232.68m E		9757462.87m S			4,47			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:12	18:13	18:14	18:15	18:16	18:17	18:18	18:19	18:20	18:21
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	46,9	49,3	49,2	47,3	45,5	46	47	45,9	46,5	48,4
Leq	47,40									
(Lam _{máx})	49,30									
(Lamin)	45,50									
Rango	3,80									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
3	Sala de Estudiantes	17M606239.44m E		9757463.48 m S			15,3			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:23	18:24	18:25	18:26	18:27	18:28	18:29	18:30	18:31	18:32
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	48,1	48,3	47,2	46,2	45,8	46,4	46,7	48,3	48,8	51
Leq	47,95									
(Lam _{máx})	49,80									
(Lamin)	45,80									
Rango	4,00									

PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
4	Bloque 3	17M606222.03m E			9757443.03 m S		22,36			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:34	18:35	18:36	18:37	18:38	18:39	18:40	18:41	18:42	18:43
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	55	50,1	51,5	49,7	52,2	53,6	52,4	52,7	53,7	51,8
Leq	52,54									
(Lam _{ax})	55,00									
(Lam _{in})	49,70									
Rango	5,30									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
5	Bloque 2	17M606214.38m E			9757463.48 m S		26,07			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:44	18:45	18:46	18:47	18:48	18:49	18:50	18:51	18:52	18:53
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	49,6	50,3	51,2	51,5	50,6	50	50,1	48,9	49,6	50,4
Leq	50,28									
(Lam _{ax})	51,50									
(Lam _{in})	48,90									
Rango	2,60									

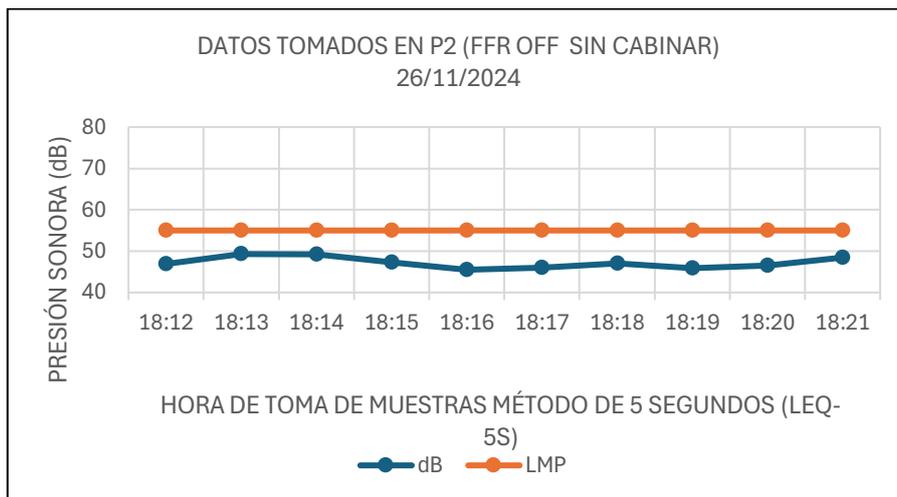
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 8: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en OFF sin cabina insonorizada en la ubicación P1



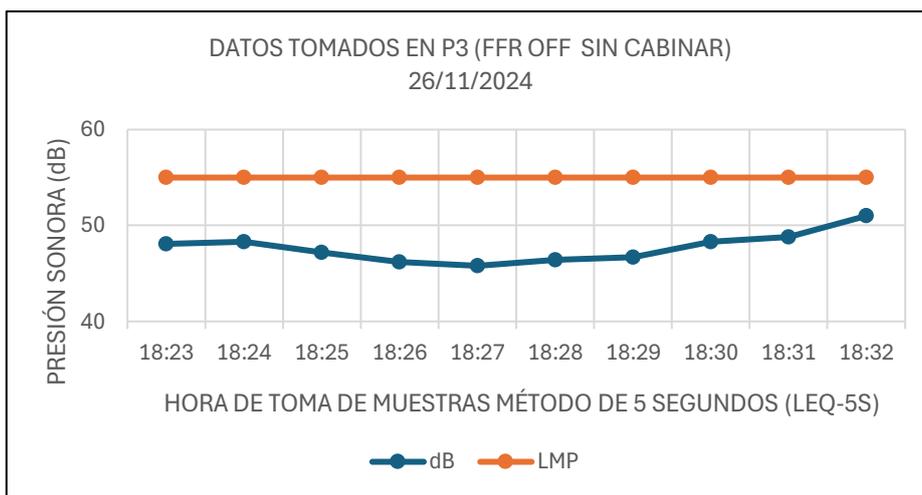
Autor: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 9: Valores, obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en OFF sin cabina insonorizada en la ubicación P2



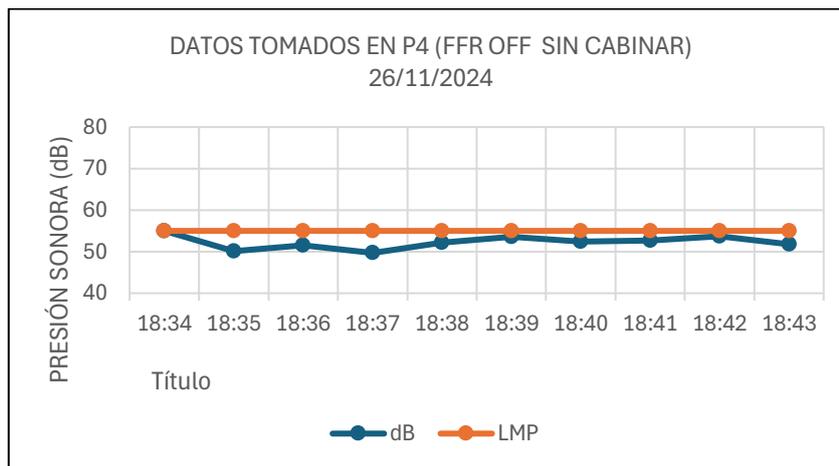
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 10: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en OFF sin cabina insonorizada en la ubicación P3



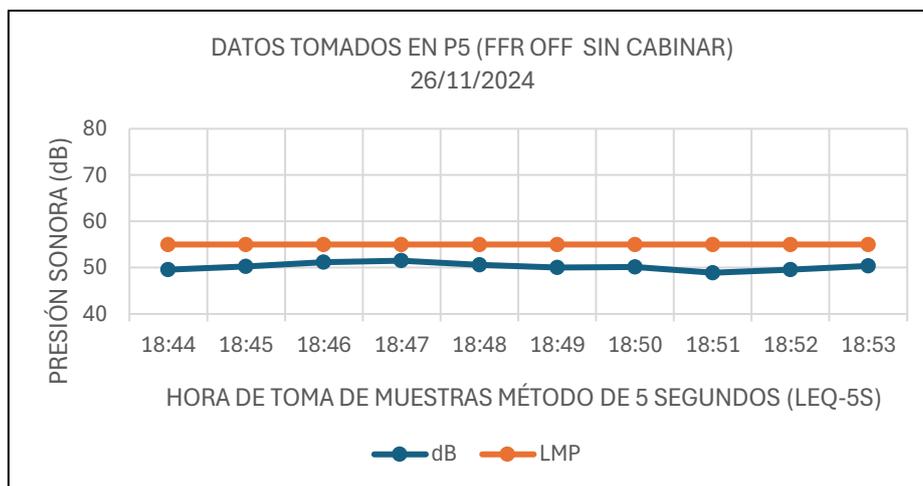
AUTOR:Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 11: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en OFF sin cabina insonorizada en la ubicación P4.



AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo.

Ilustración 12: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en OFF sin cabina insonorizada en la ubicación P5.



AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo.

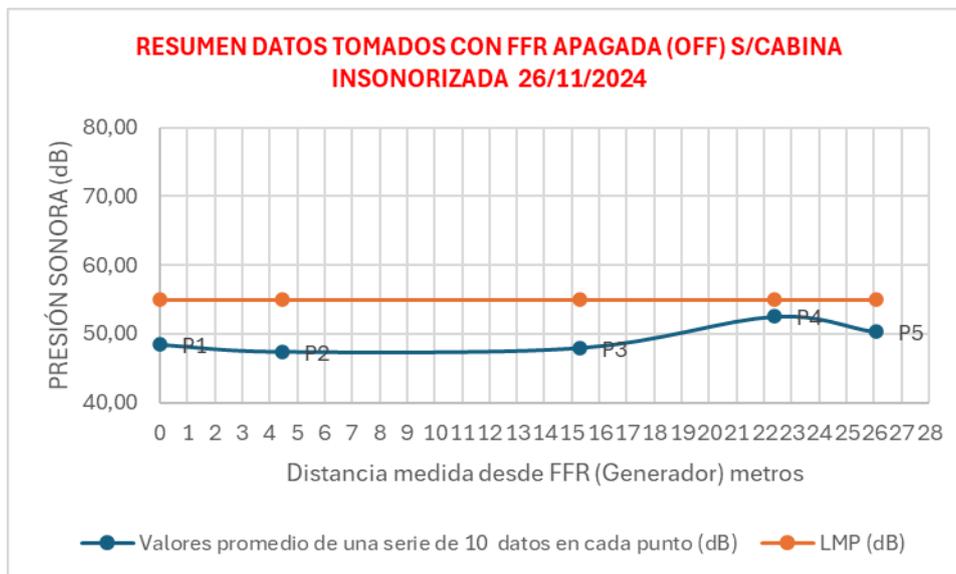
4.1.2 Resumen de datos de presión sonora con el generador de energía eléctrica apagado (OFF), sin cabina insonorizada, 26 de noviembre 2024.

Tabla 8: Valores promedio en dB de la serie de 10 datos obtenida con FFR: OFF y sin cabina insonorizada.

RESUMEN DATOS TOMADOS CON FFR APAGADA (OFF) SIN CABINA INSONORIZADA 26/11/2024			
PUNTO	Distancias medidas desde FFR (Generador)	Valores promedio de una serie de 10 datos en cada punto (dB)	LMP (dB)
1	0	48,45	55,00
2	4,47	47,40	55,00
3	15,3	47,95	55,00
4	22,36	52,54	55,00
5	26,07	50,28	55,00

AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo.

Ilustración 13: Gráfico dB vs metros, obtenido con FFR OFF, sin cabina insonorizada.



AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Análisis: En la **Ilustración 13**, apreciamos la variación de la presión sonora (dB) en función de la distancia desde la FFR la cual esta apagada, estos valores se originaron por fuentes de ruido ambiental, como: conversaciones, vehículos en zonas aledañas, son el promedio de series

de 10 datos en cada uno de los 5 puntos, y en todos los casos fueron menores que el LMP de 55 dB.

4.2 Resultados y análisis de las mediciones de presión sonora con el generador de energía eléctrica encendido (ON), sin cabina insonorizada.

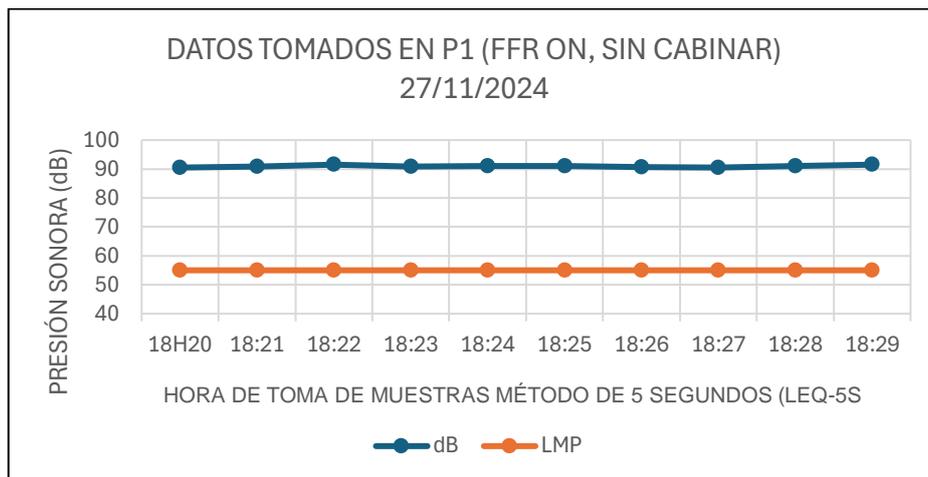
4.2.1 Fecha de toma de datos: 27 de noviembre del 2024.

Tabla 9: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en ON, sin cabina insonorizada 27/11/2024.

PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
1	Generador	17 M 606236.73m E		9757458.74 m S			0			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18H20	18:21	18:22	18:23	18:24	18:25	18:26	18:27	18:28	18:29
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	90,5	90,8	91,5	90,8	91,1	91	90,6	90,5	91,1	91,5
Leq	90,95									
(Lam _{ax})	91,5									
(Lamin)	90,5									
Rango	1									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
2	Bloque 1	17M606232.68m E		9757462.87m S			4,47			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	19:00	19:01	19:02	19:03	19:04	19:05	19:06	19:07	19:08	19:09
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	76	75,8	74,5	74,7	75,6	75,4	75,5	75,6	76,2	75,8
Leq	75,54									
(Lam _{ax})	76,20									
(Lamin)	74,50									
Rango	1,70									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
3	Sala de Estudiantes	17M606239.44m E		9757463.48 m S			15,3			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:40	18:41	18:42	18:43	18:44	18:45	18:46	18:47	18:48	18:49
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	72,9	73,3	71,8	72,9	72,1	73,4	74,5	71,2	73,8	72,5
Leq	72,94									
(Lam _{ax})	74,50									
(Lamin)	71,20									
Rango	3,30									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
4	Bloque 3	17M606222.03m E		9757443.03 m S			22,36			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:50	18:51	18:52	18:53	18:54	18:55	18:56	18:57	18:58	18:59
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	72,1	73,5	72,7	72	71,9	71,8	71,6	71,4	74,3	71,3
Leq	72,36									
(Lam _{ax})	74,30									
(Lamin)	71,30									
Rango	3,00									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
5	Bloque 2	17M606214.38m E		9757463.48 m S			26,07			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:44	18:45	18:46	18:47	18:48	18:49	18:50	18:51	18:52	18:53
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	72,1	73,5	72,7	72	71,09	71,8	71,6	71,4	72,3	71,3
Leq	72,04									
(Lam _{ax})	73,50									
(Lamin)	71,09									
Rango	2,41									

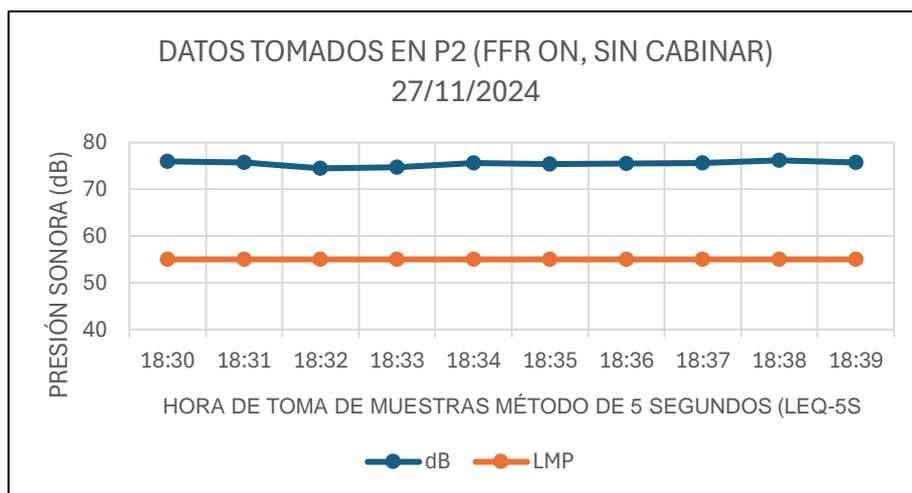
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 14: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, sin cabina insonorizada en la ubicación P1 el 27/11/2024.



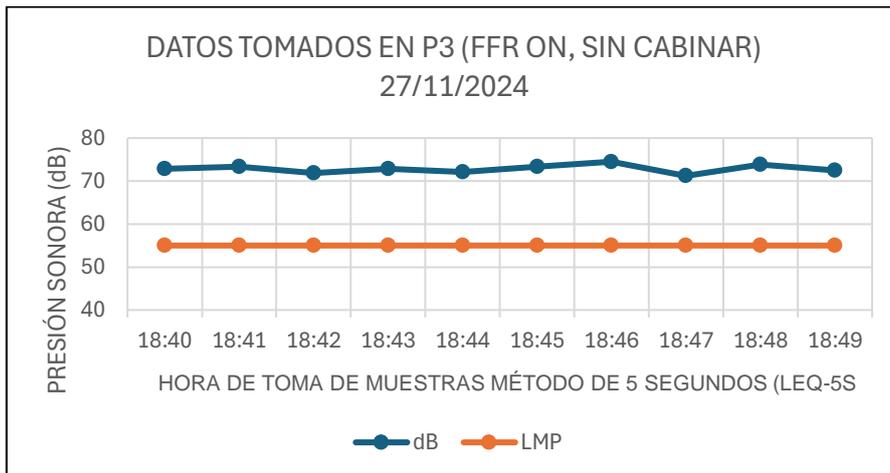
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 15: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P2 el 27/11/2024.



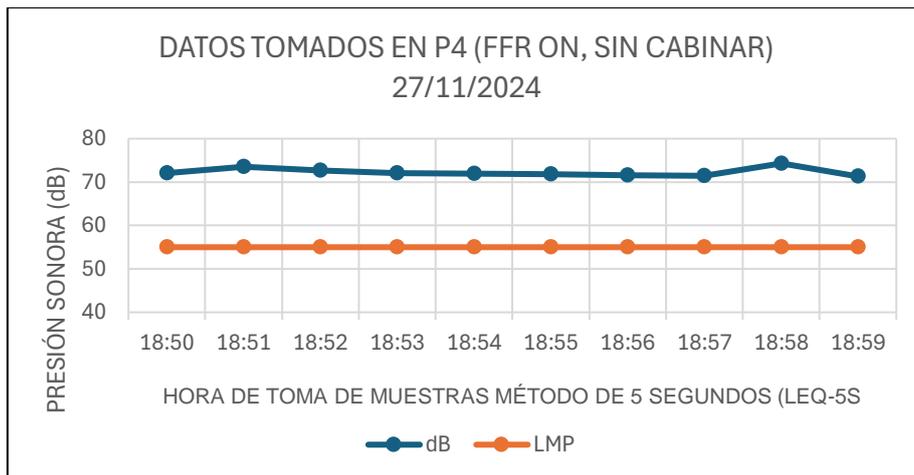
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 16: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P3 el 27/11/2024.



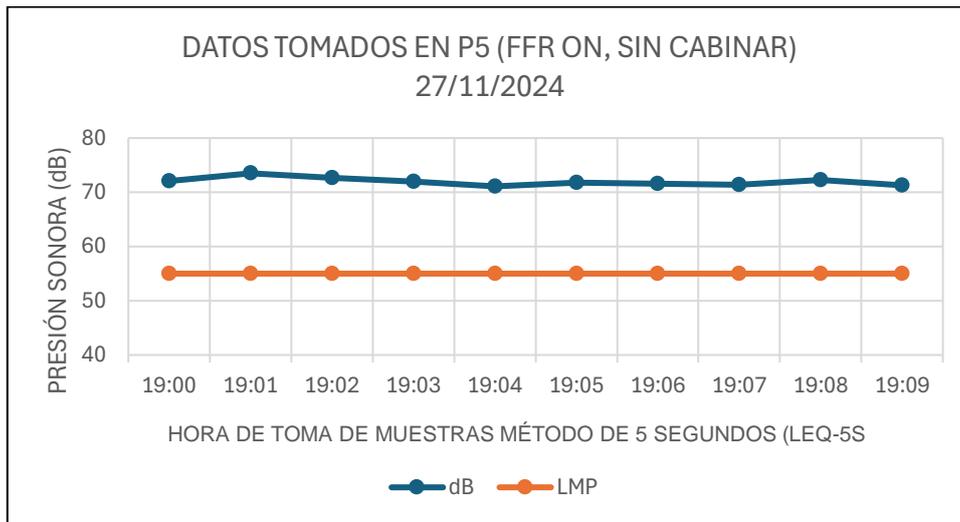
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 17: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P4 el 27/11/2024.



AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 18: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P5 el 27/11/2024.



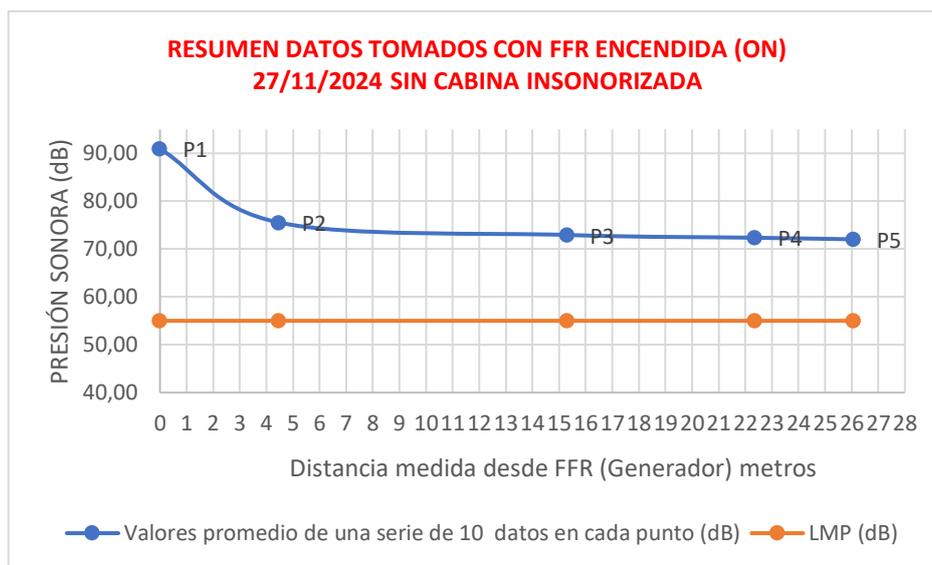
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

4.2.2 Resumen de datos de presión sonora con el generador de energía eléctrica encendido (ON), sin cabina insonorizada, 27 de noviembre 2024.

Tabla 10: Valores promedio en dB de la serie de 10 datos obtenida con FFR: ON, sin cabina insonorizada

RESUMEN DATOS TOMADOS CON FFR ENCENDIDA (ON) 27/11/2024 SIN CABINA INSONORIZADA			
PUNTO	Distancias medidas desde FFR (Generador)	Valores promedio de una serie de 10 datos en cada punto (dB)	LMP (dB)
1	0	90,95	55,00
2	4,47	75,54	55,00
3	15,3	72,94	55,00
4	22,36	72,36	55,00
5	26,07	72,04	55,00

AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 19: Gráfico dB vs metros, obtenido con FFR ON, sin cabina insonorizada el 27/11/2024

AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Análisis: En la **Ilustración 19**, registramos la presión sonora (dB) versus la distancia desde la FFR la cual esta encendida, estos valores son el promedio de una serie de 10 datos en cada uno de los 5 puntos, en todos los casos superaron al LMP de 55 dB, a mayor distancia, menor presión sonora, datos del 27 de noviembre del 2024, con un máximo de 90,95 dB y un mínimo de 72,04 dB.

4.2.3 Fecha de toma de datos: 29 de noviembre del 2024.

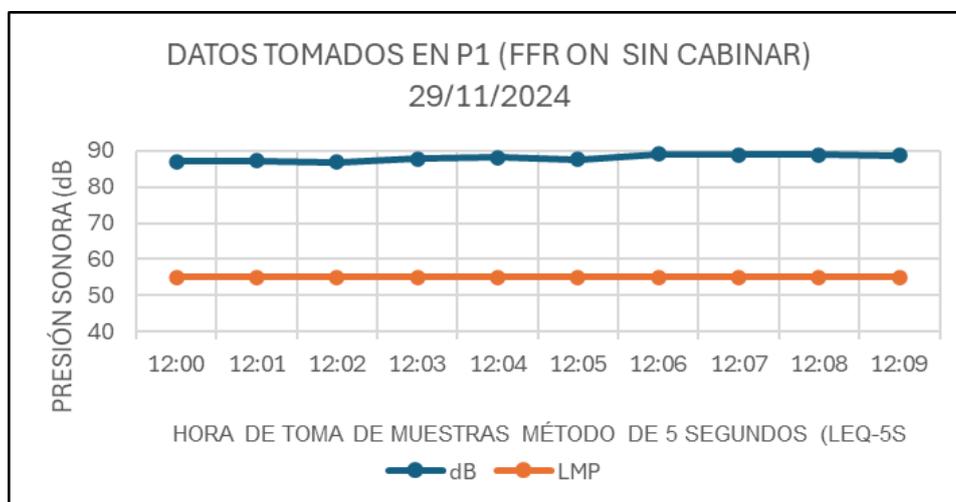
Tabla 11: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en ON, sin cabina insonorizada 29/11/2024

PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
1	Generador	17 M 606236.73m E		9757458.74 m S			0			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	12:00	12:01	12:02	12:03	12:04	12:05	12:06	12:07	12:08	12:09
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	87	87,2	86,9	87,8	88,2	87,5	89	88,8	88,9	88,7
Leq	88,07									
(Lam _{ax})	89									
(Lam _{in})	86,9									
Rango	2,1									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
2	Bloque 1	17M606232.68m E		9757462.87m S			4,47			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	12:10	12:11	12:12	12:13	12:14	12:15	12:16	12:17	12:18	12:19
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	76,1	76,3	76,4	76,5	76,7	77	77,2	77,4	77,7	77,9
Leq	76,96									
(Lam _{ax})	77,90									
(Lam _{in})	76,10									
Rango	1,80									

PUNTO			COORDENADAS				DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
3	Sala de Estudiantes		17M606239.44m E		9757463.48 m S		15,3			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	12:20	12:21	12:22	12:23	12:24	12:25	12:26	12:27	12:28	12:29
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	73,1	72,6	74,1	74,2	72,9	73,3	73,4	73,6	74,9	74,5
Leq	73,72									
(Lam _{ax})	74,90									
(Lamin)	72,60									
Rango	2,30									
PUNTO			COORDENADAS				DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
4	Bloque 3		17M606222.03m E		9757443.03 m S		22,36			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	12:30	12:31	12:32	12:33	12:34	12:35	12:36	12:37	12:38	12:39
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	72,1	71,7	71,4	71,5	71,8	72	71,6	72,4	72,9	72,7
Leq	72,04									
(Lam _{ax})	72,90									
(Lamin)	71,40									
Rango	1,50									
PUNTO			COORDENADAS				DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
5	Bloque 2		17M606214.38m E		9757463.48 m S		26,07			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	12:40	12:41	12:42	12:43	12:44	12:45	12:46	12:47	12:48	12:49
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	68,5	68,6	67,4	67,6	67,7	68,2	67,9	68,5	68,4	68,1
Leq	68,11									
(Lam _{ax})	68,60									
(Lamin)	67,40									
Rango	1,20									

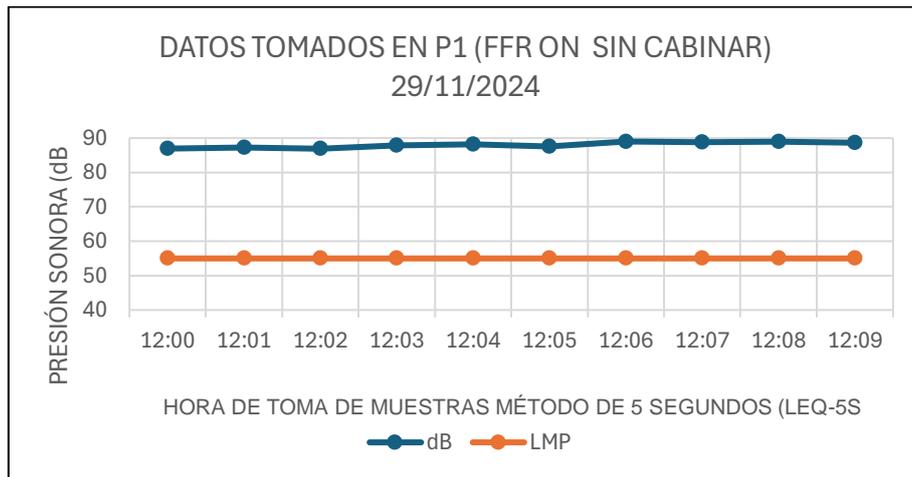
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 20 Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P1 el 29/11/2024.



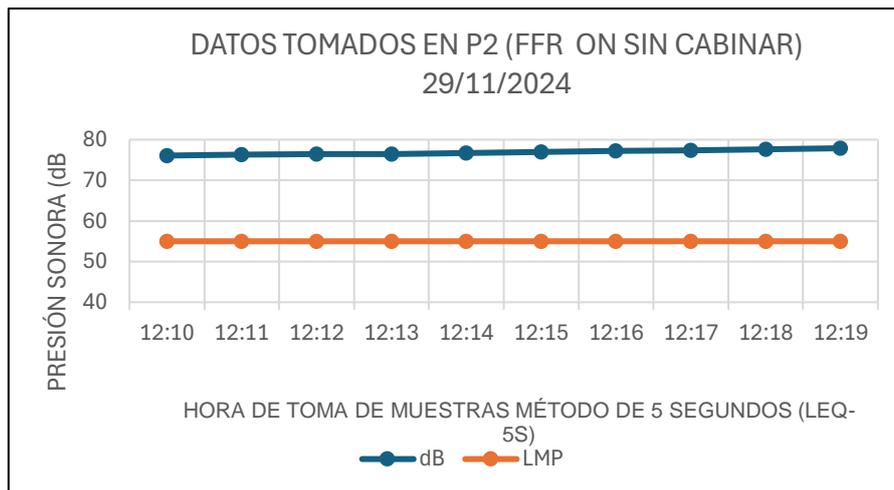
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 21: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P1 el 29/11/2024.



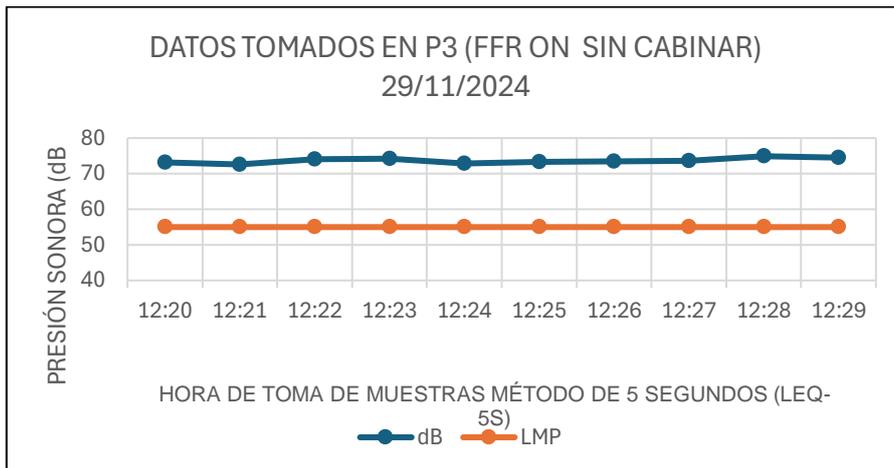
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 22: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P2 el 29/11/2024.



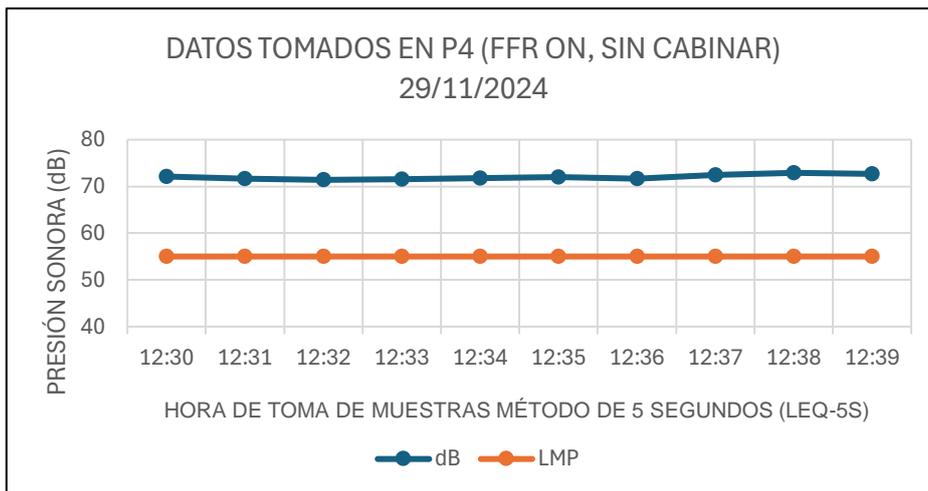
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 23: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P3 en 29/11/2024.



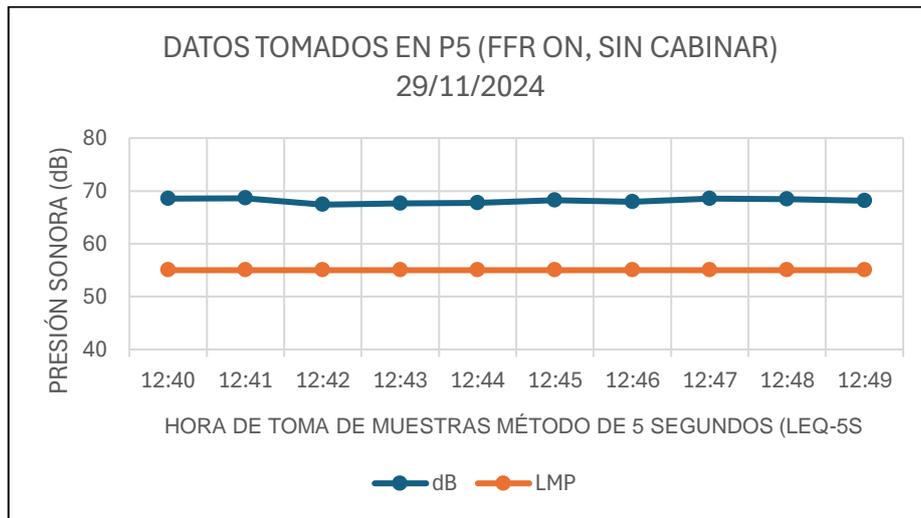
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 24: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P4 el 29/11/2024.



AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 25: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P4 el 29/11/2024.



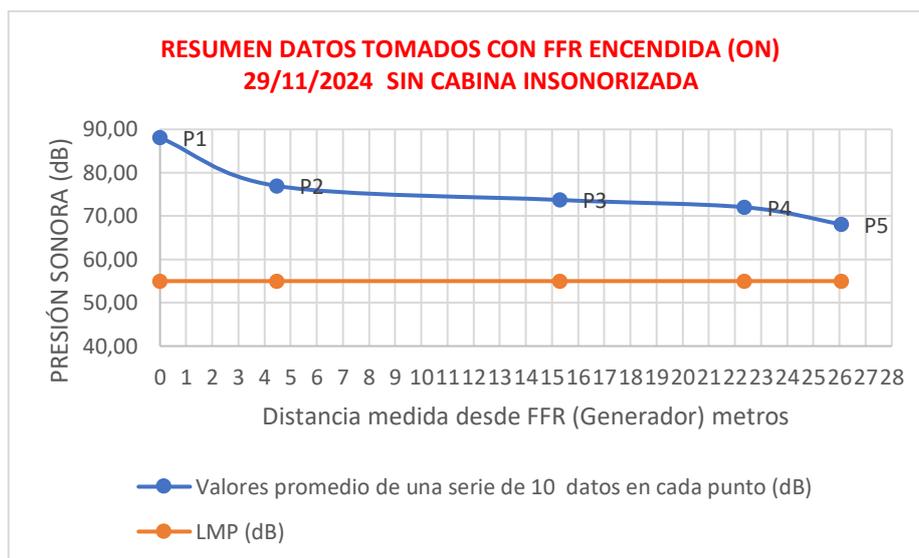
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

4.2.4 Resumen de datos de presión sonora con el generador de energía eléctrica encendido (ON), sin cabina insonorizada, 29 de noviembre 2024.

Tabla 12: Valores promedio en dB de la serie de 10 datos obtenida con FFR: ON, sin cabina insonorizada 29/11/2024.

RESUMEN DATOS TOMADOS CON FFR ENCENDIDA (ON) 29/11/2024 SIN CABINA INSONORIZADA			
PUNTO	Distancias medidas desde FFR (Generador)	Valores promedio de una serie de 10 datos en cada punto (dB)	LMP (dB)
1	0	88,07	55,00
2	4,47	76,96	55,00
3	15,3	73,72	55,00
4	22,36	72,04	55,00
5	26,07	68,11	55,00

AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 26: Gráfico dB vs metros, obtenido con FFR ON, sin cabina insonorizada el 29/11/2024

AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Análisis: en la **Ilustración 26**, registramos la presión sonora (dB) versus la distancia desde la FFR la cual esta encendida, estos valores, son estos valores, son el promedio de una serie de 10 datos en cada uno de los 5 puntos, en todos los casos superaron al LMP de 55 dB, a mayor distancia, menor presión sonora, datos del 29 de noviembre del 2024, con un máximo de 88,07 dB y un mínimo de 68,11 dB.

4.2.5 Fecha de toma de datos: 02 de diciembre del 2024.

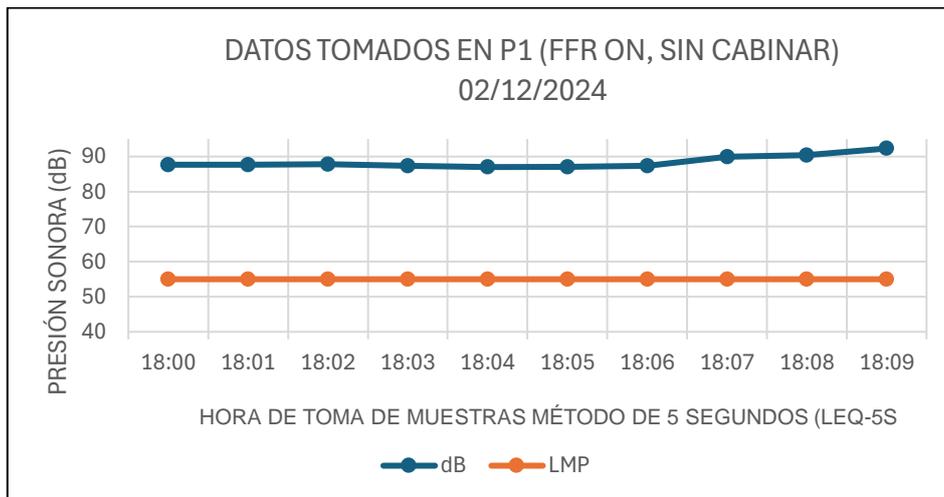
Tabla 13: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, sin cabina insonorizada 02/12/2024

PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
1	Generador	17 M 606236.73m E		9757458.74 m S			0			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:00	18:01	18:02	18:03	18:04	18:05	18:06	18:07	18:08	18:09
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	87,6	87,7	87,8	87,4	87	87,1	87,3	90	90,4	92,3
Leq	88,84									
(Lam ^{ax})	92,3									
(Lamin)	87									
Rango	5,3									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
2	Bloque 1	17M606232.68m E		9757462.87m S			4,47			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:10	18:11	18:12	18:13	18:14	18:15	18:16	18:17	18:18	18:19
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	71,5	71,6	72,1	71,4	70,7	70,1	69,6	69	68,2	68,4
Leq	70,46									
(Lam ^{ax})	72,10									
(Lamin)	68,20									
Rango	3,90									

PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
3	Sala de Estudiantes	17M606239.44m E			9757463.48 m S		15,3			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:20	18:21	18:22	18:23	18:24	18:25	18:26	18:27	18:28	18:29
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	73,1	72,4	72,6	72,7	73	72,8	72,5	73,1	73,2	72,6
Leq	72,81									
(Lam _{ax})	73,20									
(Lam _{in})	72,40									
Rango	0,80									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
4	Bloque 3	17M606222.03m E			9757443.03 m S		22,36			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:30	18:31	18:32	18:33	18:34	18:35	18:36	18:37	18:38	18:39
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	72,3	72,7	71,8	71,2	70,5	69,9	69,2	69,3	69,3	70,4
Leq	70,84									
(Lam _{ax})	72,70									
(Lam _{in})	69,20									
Rango	3,50									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
5	Bloque 2	17M606214.38m E			9757463.48 m S		26,07			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:40	18:41	18:42	18:43	18:44	18:45	18:46	18:47	18:48	18:49
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	72,2	72,3	71,8	71,1	70,5	70	69,5	68,8	68,6	68,5
Leq	70,56									
(Lam _{ax})	72,30									
(Lam _{in})	68,50									
Rango	3,80									

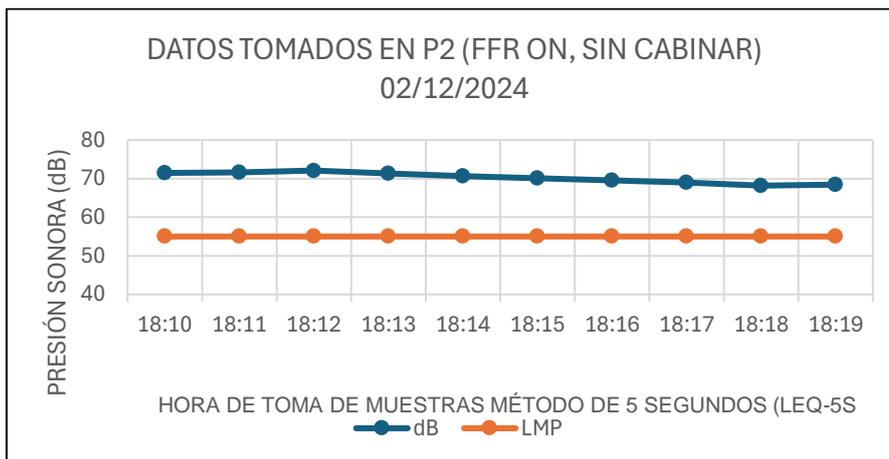
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 27: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, sin cabina insonorizada en la ubicación P1 el 02/12/2024.



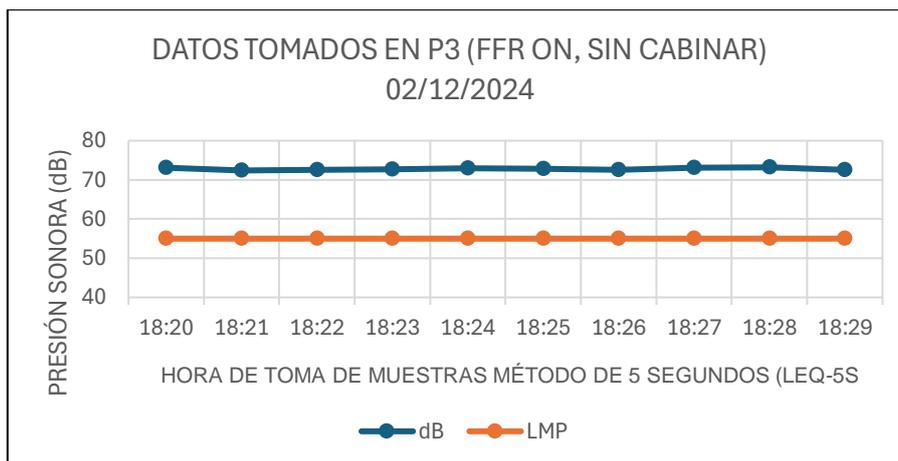
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 28: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P2 el 02/12/2024.



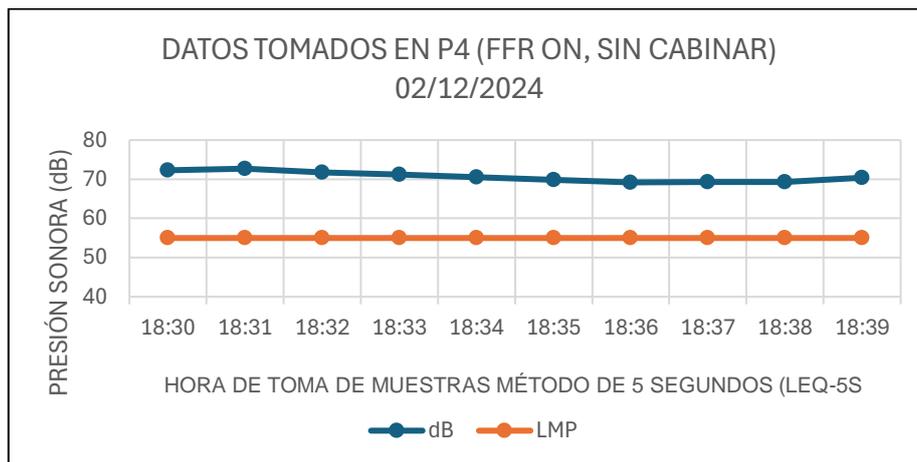
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 29: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del en ON sin cabina insonorizada en la ubicación P3 el 02/12/2024.



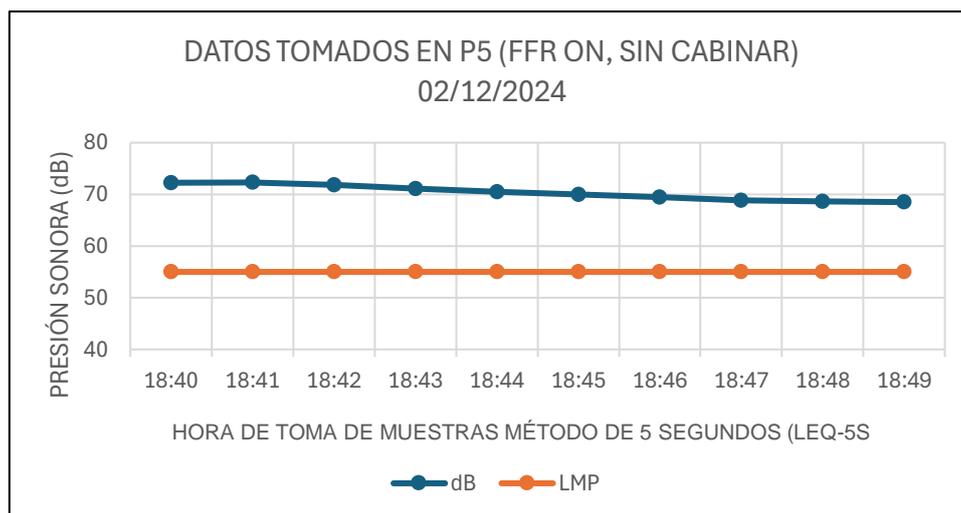
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 30: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, sin cabina insonorizada en la ubicación P4 el 02/12/2024.



AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 31: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, sin cabina insonorizada en la ubicación P5 el 02/12/2024.



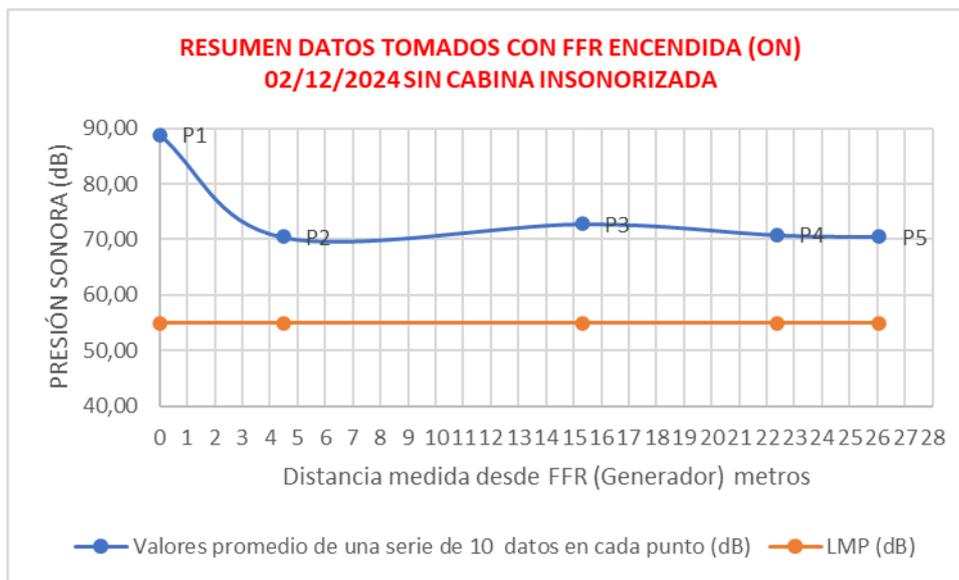
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

4.2.6 Resumen de datos de presión sonora con el generador de energía eléctrica encendido (ON), sin cabina insonorizada, 02 de diciembre del 2024.

Tabla 14: Valores promedio en dB de la serie de 10 datos obtenida con FFR: ON, sin cabina insonorizada 02/12/2024.

RESUMEN DATOS TOMADOS CON FFR ENCENDIDA (ON) 02/12/2024 SIN CABINA INSONORIZADA			
PUNTO	Distancias medidas desde FFR (Generador)	Valores promedio de una serie de 10 datos en cada punto (dB)	LMP (dB)
1	0	88,84	55,00
2	4,47	70,46	55,00
3	15,3	72,81	55,00
4	22,36	70,84	55,00
5	26,07	70,56	55,00

Ilustración 32: Gráfico dB vs metros, obtenido con FFR ON, sin cabina insonorizada el 02/12/2024



AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Análisis: en la **Ilustración 32** registramos la presión sonora (dB) versus la distancia desde la FFR la cual esta encendida sin cabina insonorizada, estos valores, son el promedio de una serie

de 10 datos en cada uno de los 5 puntos, en todos los casos superaron al LMP de 55 dB, a mayor distancia, menor presión sonora, datos del 2 de diciembre del 2024, con un máximo de 88,84 dB y un mínimo de 70,56 dB.

Tabla 15: Tabla resumen de datos obtenidos en muestreo con FFR ON, sin cabinar, en las fechas 27/11/2024, 29/11/2024 y 02/12/2024

DATOS TOMADOS CON FFR ENCENDIDA (ON), SIN CABINADO (dB)					
FECHA TOMA DE DATOS	PUNTO1	PUNTO2	PUNTO3	PUNTO4	PUNTO5
27/11/2024 FFR ON SIN CABINADO	90,95	75,54	72,94	72,36	72,04
29/11/2024 FFR ON SIN CABINADO	88,07	76,96	73,72	72,04	68,11
02/12/2025 FFR ON SIN CABINADO	88,84	70,46	72,81	70,84	70,56
Leq	89,47	75,08	73,17	71,79	70,52

AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

4.3 Resultados luego de la implementación de los paneles fonoabsorbentes de ruido

Después de aplicar, los procedimientos detallados en el marco teórico, y legal del presente trabajo, se obtuvieron los siguientes resultados, utilizando los tres tipos de paneles fonoabsorbentes, y para cada tipo de panel, se realizó el muestreo, registrando las series de datos generados con el sonómetro Elicrom 308.

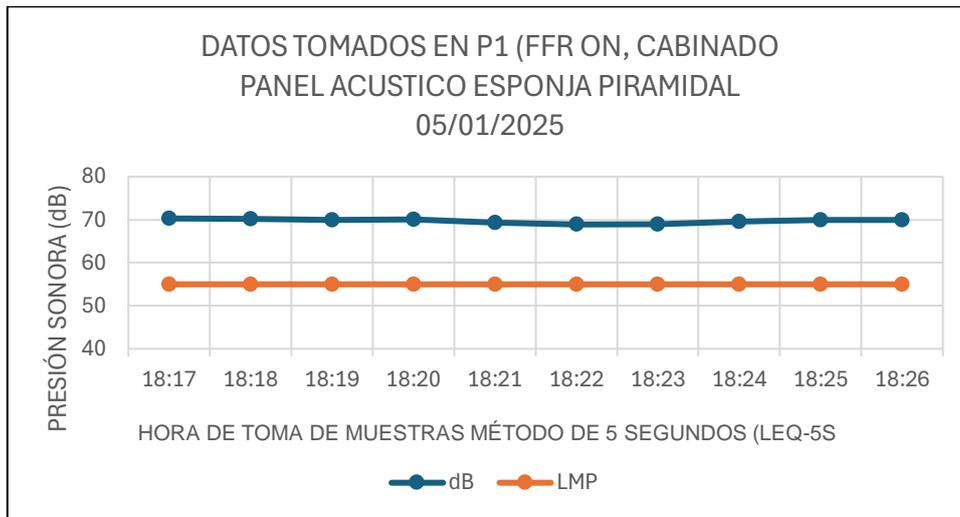
4.3.1 Fecha de toma de datos: 5 de enero de 2025: Material fonoabsorbente panel acústico esponja piramidal

Tabla 16: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada usando panel acústico esponja piramidal el 05/01/2025

PUNTO			COORDENADAS				DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
1	Generador		17 M 606236.73m E		9757458.74 m S		0			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:17	18:18	18:19	18:20	18:21	18:22	18:23	18:24	18:25	18:26
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	70,30	70,20	70,00	70,10	69,30	68,90	69,00	69,60	70,00	69,90
Leq	69,76									
(Lamáy)	70,3									
(Lamin)	68,9									
Rango	1,4									
PUNTO			COORDENADAS				DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
2	Bloque 1		17M606232.68m E		9757462.87m S		4,47			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:27	18:28	18:29	18:30	18:31	18:32	18:33	18:34	18:35	18:36
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	54,90	55,00	54,90	54,80	55,10	54,90	54,80	55,00	55,10	55,00
Leq	54,95									
(Lamáy)	55,10									
(Lamin)	54,80									
Rango	0,30									
PUNTO			COORDENADAS				DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
3	Sala de Estudiantes		17M606239.44m E		9757463.48 m S		15,3			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:37	18:38	18:39	18:40	18:41	18:42	18:43	18:44	18:45	18:46
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	55,6	51,7	54,19	55,05	55,04	55,2	55,1	54,8	55,3	55,04
Leq	54,81									
(Lamáy)	55,60									
(Lamin)	51,70									
Rango	3,90									
PUNTO			COORDENADAS				DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
4	Bloque 3		17M606222.03m E		9757443.03 m S		22,36			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:47	18:48	18:49	18:50	18:51	18:52	18:53	18:54	18:55	18:56
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	51,07	51	51,08	51,2	51,6	52,2	52,4	52,8	52,7	52,2
Leq	51,88									
(Lamáy)	52,80									
(Lamin)	51,00									
Rango	1,80									
PUNTO			COORDENADAS				DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
5	Bloque 2		17M606214.38m E		9757463.48 m S		26,07			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:57	18:58	18:59	19:00	19:01	19:02	19:03	19:04	19:05	19:06
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	50,23	50,28	50,09	51,04	50,05	51,01	50,01	49,08	50,08	52,01
Leq	50,45									
(Lamáy)	52,01									
(Lamin)	49,08									
Rango	2,93									

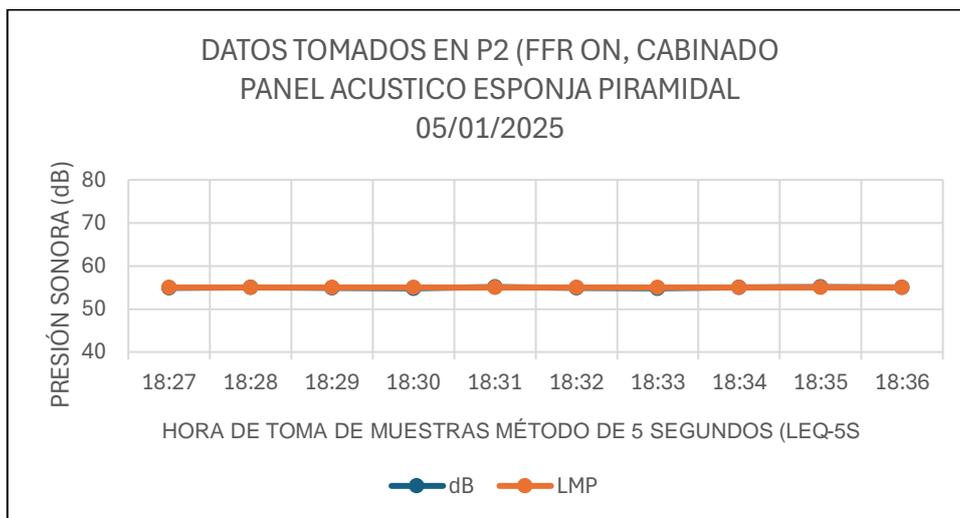
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 33: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando paneles fonoabsorbentes acústicos piramidales en la ubicación P1 el 05/12/2024.



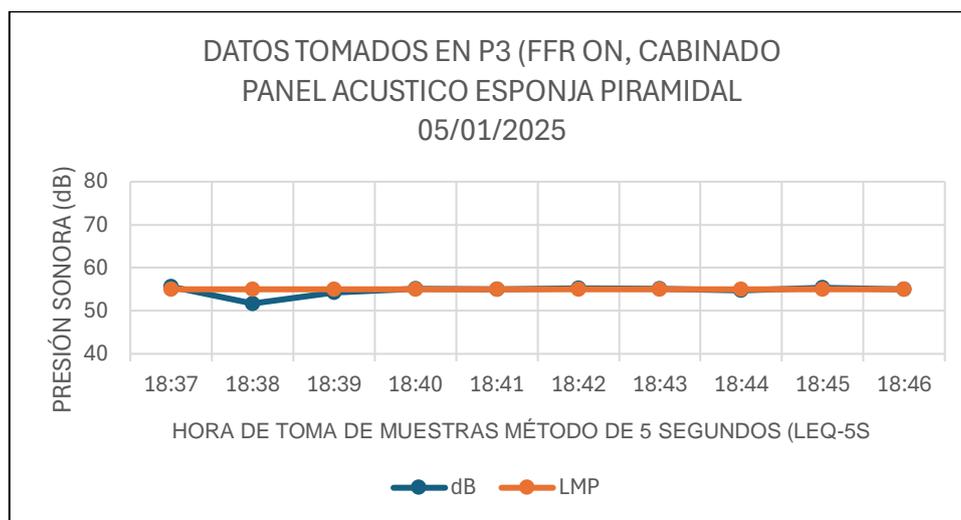
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 34: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando paneles fonoabsorbentes acústicos piramidales en la ubicación P2 el 05/12/2024.



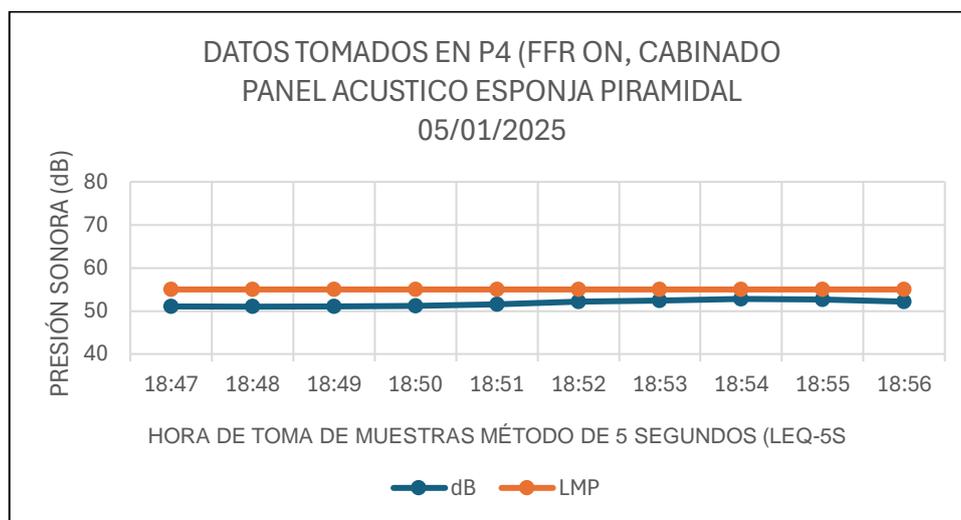
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 35: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando paneles fonoabsorbentes acústicos piramidales en la ubicación P3 el 05/12/2024.



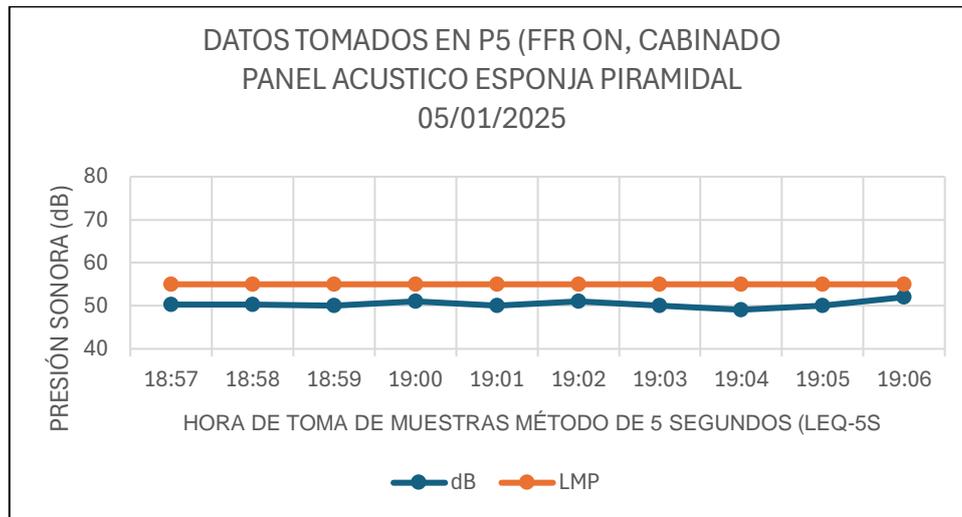
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 36: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando paneles fonoabsorbentes acústicos piramidales en la ubicación P4 el 05/12/2024.



AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo.

Ilustración 37: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando paneles fonoabsorbentes acústicos piramidales en la ubicación P5 el 05/12/2024.



AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

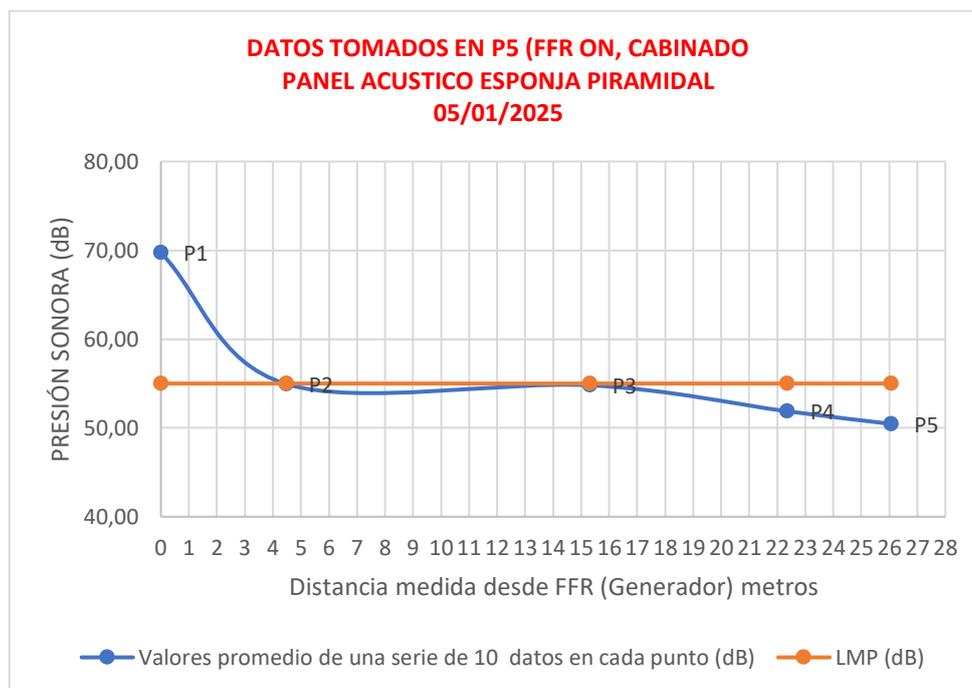
4.3.2 Resumen de datos de presión sonora del generador de energía eléctrica encendido (ON), usando cabina insonorizada con panel acústico esponja piramidal, 05 de enero del 2025.

Tabla 17: Valores promedio en dB de la serie de 10 datos obtenida con FFR: ON, con cabina insonorizada, usando panel acústico esponja piramidal el 05/01/2025.

DATOS PROMEDIO TOMADOS CON FFR ON, CABINA INSONORIZADA CON PANEL ACUSTICO ESPONJA PIRAMIDAL 05/01/2025			
PUNTO	Distancias medidas desde FFR (Generador)	Valores promedio de una serie de 10 datos en cada punto (dB)	LMP (dB)
1	0	69,76	55,00
2	4,47	54,95	55,00
3	15,3	54,81	55,00
4	22,36	51,88	55,00
5	26,07	50,45	55,00

AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 38: Gráfico dB vs metros, obtenido con FFR ON, con cabina insonorizada usando panel acústico esponja piramidal.



AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Análisis: en la **Ilustración 38** registramos la presión sonora (dB) versus la distancia (m) desde la FFR la cual esta encendida y confinada en una cabina insonorizada recubierta interiormente con paneles acústicos de esponja piramidal, estos valores, son el promedio de series de 10 datos en cada uno de los 5 puntos, en el punto 1 se superó al LMP de 55 dB, y en los puntos: 2, 3, 4, 5 estuvieron bajo línea del LMP, por cual en dichos puntos se cumple con la normativa aplicable, datos del 5 de enero del 2025, con un máximo de 69.76 dB y un mínimo de 50,45 dB.

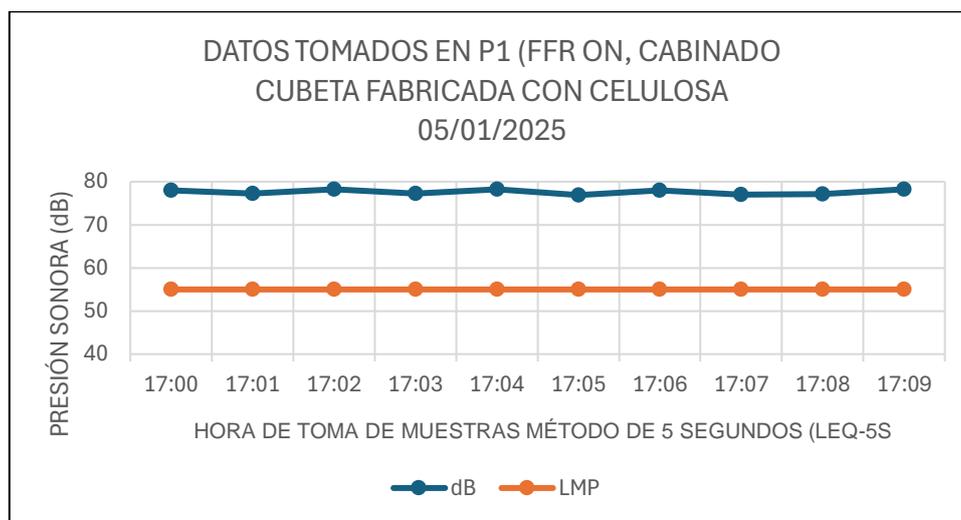
4.3.3 Fecha de toma de datos 5 de enero de 2025, material fonoabsorbente: cubeta fabricada con celulosa

Tabla 18: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada usando cubeta fabricada con celulosa el 05/01/2025.

PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
1	Generador	17 M 606236.73m E			9757458.74 m S		0			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	17:00	17:01	17:02	17:03	17:04	17:05	17:06	17:07	17:08	17:09
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	78,02	77,20	78,20	77,20	78,23	76,90	78,05	77,01	77,10	78,20
Leq	77,64									
(Lamax)	78,23									
(Lamin)	76,9									
Rango	1,33									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
2	Bloque 1	17M606232.68m E			9757462.87m S		4,47			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	17:10	17:11	17:12	17:13	17:14	17:15	17:16	17:17	17:18	17:19
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	72,05	73,02	73	72,91	70,9	74	71,25	70,05	70,23	71,5
Leq	72,07									
(Lamax)	74,00									
(Lamin)	70,05									
Rango	3,95									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
3	Sala de Estudiantes	17M606239.44m E			9757463.48 m S		15,3			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	17:20	17:21	17:22	17:23	17:24	17:25	17:26	17:27	17:28	17:29
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	69,27	68,09	70,23	70,21	69,6	71,25	70,23	72,05	71,1	70,25
Leq	70,35									
(Lamax)	72,05									
(Lamin)	68,09									
Rango	3,96									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
4	Bloque 3	17M606222.03m E			9757443.03 m S		22,36			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	17:30	17:31	17:32	17:33	17:34	17:35	17:36	17:37	17:38	17:39
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	67,23	68,5	69,23	67,05	67,1	68,01	67,25	69,2	68,25	69,23
Leq	68,19									
(Lamax)	69,23									
(Lamin)	67,05									
Rango	2,18									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
5	Bloque 2	17M606214.38m E			9757463.48 m S		26,07			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	17:30	17:31	17:32	17:33	17:34	17:35	17:36	17:37	17:38	17:39
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	67,9	67,08	69,32	68,5	69,1	68,9	68,4	68,5	67,2	65,9
Leq	68,19									
(Lamax)	69,32									
(Lamin)	65,90									
Rango	3,42									

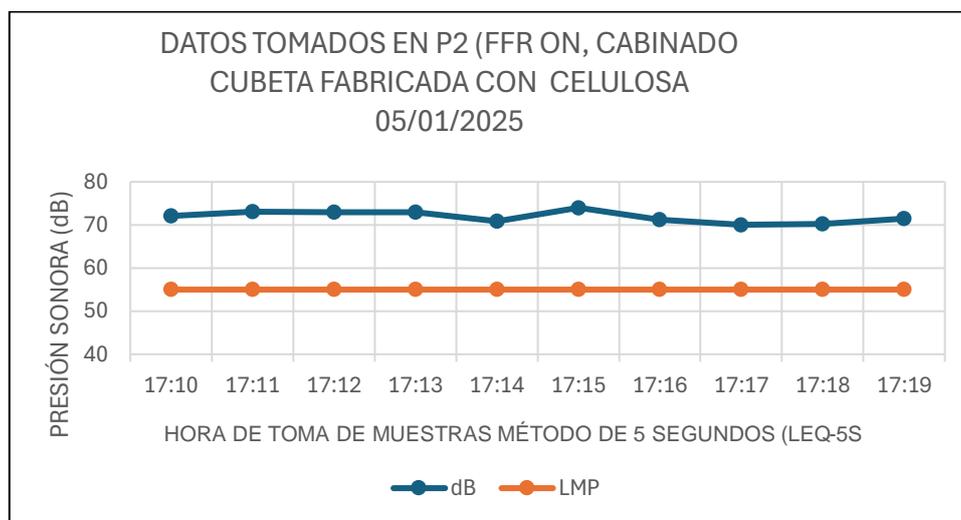
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 39: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando cubetas fabricadas con celulosa en la ubicación P1 el 05/12/2024.



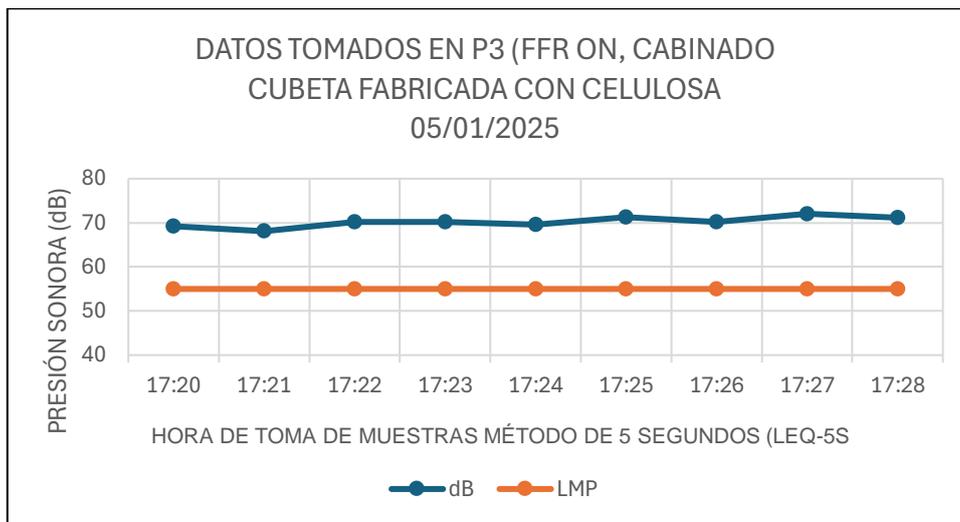
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 40: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando cubetas fabricadas con celulosa en la ubicación P2 el 05/12/2024.



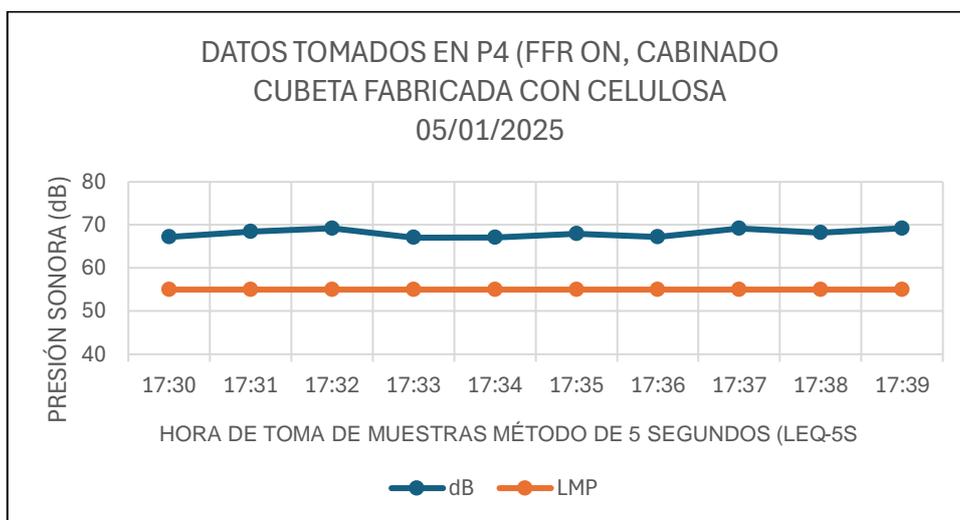
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 41: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando cubetas fabricadas con celulosa en la ubicación P3 el 05/12/2024.



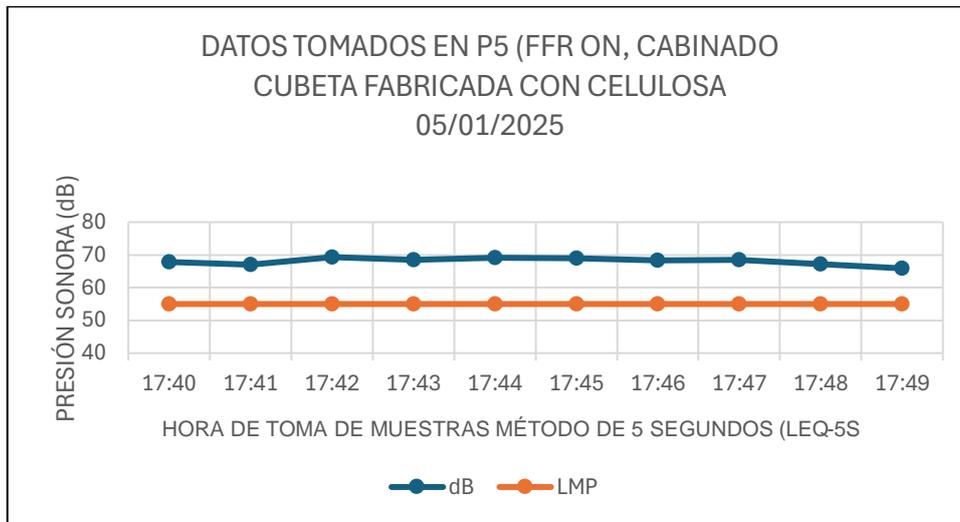
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 42: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando cubetas fabricadas con celulosa en la ubicación P4 el 05/12/2024.



AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 43: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada utilizando cubetas fabricadas con celulosa en la ubicación P5 el 05/12/2024.



AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

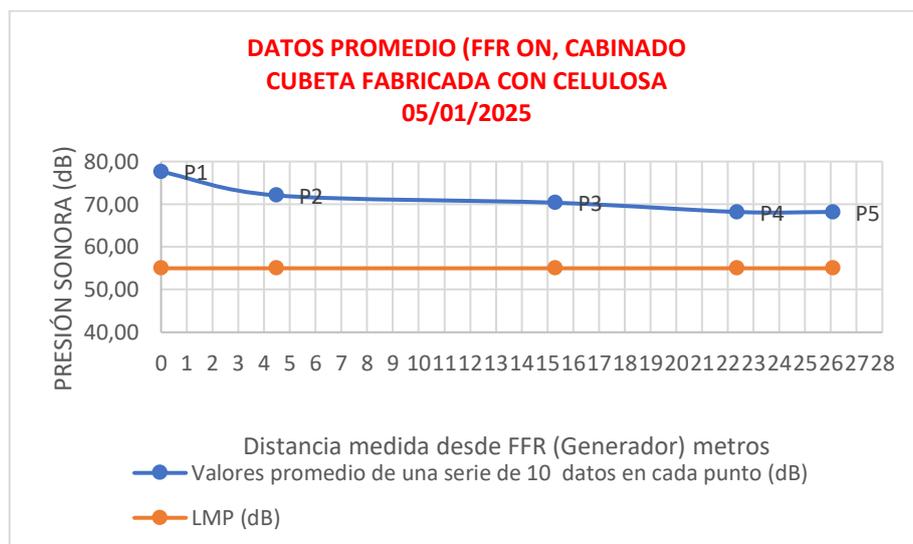
4.3.4 Resumen de datos de presión sonora del generador de energía eléctrica encendido (ON), usando cabina insonorizada con material fonoabsorbente, cubeta fabricada con celulosa.

Tabla 19: Valores promedio en dB de la serie de 10 datos obtenida con FFR: ON, con cabina insonorizada usando cubeta fabricada con celulosa el 05/01/2025.

DATOS PROMEDIO TOMADOS CON FFR ON, CABINA INSONORIZADA CON CUBETA FABRICADA CON CELULOSA 05/01/2025			
PUNTO	Distancias medidas desde FFR (Generador)	Valores promedio de una serie de 10 datos en cada punto (dB)	LMP (dB)
1	0	77,64	55,00
2	4,47	72,07	55,00
3	15,3	70,35	55,00
4	22,36	68,19	55,00
5	26,07	68,19	55,00

AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 44: Gráfico dB vs metros, obtenido con FFR ON, con cabina insonorizada usando cubeta fabricada con celulosa el 05/01/2025



AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Análisis: en la **Ilustración 44** registramos la presión sonora (dB) versus la distancia (m) desde la FFR la cual esta encendida y confinada en una cabina insonorizada recubierta interiormente con paneles de cubeta fabricada con celulosa, estos valores, son el promedio de series de 10 datos en cada uno de los 5 puntos, dichos valores estuvieron sobre la línea del LMP, datos del 5 de enero del 2025, con un máximo de 77,64 dB y un mínimo de 68,19 dB, no cumplieron con la normativa respectiva, pero se evidencia una reducción en los valores, respecto a las pruebas realizadas sin cabina.

4.3.5 Fecha de toma de datos: 6 de enero de 2025. Material fonoabsorbente placa aglomerado de madera.

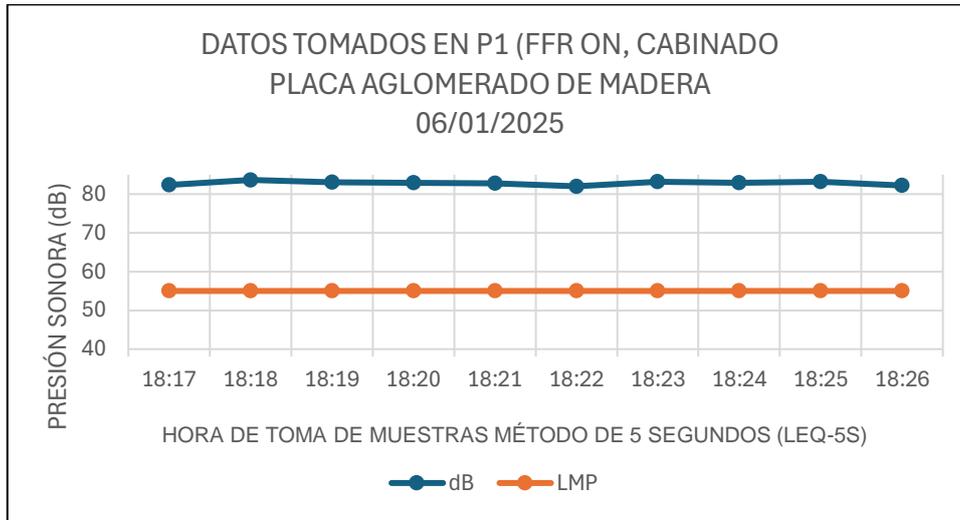
Tabla 20: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR en ON, con cabina insonorizada usando placa aglomerado de madera. el 06/01/2025.

PUNTO		COORDENADAS				DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)				
1	Generador	17 M 606236.73m E		9757458.74 m S		0				
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:17	18:18	18:19	18:20	18:21	18:22	18:23	18:24	18:25	18:26
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	82,35	83,65	83,00	82,90	82,80	82,01	83,20	82,90	83,20	82,25
Leq	82,85									
(Lam _{ax})	83,65									
(Lamin)	82,01									
Rango	1,64									

PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
2	Bloque 1	17M606232.68m E			9757462.87m S		4,47			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:27	18:28	18:29	18:30	18:31	18:32	18:33	18:34	18:35	18:36
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	73,90	74,05	74,30	74,67	75,00	75,10	73,90	75,00	75,20	74,20
Leq	74,56									
(Lamax)	75,20									
(Lamin)	73,90									
Rango	1,30									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
3	Sala de Estudiantes	17M606239.44m E			9757463.48 m S		15,3			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:37	18:38	18:39	18:40	18:41	18:42	18:43	18:44	18:45	18:46
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	74,01	73,23	73,05	72,20	71,60	73,50	72,05	73,20	72,20	71,90
Leq	72,56									
(Lamax)	74,01									
(Lamin)	71,60									
Rango	2,41									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
4	Bloque 3	17M606222.03m E			9757463.03 m S		22,36			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	18:47	18:48	18:49	18:50	18:51	18:52	18:53	18:54	18:55	18:56
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	71,05	71,20	71,10	70,90	70,00	70,20	71,30	70,20	69,90	70,10
Leq	70,63									
(Lamax)	71,30									
(Lamin)	69,90									
Rango	1,40									
PUNTO		COORDENADAS					DISTANCIA DESDE LA FFR (metros)			
5	Bloque 2	17M606214.38m E			9757463.48 m S		26,07			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORA	17:40	17:41	17:42	17:43	17:44	17:45	17:46	17:47	17:48	17:49
LMP	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
dB	67,55	70,55	70,40	69,70	69,50	70,50	70,55	69,51	69,50	70,50
Leq	69,91									
(Lamax)	70,55									
(Lamin)	67,55									
Rango	3,00									

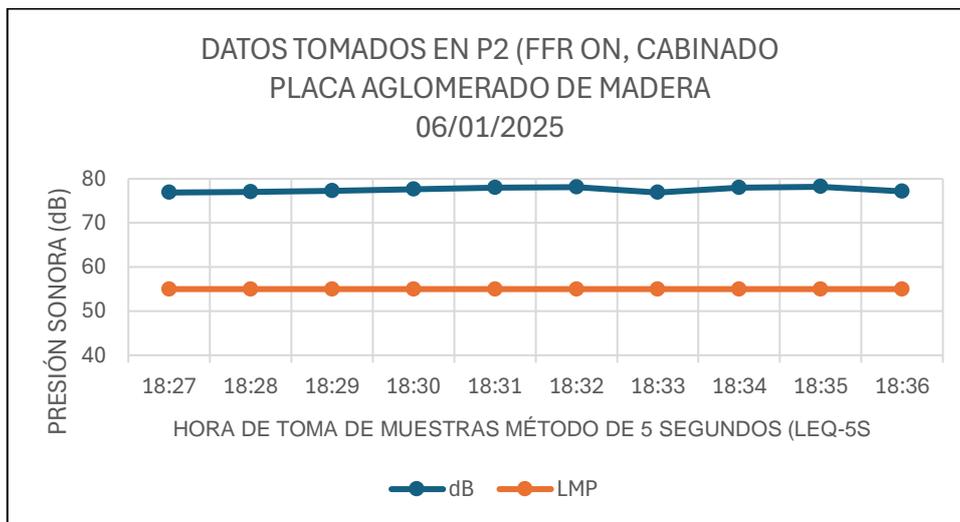
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 45: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en ON, con cabina insonorizada con placa aglomerado de madera en la ubicación P1 el 06/12/2024.



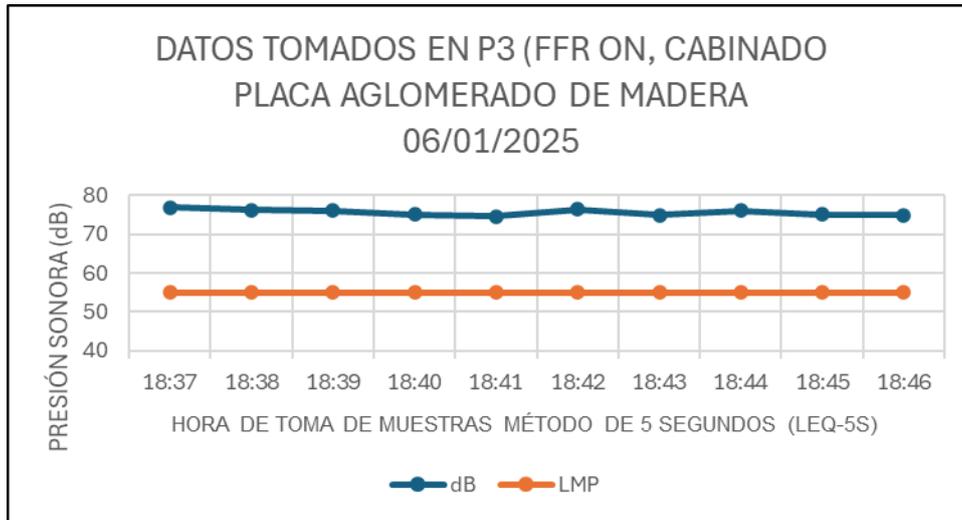
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 46: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en ON, con cabina insonorizada con placa aglomerado de madera en la ubicación P2 el 06/12/2024.



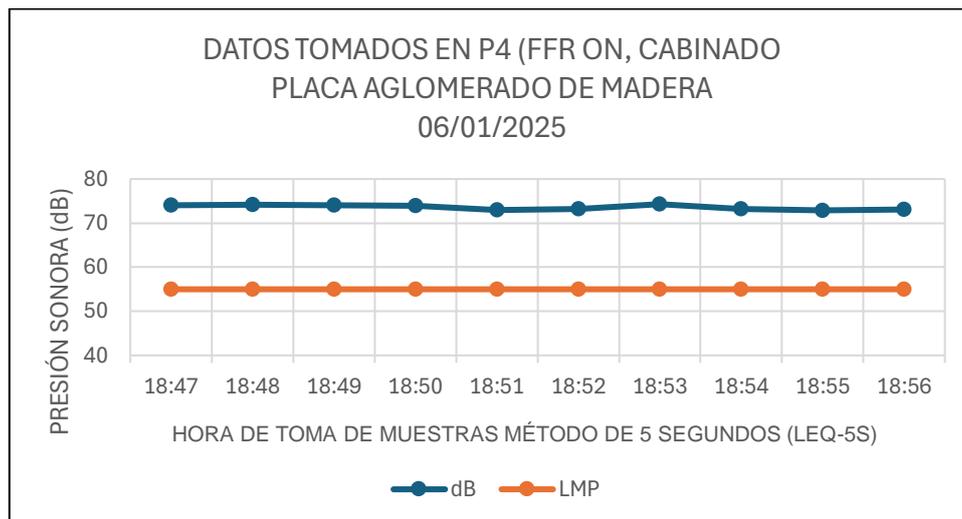
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 47: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en ON, con cabina insonorizada con placa aglomerado de madera en la ubicación P3 el 06/12/2024.



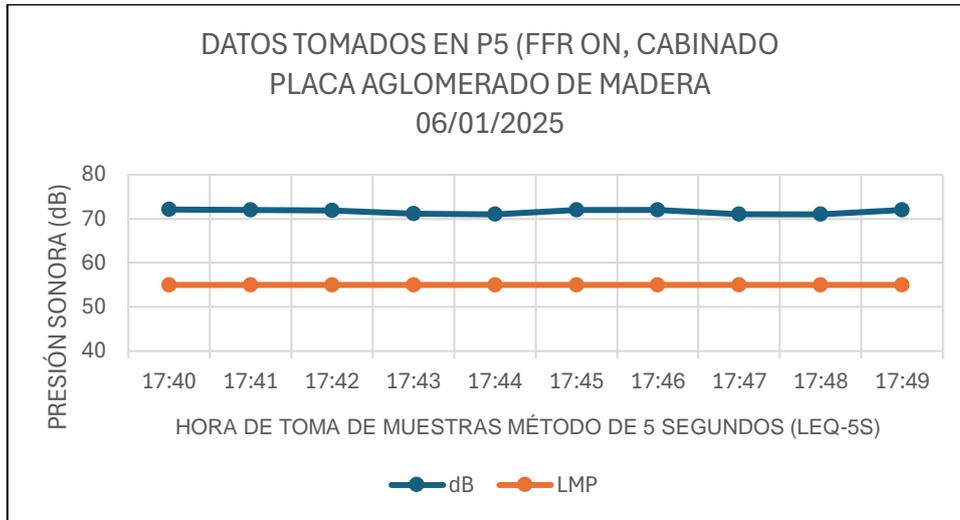
AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 48: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en ON, con cabina insonorizada con placa aglomerado de madera en la ubicación P4 el 06/12/2024.



AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 49: Valores obtenidos con el sonómetro Elicrom 308 midiendo la presión sonora originada por la FFR del presente trabajo en ON, con cabina insonorizada con placa aglomerado de madera en la ubicación P5 el 06/12/2024.



AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

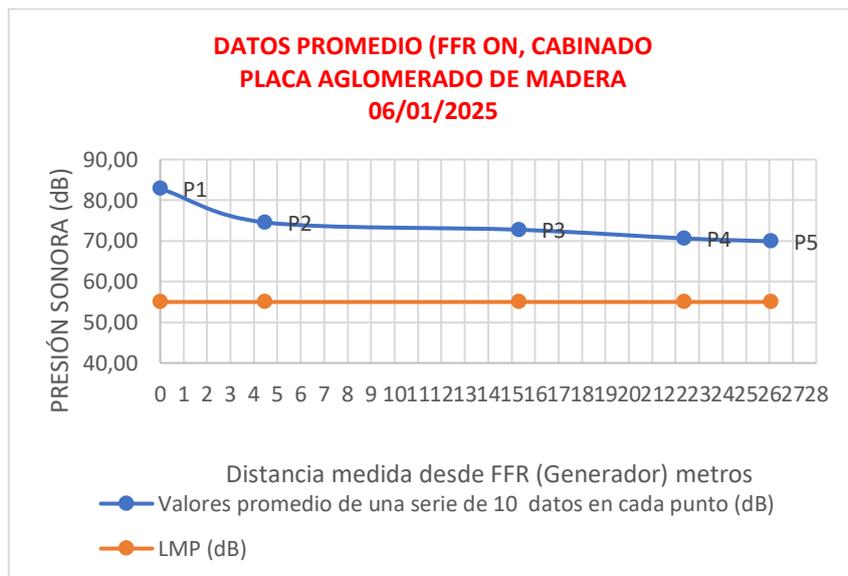
4.3.6 Resumen de datos de presión sonora del generador de energía eléctrica encendido (ON), usando cabina insonorizada con material fonoabsorbente, placa aglomerada de madera.

Tabla 21: Valores promedio en dB de la serie de 10 datos obtenida con FFR: ON, con cabina insonorizada usando placa aglomerado de madera, el 06/01/2025

DATOS PROMEDIO (FFR ON, CABINADO PLACA AGLOMERADO DE MADERA 06/01/2025			
PUNTO	Distancias medidas desde FFR (Generador)	Valores promedio de una serie de 10 datos en cada punto (dB)	LMP (dB)
1	0	82,85	55,00
2	4,47	74,56	55,00
3	15,3	72,76	55,00
4	22,36	70,63	55,00
5	26,07	69,91	55,00

AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 50: Gráfico dB vs metros, obtenido con FFR ON, con cabina insonorizada usando placa aglomerado de madera el 06/01/2025



AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Análisis: en la **Ilustración 50** registramos la presión sonora (dB) versus la distancia (m) desde la FFR, la cual está encendida y confinada en una cabina insonorizada recubierta interiormente con placa aglomerada de madera, estos valores son el promedio de una serie de 10 datos en cada uno de los 5 puntos, dichos valores promedio de datos estuvieron sobre la línea del LMP, datos del 6 de enero del 2025, con un máximo de 82,85 dB y un mínimo de 69,91 dB, no cumplieron con la normativa respectiva, pero se evidenció una reducción en los valores, respecto a las pruebas realizadas sin cabina.

4.4 Comparación de resultados en el caso de FFR ON; con cabina insonorizada, usando distintos tipos de materiales fonoabsorbentes versus sin cabina insonorizada

En la tabla 23, se muestran los resultados obtenidos en el experimento: en la columna 1 se tienen los puntos, cuya ubicación geográfica, mediante coordenadas se aprecia en la columna 2, en la columna 3 se define el valor del límite máximo permisible según la normativa aplicable, en la columna 4 se tienen los resultados de los promedios para cada punto de los datos tomados en

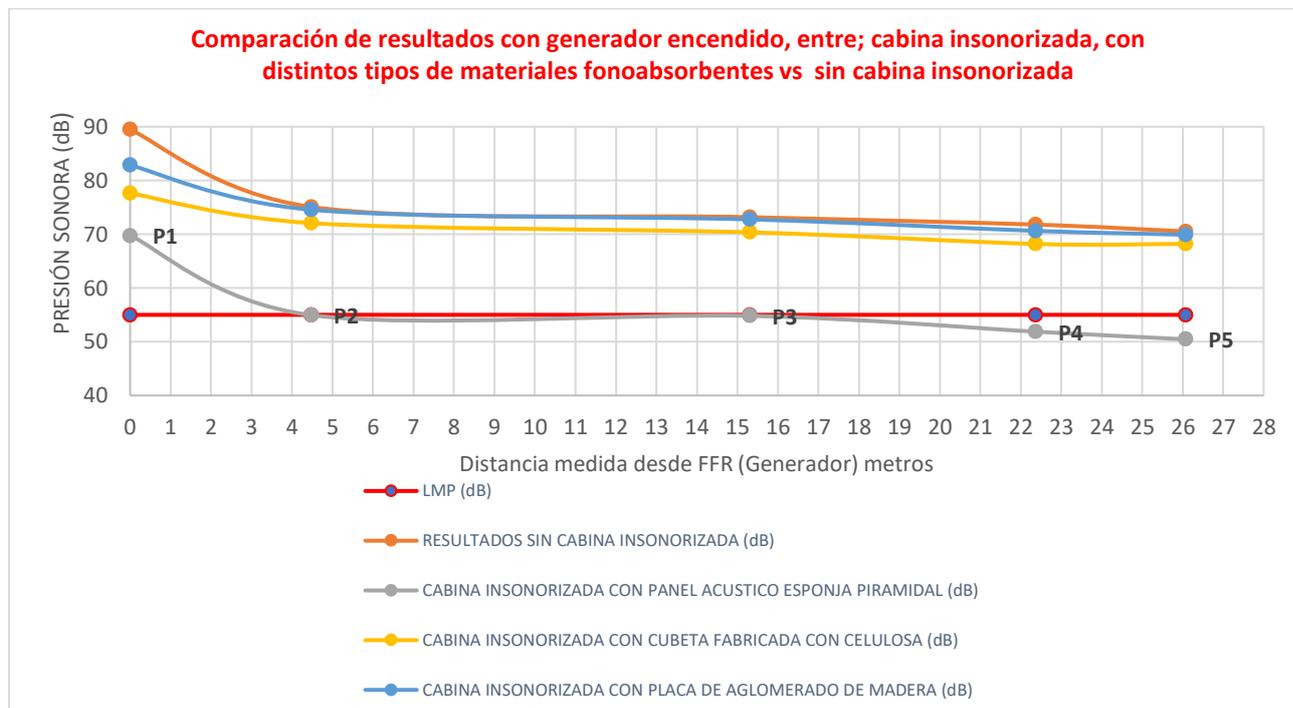
los días 27, 29 de Noviembre y 2 de Diciembre, con el generador funcionando sin cabinado, en las columnas 5, 6, 7 se tienen los datos obtenidos con el generador funcionando con cabina insonorizada usando cada uno de los 3 materiales fonoabsorbentes, toda esta información se la aprecia gráficamente en la Ilustración 52.1

Tabla 22: Datos de presión sonora promediados por cada uno de los puntos geográficos de muestreo, indicando los valores con FFR ON, obtenidos sin cabina insonorizada; y con cabina insonorizada usando los tres tipos de materiales fonoabsorbentes

Comparación de resultados de presión sonora Generador ON: con cabina insonorizada, usando distintos tipos de materiales fonoabsorbentes vs sin cabina insonorizada							
PUNTO	DISTANCIAS DESDE GENERADOR FFR (metros)	LMP (dB)	RESULTADOS SIN CABINA INSONORIZADA (dB)	CABINA INSONORIZADA CON PANEL ACUSTICO ESPONJA PIRAMIDAL (dB)	CABINA INSONORIZADA CON CUBETA FABRICADA CON CELULOSA (dB)	CABINA INSONORIZADA CON PLACA DE AGLOMERADO DE MADERA (dB)	% DE EFICIENCIA: SIN CABINA VS CABINA INSONORIZADA CON PANEL ACUSTICO ESPONJA
P1	0	55	89,47	69,76	77,64	82,85	22,03%
P2	4,47	55	75,08	54,95	72,07	74,56	26,81%
P3	15,3	55	73,17	54,81	70,35	72,76	25,09%
P4	22,36	55	71,79	51,88	68,19	70,63	27,73%
P5	26,07	55	70,52	50,45	68,19	69,91	28,46%

AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Ilustración 51: Datos de presión sonora promediados por cada uno de los puntos geográficos de muestreo, indicando los valores con FFR ON, obtenidos sin cabina insonorizada; y con cabina insonorizada usando los tres tipos de materiales fonoabsorbentes



AUTOR: Jorge Eduardo Molina Valarezo

Análisis: La Ilustración 51 nos permite comparar los datos de presión sonora (dB) versus distancia (m) desde la FFR encendida, en cuatro escenarios que se compararon con la línea de color rojo que representa el LMP de 55 dB. La línea color naranja, representa los valores obtenidos con la FFR sin cabina, la línea gris representa los datos con la FFR con cabina usando recubrimiento interno con paneles acústicos de esponja piramidal, y observamos que en este caso, 4 de los 5 puntos están bajo el LMP, la línea amarilla, representa los valores con la FFR con cabina recubierta interiormente por cubetas fabricadas con celulosa, en todos los puntos dicha línea está bajo el LMP, la línea celeste representa los valores con la FFR con cabina recubierta interiormente con placas de aglomerado de madera de 0,03m de espesor, en todos los puntos bajo el LMP. De esta forma, podemos apreciar que el recubrimiento que mejores prestaciones de aislamiento acústico ofreció, fue la de paneles acústicos de esponja piramidal.

4.5 Resultados de la Comprobación de la Hipótesis

La hipótesis general del presente trabajo fue: implementando una cabina que aisle acústicamente el generador, se permitirá minimizar los niveles de presión sonora en cumplimiento con la normativa ambiental. Esta hipótesis tiene 2 aspectos a considerar.

- Minimizar los niveles de presión sonora, es reducir dichos niveles.
- Cumplir con la normativa ambiental, es decir reducir los niveles de presión sonora, bajo el LMP de 55 dB

Para comprobar esta hipótesis, procederemos a realizar una prueba estadística, cuyos resultados registramos a continuación.

4.5.1 Prueba de hipótesis nula T student, para verificar que se minimizaron los niveles de presión sonora, usando como material fonoabsorbente paneles acústicos de esponja piramidal.

En lo que respecta a minimizar los niveles de presión sonora, tomaremos como serie de datos S(1) a la columna Resultados sin cabina insonorizada (dB), y como serie de datos S(2) a la columna Cabina insonorizada con panel acústico esponja piramidal (dB), ambas de la **Tabla 22**, de lo cual los valores de las diferencias necesarias se obtendrán en base a S(1)-S(2) en el software Excel al cual se le agregó el complemento de análisis de datos XLSTAT el cual será aplicado para la prueba T de Student para muestras relacionadas, a continuación transcribimos los resultados de la prueba.

Estadísticos descriptivos:

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
S(1)1	5	0	5	70,520	89,470	76,006	7,714
S(2)1	5	0	5	50,450	69,760	56,370	7,729

Prueba t para dos muestras relacionadas / Prueba unilateral a la derecha:

Intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%:

Diferencia	19,64
t (Valor observado)	60,01
t (Valor crítico)	2,13
GL	4
valor-p (unilateral)	<0,0001
alfa	0,05

Interpretación de la prueba:

H0: La diferencia entre las medias es igual a 0.

Ha: La diferencia entre las medias es superior a 0.

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar

la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha, al aceptar la hipótesis Ha, se verifica que

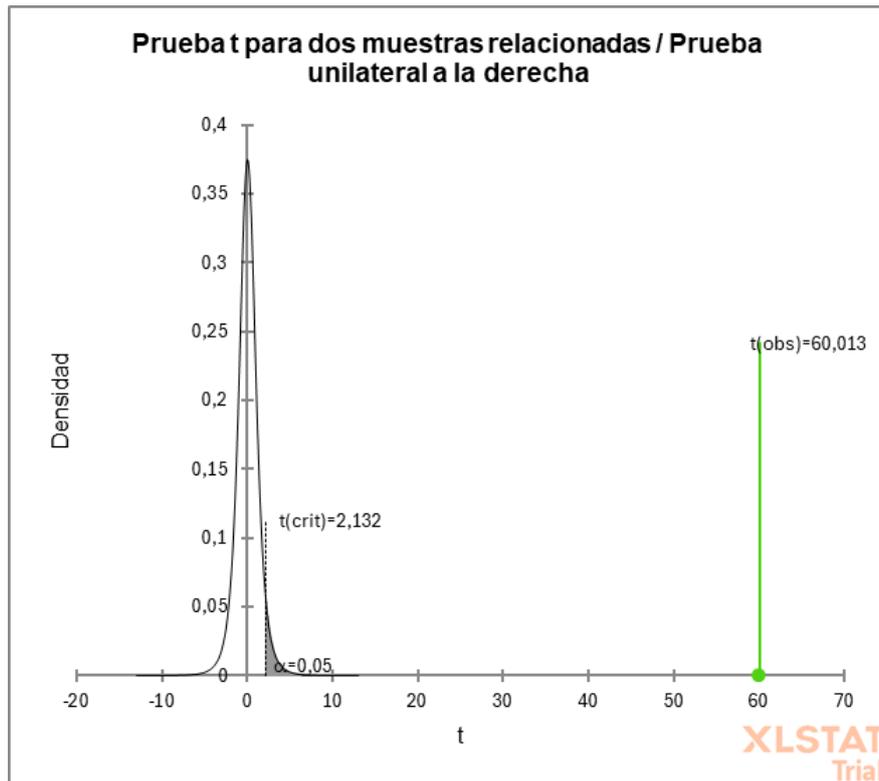
la resta a $S(1)-S(2)$, es positiva y por lo tanto la columna Resultados sin cabina insonorizada de la

Tabla 22 tiene en general valores superiores a la columna Cabina insonorizada con panel acústico

esponja piramidal, en lo que respecta a cumplir con el LMP de 55 dB, esto se cumple en los puntos

georreferenciados denominados P2, P3. P4 y P5, no así en el P1, cuyos datos de presión sonora, se

tomaron en la misma FFR es decir a 0 metros.

Ilustración 52: Prueba t para dos muestras relacionadas, verificación de cumplimiento de H1

Fuente : Software Excel, complemento XLSTAT.

CAPÍTULO 5

5 Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- De acuerdo a lo registrado en las tablas e ilustraciones del presente trabajo, se logró medir los niveles de presión sonora utilizando el equipo sonómetro Elicrom 308, los mencionados valores se han comparado con el límite máximo permisible, que según el horario en que se realizó el muestreo y las normas aplicables es de 55 dB, se realizó el muestreo en los cinco puntos definidos mediante coordenadas al interior del Campus UPS María Auxiliadora en Guayaquil; básicamente en los siguientes escenarios: con generador encendido sin cabina insonorizada; generador encendido con cabina insonorizada lo cual se subdividió en 3 casos uno para cada material fonoabsorbente, en los cuatro escenarios descritos, se concluye que se logró medir exitosamente los niveles de ruido.
- Se procedió a realizar el muestreo con el generador de energía eléctrica encendido y confinado en una cabina acústica, la cual en el trabajo la hemos mencionado como cabina insonorizada, y de acuerdo con los resultados registrados en la **Tabla 22**: Datos de presión sonora promediados por cada uno de los puntos geográficos de muestreo, indicando los valores con FFR ON, obtenidos sin cabina insonorizada; y con cabina insonorizada usando los tres tipos de materiales fonoabsorbentes en todos los casos se logró obtener valores de presión sonora inferiores a los que se registró sin la cabina acústica, por lo cual concluimos que se logró aislar el nivel de presión sonora parcialmente.
- El objetivo de la construcción de la cabina insonorizada fue reducir los niveles de presión sonora a valores inferiores 55 dB, que es lo óptimo de acuerdo a las normas

aplicables, al uso de suelo del Campus UPS María Auxiliadora Guayaquil, y al horario en el cual se tomaron los datos, con estos antecedentes concluimos que la cabina insonorizada utilizando como material fonoabsorbente panel acústico de esponja piramidal, fue eficiente en cumplir este objetivo en 4 de los 5 puntos de muestreo conforme se evidencia en la **Ilustración 51** y la **Tabla 22**.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda explorar en futuros trabajos, el uso de las cubetas fabricada con celulosa, utilizando más capas superpuestas, dado que al ser un material proveniente del reciclaje, tiene un menor costo, además se cumple con el precepto de reducir, reciclar y reutilizar, siempre y cuando, se logre aplicar sobre dicho material, algún aditivo que mejore sus propiedades ignifugas, pues al tratarse de equipos que utilizan insumos inflamables como diésel y aceite, siempre es importante prevenir cualquier siniestro.
- Se recomienda utilizar en este tipo de trabajos, sonómetros de clase 1, pues son los que menor nivel de incertidumbre presentan, esto nos permite obtener un muestreo más confiable

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ *¿Qué es la contaminación acústica?* (11 de 1 de 2025). Obtenido de <https://www.zaragoza.es>
- ✓ Academia, S. (12 de 12 de 2024). *Leq*. Obtenido de Svantek: [https://svantek.com/es/academia/nivel-equivalente-continuo-de-sonido-leq/#:~:text=El%20Leq%20\(nivel%20equivalente%20continuo,promedio%20durante%20un%20per%20C3%ADodo%20designado.](https://svantek.com/es/academia/nivel-equivalente-continuo-de-sonido-leq/#:~:text=El%20Leq%20(nivel%20equivalente%20continuo,promedio%20durante%20un%20per%20C3%ADodo%20designado.)
- ✓ Academia, S. (12 de 12 de 2024). *svantek.com*. Obtenido de Nivel equivalente continuo de sonido Leq: [https://svantek.com/es/academia/nivel-equivalente-continuo-de-sonido-leq/#:~:text=El%20Leq%20\(nivel%20equivalente%20continuo,promedio%20durante%20un%20per%20C3%ADodo%20designado.](https://svantek.com/es/academia/nivel-equivalente-continuo-de-sonido-leq/#:~:text=El%20Leq%20(nivel%20equivalente%20continuo,promedio%20durante%20un%20per%20C3%ADodo%20designado.)
- ✓ ACUSTICO, J. N. (2020). *Absorción acústica – Concepto, medidas e indicadores ponderados* . ECOPHON .
- ✓ AJPOWER. (01 de 01 de 2025). *Cabinas insonorizadas*. Obtenido de Cabinas insonorizadas: <https://ajpower.net/es/products/solutions/cabinas-insonorizadas>
- ✓ Ambiente, M. d. (2015). *Acuerdo ministerial 097A*. Quito: Registro Oficial del Ecuador.
- ✓ Asociación Medica Mundial . (26 de 9 de 2022). *Declaración de la AMM sobre la Contaminación Acústica*. Obtenido de <https://www.wma.net>
- ✓ CEUPE. (2025). *¿Qué es la presión sonora?* Obtenido de <https://www.ceupe.com>
- ✓ CICAM. (12 de 1 de 2025). *Emisiones en fuentes fijas* . Obtenido de <https://cicam.epn.edu.ec>

- ✓ DB COVER. (15 de 01 de 2025). <https://dbcover.com/>. Obtenido de <https://dbcover.com/es/que-es-la-espuma-acustica/#:~:text=La%20espuma%20ac%C3%BAstica%20es%20un,ofrece%20al%20flujo%20de%20aire.>
- ✓ DKV. (16 de 04 de 2024). *Regla de las tres R del reciclaje para ser un consumidor responsable*. Obtenido de <https://dkv.es/corporativo/blog-360/medioambiente/reciclaje/tres-r-reciclaje>
- ✓ ECUADOR, A. N. (2017). *CODIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE*. Quito: Registro Oficial del Ecuador.
- ✓ Ecuador, R. O. (22 de 12 de 2006). *corteconstitucional.gob.ec*. Obtenido de https://esacc.corteconstitucional.gob.ec/storage/api/v1/10_DWL_FL/eyJjYXJwZXRhIjoicm8iLCJldWlkIjoiodYzNDcwMWUtODUwNC00ODg0LThiNDctODRjNTdmNGJiZmIwLnBkZiJ9
- ✓ ELICROM. (01 de 01 de 2025). *Sonómetro Analizador 308*. Obtenido de <https://elicrom.com/?product=33956>
- ✓ ESPUMA ACUSTICA. (15 de 01 de 2025). <https://www.espumaacustica.online/>. Obtenido de <https://www.espumaacustica.online/carton-de-huevos/>
- ✓ *EUROPEAN ACÚSTICA*. (2025). Obtenido de <https://www.europeanacustica.com>
- ✓ Francisco Javier Duque Aldaz, H. A. (2021). *Contaminación acústica una introducción al ruido y al sonido*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

- ✓ OTOTECH. (1 de 12 de 2025). Obtenido de Sonómetro: ¿Qué es y para qué sirve?:
<https://www.ototech.es>

- ✓ Stewart, L. (15 de 1 de 2025). <https://atlasti.com/>. Obtenido de
<https://atlasti.com/es/research-hub/muestreo-de-conveniencia#ventajas-del-muestreo-de-conveniencia>

- ✓ WMA. (26 de 09 de 2022). *Declaración de la AMM sobre la Contaminación Acústica*.
Obtenido de WMA Asociación Médica Mundial: <https://www.wma.net/es/policies-post/declaracion-de-la-amm-sobre-la-contaminacion-acustica/#:~:text=La%20Organizaci%C3%B3n%20Mundial%20de%20la,el%20sue%C3%B1o%20y%20el%20rendimiento.>

ANEXOS



Ilustración 53: Material plancha galvanizado espesor 1.5mm



Ilustración 54: Medición de perfil para estructura de cabina



Ilustración 55: Trazado de forma en perfil



Ilustración 56: Trabajo en taller



Ilustración 57:Proceso de soldado de esquina posterior izquierda de estructura metálica de cabina



Ilustración 58:Proceso de soldado de esquina frontal izquierda de estructura metálica de cabina



Ilustración 59: Proceso de remate en puntos de suelda



Ilustración 60:Verificación de ubicación a escuadra de los parantes de la estructura metálica de la cabina



Ilustración 61: Vista 1 de Cabina proyectada



Ilustración 62: Vista 2 de cabina proyectada



Ilustración 63: Vista 3 de cabina proyectada



Ilustración 64: Vista 4 de cabina proyectada



Ilustración 65: Vista 1 de FFR generador 6500 Watts



Ilustración 66: Vista 2 de FFR generador 6500 Watts



Ilustración 67: Vista 3 de FFR Generador 6500 Watts



Ilustración 68: Vista 4 de FFR Generador 6500 Watts



Ilustración 69: Cubetas de celulosa, sobre la estructura de la cabina



Ilustración 70: Verificación de los paneles de cubeta de celulosa de 0,29 x 0,29 m



Ilustración 71: Colocación de cubetas de celulosa, sobre panel superior

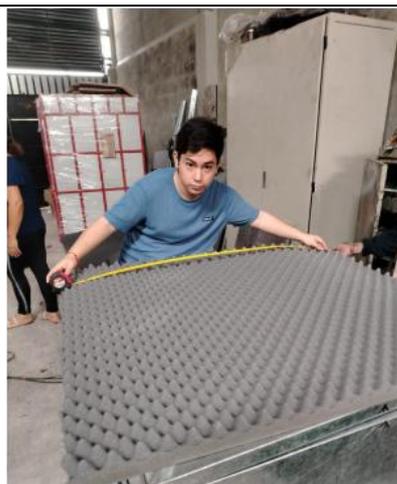


Ilustración 72: Recepción de material esponja piramidal 1,00x 0,80 m



Ilustración 73: Verificación de características de panel acústico esponja piramidal



Ilustración 74: Medición de panel acústico esponja piramidal



Ilustración 75: Características técnicas del sonómetro Elicrom 308



Ilustración 76: Ajuste de posición de sonómetro



Ilustración 77: Ajuste de posición de sonómetro Elicrom 308



Ilustración 78: Ajuste de parámetros sonómetro Elicrom 308



Ilustración 79: Cabina recubierta con panel acústico, esponja piramidal



Ilustración 80: Instalación de panel acústico de esponja piramidal en panel lateral izquierdo de cabina



Ilustración 81: Generador FFR, listo dentro de cabina



Ilustración 82: Ajuste de paneles en estructura metálica de cabina