



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“PROPUESTA TÉCNICA PARA DISMINUCIÓN DE RUIDO EN EL
GRUPO ELECTRÓGENO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA,
REFINERÍA LA LIBERTAD, SANTA ELENA, ECUADOR”**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

AUTORAS:

**DE LA A PLUA JENNY YADIRA
RODRÍGUEZ BALÓN YORLENI STEFANIA**

TUTOR:

ING. MONTENEGRO CARVAJAL JOHN ENRIQUE, MSC.

La Libertad, Ecuador

CERTIFICACIÓN

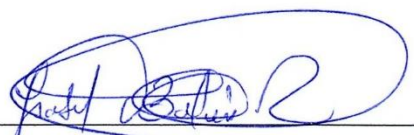
Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Jenny Yadira De La A Plua** y **Yorleni Stefania Rodríguez Balon** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Industrial**.

TUTOR

f. 

Ing. John Montenegro Carvajal, Msc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. 

Ing. Isabel Balón Ramos, Msc

La Libertad, a los 11 del mes de agosto del año 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “PROPUESTA TÉCNICA PARA DISMINUCIÓN DE RUIDO EN EL GRUPO ELECTRÓGENO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA, REFINERÍA LA LIBERTAD, SANTA ELENA, ECUADOR”, elaborado por las Srtas. JENNY YADIRA DE LA PLUA y YORLENI ESTEFANÍA RODRÍGUEZ BALÓN, estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniera Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR

f. 

Ing. Montenegro Carvajal John Enrique, MSc.

La Libertad, a los 07 del mes de agosto del año 2026

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotras, **De La A Plua Jenny Yadira y Rodríguez Balón Yorleni Estefanía.**

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, “**PROPUESTA TÉCNICA PARA DISMINUCIÓN DE RUIDO EN EL GRUPO ELECTRÓGENO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA, REFINERÍA LA LIBERTAD, SANTA ELENA, ECUADOR**” previo a la obtención del título de **Ingeniera Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, me/nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

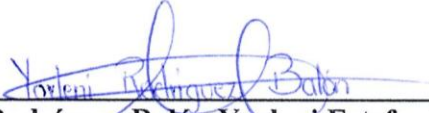
La Libertad, a los 11 del mes de agosto del año 2026

LA AUTORA

f. 

De La A Plua Jenny Yadira

LA AUTORA

f. 

Rodríguez Balón Yorleni Estefanía

AUTORIZACIÓN

Nosotras, **De La A Plua Jenny Yadira y Rodríguez Balón Yorleni Estefanía.**

Autorizamos a la Universidad Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, **“PROPUESTA TÉCNICA PARA DISMINUCIÓN DE RUIDO EN EL GRUPO ELECTRÓGENO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA, REFINERÍA LA LIBERTAD, SANTA ELENA, ECUADOR”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 11 del mes de agosto del año 2026

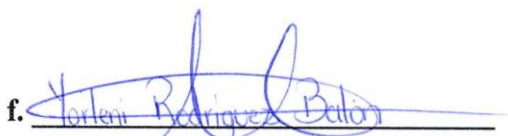
LA AUTORA



f. _____

De La A Plua Jenny Yadira

LA AUTORA



f. _____

Rodríguez Balón Yorleni Estefanía

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “PROPUESTA TÉCNICA PARA DISMINUCIÓN DE RUIDO EN EL GRUPO ELECTRÓGENO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA, REFINERÍA LA LIBERTAD, SANTA ELENA, ECUADOR” elaborado por las Srtas. JENNY YADIRA DE LA A PLUA y YORLENI ESTEFANÍA RODRÍGUEZ BALÓN, egresadas de la carrera de Ingeniería de Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio: Compilatio Magister, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 7% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe. Adjunto reporte de similitud.

Adjunto reporte de similitud.

**Certificado de análisis**
Compilatio Magister+ | UPSE-ECU

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR FINAL JD,YR 03-08-2026
ID: 02b22c795051ef68ca8d43d09b162fb7817ca21f

7%
Textos sospechosos

Nombre del fichero	TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR FINAL JD,YR 03-08-2026.rtf	Depositante	JOHN ENRIQUE MONTENEGRO CARVAJAL
Tamaño del archivo original	3.6 MB	Fecha de depósito	3 de agosto de 2026
Número de palabras	26,799	Tipo de carga	interfaz
		Fecha de fin de análisis	3 de agosto de 2026

 **Resumen** (versión 1.2)

Localización de los textos sospechosos en el documento:



Atentamente,

FIRMA DEL TUTOR

f. 

Ing. Montenegro Carvajal Jot Microsoft Store

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGIA

VALIDACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

CERTIFICO

Que, he realizado la revisión y corrección del Trabajo de Integración Curricular para la obtención del título de Ingeniera Industrial con el tema: **“PROPUESTA TÉCNICA PARA DISMINUCIÓN DE RUIDO EN EL GRUPO ELECTRÓGENO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA, REFINERÍA LA LIBERTAD, SANTA ELENA, ECUADOR”**. Ha sido desarrollado por las estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial: **DE LA A PLUA JENNY YADIRA** y **RODRÍGUEZ BALÓN YORLENI STEFANIA** de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Que, el trabajo presenta un dominio formal del lenguaje, con expresión clara, coherencia discursiva y solidez interpretativa. Asimismo, garantizando su adecuación a los estándares académicos y formales requeridos.

Por lo expuesto, se expide el presente certificado para que los interesados lo utilicen ante las instancias que correspondan.

Atentamente,



Validar únicamente en Firma@C.
Firmado electrónicamente por:
**MONICA TSABEL
PAREDES CASTRO**

Lic. Mónica Paredes Castro, M.Sc.

Magíster en Educación Básica

Correo: misabelp1017@gmail.com

C.C: 0605353143

Celular: 0969917044

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a dios, por darme fortaleza, paciencia y perseverancia para culminar esta etapa, por bendecirme con la oportunidad de alcanzar este logro.

A los ingenieros y profesionales que integran la carrera de Ingeniería Industrial y la universidad, por compartir su experiencia, sabiduría y guía a lo largo de toda mi etapa académica. Sus valiosos aportes fueron indispensables para fortalecer esta investigación y culminarla con éxito.

A las personas de la empresa que me brindaron su apertura, colaboración y confianza para desarrollar este trabajo dentro de sus instalaciones. Gracias a quienes me compartieron su sabiduría y experiencia, que me guiaron en cada proceso, por la calidez con la que me recibieron desde el primer día.

A mis compañeros y amigos, por compartir conmigo esta etapa, por las experiencias, los aprendizajes y por estar presentes en los momentos de cansancio, estrés y también en aquellos que hicieron más llevadero este camino.

Finalmente, agradezco a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a que pudiera culminar esta etapa, ya sea mediante un consejo, una palabra de motivación, una enseñanza o simplemente estando presentes. Cada aporte, por pequeño que pareciera, fue parte de este logro.

Jenny Yadira De La A Plua

DEDICATORIA

A mí, por no rendirme y por seguir adelante a pesar del cansancio. Por cada jornada en la que tuve que combinar el trabajo y los estudios, por las noches sin dormir, los días difíciles y cada sacrificio que hice para alcanzar este logro. Hoy puedo mirar atrás y decir que cada esfuerzo, cada sacrificio y cada desvelo valieron la pena.

A mis padres, Juan y Jenny, por formar parte de mi vida y de mi historia. Este logro también representa una muestra de que, a pesar de las dificultades, siempre es posible seguir adelante cuando existe determinación para cumplir aquello que uno se propone.

A mis abuelitos, José y Olga, por su amor, sus enseñanzas y por acompañarme siempre con sus palabras y buenos deseos. De manera especial, a mi abuelito José, por confiar siempre en que podía lograrlo y por darme ese empujoncito para no rendirme. Este logro también lleva consigo su confianza y todo el cariño que me ha brindado.

A Alexander, por su amor y apoyo en todo este proceso. Gracias por estar a mi lado en cada noche de desvelo, venciendo su propio cansancio solo para hacerme compañía. Por sostenerme en mis peores días, por amarme con tanta paciencia y por no soltar mi mano jamás. I love you three million.

Jenny Yadira De La A Plua

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios porque sin él no sería posible esta meta, por darme salud, fuerza y sabiduría durante todo mi camino.

Agradezco a las personas que amo a mi madre Claudina Germania Balón Rodríguez y a mi padre Calixto Primitivo Rodríguez González mi ángel que me cuida desde el cielo, quiero agradecerles por ser mi ejemplo de fortaleza, resiliencia, y sabiduría, por cada consejo durante todo este camino, por su apoyo incondicional tanto emocional como económico. Gracias por cada “si puedes, lo vas a lograr” por ser mi motor y mi mayor motivación a seguir.

Quiero agradecer a mis hermanas y madrina por ser mi apoyo incondicional, por su compañía, risas y palabras de aliento en este camino. A mis amigas gracias por acompañarme en este proceso.

A los docentes e ingenieros quienes fueron y son parte de mi formación como profesional, gracias por su apoyo y por ser guía durante esta etapa.

Agradezco a la Universidad Estatal Península de Santa Elena por darme el privilegio de ser parte de ella por permitir formarme en sus aulas como toda una profesional, también a mi tutor de Tesis Ing. Jhon Montenegro Carvajal, por ser guía durante todo este trabajo de investigación.

Yorleni Estefanía Rodríguez Balón

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios porque sin él no sería posible esta meta, por darme salud, fortaleza y sabiduría durante todo mi camino, por sostenerme incluso en medio del dolor.

A mi amado padre Calixto Primitvo Rodríguez González, mi corazón bello, la persona más importante de mi vida, se que desde el cielo estas orgulloso de mi porque logre nuestros sueños y aunque lo hice en tu ausencia, transforme mi dolor en fuerza y voluntad. Gracias por todo los consejos, por el apoyo incondicional y por siempre creer en mí, este triunfo también es tuyo, te dedico este logro porque me enseñaste que la vida no es fácil, que con esfuerzo se puede lograr a conseguir todo lo que se proponga y que cada sacrificio tiene su recompensa.

A mi amada madre Claudina Germania Balon Rodríguez, mi mas gran amor y mi motor que me impulsa cada día a seguir adelante, por ser ejemplo de amor, fuerza y resiliencia, gracias por siempre estar para mí y por no dejarme caer, por ser siempre mi refugio donde encuentro paz en los momentos más difíciles. Este logro lleva grabado tu nombre y sacrificio, gracias por siempre apoyarme.

Les dedico este logro con todo mi corazón lleno de gratitud, gracias por ser mi mayor bendición y motivación, los amo infinitamente.

Yorleni Estefanía Rodríguez Balón

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

ING. ISABEL BALÓN RAMOS, MSC
DIRECTOR DE CARRERA

f. 

ING. RICHARD MUÑOZ BRAVO, MSC
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

ING. JOHN MONTENEGRO CARVAJAL, MSC.
DOCENTE TUTOR

f. 

ING. EDISON BUENAÑO BUENAÑO, MSC.
DOCENTE UIC

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iv
AUTORIZACIÓN	v
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	vi
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGIA	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
DEDICATORIA	ix
AGRADECIMIENTOS	x
DEDICATORIA	xi
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	xii
ÍNDICE GENERAL	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS	xix
LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS	xx
RESUMEN	xxi
ABSTRACT.....	xxii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	6

MARCO TEÓRICO	6
1.1. Antecedentes investigativos	6
1.2. Estado del arte	7
1.3. Fundamentos conceptuales	12
1.4. Descripción de la empresa	15
1.5. Área de generación eléctrica de Refinería La Libertad	17
CAPÍTULO II	18
MARCO METODOLÓGICO	18
2.1. Enfoque de investigación	19
2.2. Diseño de investigación	19
2.3. Población y muestra	20
2.3.1. Censo	20
2.3.2. Muestra	21
2.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos	21
2.4.1. Métodos de recolección de los datos	21
2.4.2. Técnicas de recolección de los datos	23
2.4.3. Instrumentos de recolección de los datos	24
2.5. Variables del estudio	25
2.6. Procedimiento para la recolección de los datos	27
CAPÍTULO III	28
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
3.1. Marco de resultados	28
3.2. Confiabilidad y validez de los instrumentos de investigación utilizados	28
3.2.1. Validez del instrumento por experto	29
3.2.2. Validación de las encuestas	32
3.2.3. Fiabilidad de la herramienta validada por expertos	32
3.2.4. Fiabilidad de la encuesta aplicada	33
3.2.5. Fundamentación de las preguntas de investigación	34
3.3. Área de generadores	36
3.4. Mediciones	38
3.4.1. Mapa de ruido	47
3.4.2. Propuesta	49

3.5. Costo de implementación	67
3.6. Marco de discusión	70
3.7. Limitaciones del estudio.....	72
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	74
REFERENCIAS	75
ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables.....	8
Tabla 2. Datos de la EP Petroecuador.	16
Tabla 3. Personal de generación eléctrica RLL.	21
Tabla 4. Operacionalización de variables.	26
Tabla 5. Escala de Likert utilizada en la investigación.....	29
Tabla 6. Criterios de aceptación de expertos.....	30
Tabla 7. Revisión y validación de instrumento.....	30
Tabla 8. Evaluación de cuestionario por expertos.....	31
Tabla 9. Escala del alfa de Cronbach.	32
Tabla 10. Coeficiente de fiabilidad del instrumento validado por expertos.	32
Tabla 11. Coeficiente de fiabilidad de encuesta.	33
Tabla 12. Porcentajes totales de la encuesta por pregunta en el SPSS.	33
Tabla 13. Datos técnicos del GE-05 RLL.	37
Tabla 14. Sistemas de un grupo electrógeno.	37
Tabla 15. Resultados punto de medición 1.	39
Tabla 16. Resultados de punto de medición 2.	40
Tabla 17. Resultados punto de medición 3.	40
Tabla 18. Resultados punto de medición 4.	41
Tabla 19. Resultados punto de medición 5.	41
Tabla 20. Resultados punto de medición 6.	42
Tabla 21. Resultados punto de medición 7.	43
Tabla 22. Resultados punto de medición 8.	43
Tabla 23. Resultados punto de medición 9.	44
Tabla 24. Resultados punto de medición 10.....	45
Tabla 25. Resultados de mediciones.	46
Tabla 26. Resultados del cumplimiento normativo.....	49
Tabla 27. Características acústicas de paneles sándwich.....	53
Tabla 28. Pérdida de transmisión.....	53
Tabla 29. Resultados de coeficiente de absorción.....	54
Tabla 30. Nivel de presión sonora esperado.....	64
Tabla 31. Costo de implementación de la propuesta.....	68

Tabla 32. Distribución porcentual del costo de implementación.	69
Tabla33. Cálculo del flujo de fondo.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Directrices PRISMA.....	7
Figura 2. Diagrama de flujo bajo directrices PRISMA.	9
Figura 3. Herramientas de las metodologías.	10
Figura 4. Protocolo de la investigación.	11
Figura 5. Ubicación de Refinería La Libertad.	17
Figura 6. Diseño de la investigación.....	20
Figura 7. Plan de recolección de datos.....	22
Figura 8. Método de Delphi.....	24
Figura 9. Representación gráfica de la encuesta.	34
Figura 10. Puntos de medición GE-05 RLL.	38
Figura 11. Mapa de distribución horario diurno.....	47
Figura 12. Mapa de distribución horario nocturno.	48
Figura 13. Paneles tipo sándwich.	50
Figura 14. Comparación de onda sonora.....	51
Figura 15. Gráfico de pérdida de transmisión.	54
Figura 16. Gráfico de coeficiente de absorción.....	55
Figura 17. Demostración de paneles en GE-05.....	57
Figura 18. Dimensiones de barreras acústicas.	59
Figura 19. Programa de socialización sobre medidas de prevención del ruido.....	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Medición de ruido en grupo electrógeno Nro. 5.	79
Anexo 2. Tabla de niveles máximos permisible según uso del suelo.	79
Anexo 3. Búsqueda de artículos en Scopus.	80
Anexo 4. Búsqueda de artículos en Web of Science.	80
Anexo 5. Criterios de inclusión y exclusión en Scopus.	81
Anexo 6. Criterios de inclusión y exclusión en Web of Science.	81
Anexo 7. Lista de verificación PRISMA para resumen estructurado.	82
Anexo 8. Artículos de Scopus validos por Bibliometrix.	83
Anexo 9. Producción científica anual.	84
Anexo 10. Mapa mundial de colaboración entre países.	84
Anexo 11. Red de ocurrencia.	85
Anexo 12. Matriz referencial de artículos.	85
Anexo 13. Organigrama estructural de EP Petroecuador.	92
Anexo 14. Organigrama estructural de Refinería La Libertad.	92
Anexo 15. Cuestionario para encuesta a operadores.	92
Anexo 16. Validación de encuesta por expertos.	97
Anexo 17. Resultados de encuesta tabulados.	104
Anexo 18. Restricciones de posicionamiento.	104
Anexo 19. Clasificación de absorbente acústico según ISO 11654.	105
Anexo 20. Encuesta operadores del área de generación eléctrica RLL.	106
Anexo 21. Mediciones en el área de estudio.	106
Anexo 22. Mediciones en el área de estudio.	107
Anexo 23. Mediciones de distancias.	108
Anexo 24. Registro de asistencia de socializaciones.	109
Anexo 25. Socialización con operadores.	111
Anexo 26. Documentación de sonómetro.	112
Anexo 27. Ficha técnica de barreras acústicas.	122

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS

LISTA DE ABREVIATURAS

dB	Decibelio.
dB (A)	Decibelio con ponderación A.
GLP	Gas licuado de petróleo.
Hz	Herz.
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización.
ISO	International Organization for Standardization.
MW	Megavatio.
NFT	Token no fungible.
NPS	Nivel de presión sonora.
FEM	Fuerza electromagnética.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
PAIR	Pérdida Auditiva Inducida por Ruido.
RLL	Refinería La Libertad.
RPM	Revoluciones por minuto.
KOHLER SDMO	Fabricante Líder mundial en grupos electrógenos.
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.
KW	Kilovatio.

TABLA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado	Unidad de medición
L_p	Nivel de presión sonora.	dB(A)
L_{eq}	Nivel equivalente continuo de presión sonora.	dB(A)
L_i	Nivel sonoro equivalente obtenido en la medición i .	dB(A)
L_{min}	Nivel mínimo de presión sonora.	dB(A)
L_{max}	Nivel máximo de presión sonora.	dB(A)
L_{pe}	Nivel de presión sonora esperado.	dB(A)
P	Presión acústica.	Pa
P_0	Presión acústica de referencia ($20\mu Pa$).	Pa
f	Frecuencia.	Hz
T	Tiempo de medición.	S
W	Potencia acústica (vatio).	W
N	Número de Fresnel.	
IL	Perdida por inserción.	dB
r/d	Distancia.	M
ρ	Densidad del aire.	Kg/m ³
v/c	Velocidad del sonido en el aire.	m/s
α	Coefficiente de absorción acústica.	Adimensional
λ	Longitud de onda.	m
δ	Diferencia de trayectorias.	m

“PROPUESTA TÉCNICA PARA DISMINUCIÓN DE RUIDO EN EL GRUPO ELECTRÓGENO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA, REFINERÍA LA LIBERTAD, SANTA ELENA, ECUADOR”

Autores: De la A Plua Jenny Yadira

Rodríguez Balón Yorleni Stefania

Tutor: Ing. Montenegro Carvajal John Enrique, MSc

RESUMEN

El ruido que generan equipos industriales representa una molestia que afecta la salud ocupacional y el entorno ambiental en los puestos de trabajo. El objeto de la investigación fue elaborar una propuesta técnica para mitigar el ruido generado por el grupo electrógeno N.º 5 de la Refinería La Libertad, en la provincia de Santa Elena, Ecuador, encaminado al cumplimiento de normativas ambientales y de seguridad industrial. La metodología del estudio se estableció bajo un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y diseño no experimental, en consecuencia, se midió el nivel sonoro del equipo con un sonómetro calibrado bajo estándares ISO donde los resultados del diagnóstico evidenciaron niveles de presión sonora entre 83,5 y 91,9 dB(A) en horario diurno y entre 82,7 y 90,9 dB(A) en horario nocturno excediendo los límites máximos permisibles establecidos por el TULSMA. Como solución se propuso la implementación de barreras acústicas con paneles tipo sándwich de doble revestimiento de acero galvanizado con núcleo de lana de roca de 150 mm de espesor y una densidad de 100 kg/m³. El desempeño esperado de la propuesta se evaluó mediante el modelo de Maekawa, estimándose una pérdida por inserción aproximada de 30,56 dB, con niveles de presión sonora proyectados entre 52,94 y 61,34 dB(A) en el período diurno y entre 52,14 y 60,34 dB(A) en el período nocturno, dando cumplimiento a normativa ambiental y seguridad industrial.

Palabras claves: ruido, barreras acústicas, grupo electrógeno, índice de reducción acústica, lana de roca, control de ruido.

“TECHNICAL PROPOSAL FOR NOISE REDUCTION IN THE ELECTRIC POWER GENERATOR SET, LA LIBERTAD REFINERY, SANTA ELENA, ECUADOR”

Authors: De la A Plua Jenny Yadira

Rodríguez Balón Yorleni Stefania

Tutor: Ing. Montenegro Carvajal John Enrique, MSc

ABSTRACT

The noise generated by industrial equipment represents a nuisance that affects occupational health and the environment in the workplace. The objective of this research was to develop a technical proposal to mitigate the noise generated by generator set No. 5 at the La Libertad Refinery, in the province of Santa Elena, Ecuador, in order to comply with environmental and industrial safety regulations. The study methodology was established under a quantitative, descriptive, and non-experimental design. Consequently, the sound level of the equipment was measured with a sound level meter calibrated according to ISO standards. The diagnostic results showed sound pressure levels between 83.5 and 91.9 dB(A) during the day and between 82.7 and 90.9 dB(A) at night, exceeding the maximum permissible limits established by the TULSMA (Unified Text of Environmental Legislation). The proposed solution was the implementation of acoustic barriers with double-coated galvanized steel sandwich panels with a 150 mm thick rock wool core and a density of 100 kg/m³. The expected performance of the proposal was evaluated using the Maekawa model, estimating an approximate insertion loss of 30.56 dB, with projected sound pressure levels between 52.94 and 61.34 dB(A) during the daytime period and between 52.14 and 60.34 dB(A) during the nighttime period, complying with environmental and industrial safety regulations.

Keywords: noise, acoustic barriers, generator, sound reduction index, rock wool, noise control.

INTRODUCCIÓN

El ruido industrial se considera uno de los principales contaminantes en el entorno productivo mundial, como consecuencia afecta la salud de los trabajadores y al ambiente que rodea las instalaciones industriales. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) la exposición continua a niveles de ruido superiores a 85 dB(A) puede provocar pérdida auditiva irreversible. En este sentido, se estima que más del 30 % de las enfermedades ocupacionales están vinculadas a la exposición a ruido, mientras que cerca del 20 % de los trabajadores presentan algún grado de deterioro aditivo. Adicionalmente, la exposición prolongada incrementa entre un 10 % y 15 % la probabilidad de desarrollar afecciones como estrés, trastornos del sueño y enfermedades cardiovasculares (Baek et al., 2023). Por ello la mitigación de este contaminante se ha consolidado como un eje fundamental dentro de la gestión de riesgos laborales y la planificación ambiental en instalaciones industriales.

Diversos estudios han demostrado que el ruido generado por maquinaria industrial en múltiples entornos incluido equipos rotativos y no rotativos donde se encontró patrones de funcionamiento, fallas y niveles críticos de emisión sonora (Juarez-León et al., 2025). En este sentido, los grupos electrógenos al ser equipos industriales representa una fuente considerable de presión sonora debido a la interacción entre el motor de combustión interna acoplado a un generador, un sistema de escape y ventiladores propios del equipo los cuales al no ser controlados adecuadamente pueden alcanzar valores perjudiciales (Santamaria et al., 2026), como consecuencia excede los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ambiental central del Ecuador en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente - Libro VI, Anexo 5: Normas de Emisión de Ruido (Ministerio del Ambiente, 2017).

En Ecuador, la normativa ambiental vigente exige a las empresas establecer en sus procesos productivos el cumplimiento de la normativa, implementar sistemas de gestión ambiental y seguridad industrial basados en los parámetros establecidos con el fin de disminuir la exposición de los trabajadores y reducir el impacto ambiental que produce el ruido según uso de suelo.

Planteamiento del problema: en la actualidad las industrias enfrentan problemas constantes en sus procesos productivos con el cumplimiento de las

normativas vigentes ambientales. En instalaciones industriales como Refinería La Libertad, los grupos electrógenos son utilizados como fuente generadora de energía eléctrica. No obstante, su operación genera alta presión sonora debido a la potencia y arquitectura del equipo superando los límites establecidos por la normativa ambiental, pese a ello el equipo no puede dejar su funcionalidad ya que garantizan la continuidad productiva dentro la industria.

En este contexto, uno de los factores más relevantes es la contaminación acústica generada por equipos de gran potencia, entre ellos el grupo electrógeno Nro.5 del área de Generación Eléctrica de Refinería La Libertad que cumple un papel fundamental en la provisión de energía, sin embargo, los niveles de presión sonora que produce el equipo generan impacto directo en la salud de los trabajadores y en los habitantes de sus alrededores.

A partir de la visita técnica de campo guiado por el tutor de refinería se identificó que durante la operación normal del grupo electrógeno N°5 puede alcanzar intensidades sonoras entre 90 y 120 dB(A) (ver Anexo 1) a un metro de distancia del equipo, en las mediciones fueron realizadas por la empresa utilizando un sonómetro calibrado y normatizado, en las cuales los valores exceden los límites máximos establecidos por el Ministerio del Ambiente en el Texto Unificado de Legislación Secundaria, el cual regula los niveles de ruido ambiente para fuentes fijas en zonas industriales en horario diurno 70 dB(A) y en horario nocturno 65 dB(A)(ver Anexo 2).

Las causas del problema se relacionan con diversos factores técnicos y operativos, en el que el grupo electrógeno Nro. 5 carece de una estructura de insonorización diseñada especialmente para su nivel de potencia. El diseño del área donde se está situado no favorece a la disipación del ruido siendo más propensa a que se propague con mayor facilidad en sonido hacia distintas direcciones lo cual causa que incremente el riesgo de pérdida auditiva inducida por ruido (PAIR), además de generar un ambiente laboral incomodo de baja concentración para los operadores que cumplen turnos prolongados.

Formulación del problema de investigación

¿La implementación de un sistema de control acústico permitirá disminuir los niveles de ruido y el impacto ambiental generado por el grupo electrógeno del área de generación eléctrica de Refinería La Libertad?

Alcance de la investigación: la investigación se delimitara en la Refinería La Libertad, en el área de generación eléctrica, el objeto de estudio es grupo electrógeno Nro. 5 donde actualmente laboran 37 trabajadores según datos del censo (ver Tabla 3), involucrados en el área. El estudio contempla la identificación de las fuentes emisoras de ruido, la medición de los niveles de presión sonora en puntos estratégicos y el análisis de los resultados conforme a los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA, (2017). Para garantizar la fiabilidad de los datos, se utiliza instrumentos de medición calibrados y certificados.

La investigación adopta un alcance descriptivo ya que permite caracterizar la situación actual del ruido industrial del grupo electrógeno e identificar las causas que originan los elevados niveles sonoros. A partir de los resultados del análisis descriptivo de la investigación se formula una propuesta técnica que planee estrategias de aislamiento de ruido, materiales absorbentes y configuraciones estructurales que disminuyan significativamente los niveles de presión sonora altos. Asimismo, el enfoque cuantitativo de la investigación permite integrar datos cuantitativos provenientes de mediciones acústica con información recolectada a través de encuestas aplicadas al personal expuesto.

Este estudio se limita a una propuesta técnica; sin embargo, no incluye ninguna implementación práctica de la misma ni pruebas en campo que terminen su efectividad real. Se trata específicamente del diseño técnico de la propuesta y de cómo determinar si esto efectuarse. Además, no cubre ningún otro tipo de ruido producido en la zona de la empresa, únicamente se analizó el equipo generador N. °5.

Justificación de la investigación: se pone a prueba la necesidad de reducir el ruido generado por el grupo electrógeno N. °5, en operación en la Refinería de La Libertad, con un impacto directo en la salud de los trabajadores expuestos y de los residentes en situaciones geográficas convexas. Los lugares de trabajo ruidoso también constituyen un importante riesgo físico ocupacional, además de causar molestias y contaminantes acústicos. En este marco el Decreto Ejecutivo N. ° 255, (2024) establece la obligación de proponer todo lo relacionado con la prevención de los riesgos laborales y las condiciones de trabajo seguras.

El estudio es esencial para encontrar soluciones técnicas, cumplir con la normativa ambiental y los estándares de seguridad industrial, así como para crear un entorno laboral seguro y respetuoso con el medio ambiente.

Técnicamente, el trabajo ofrece detalles específicos sobre la naturaleza del ruido industrial en los sistemas de generación de energía eléctrica, incluidos los puntos clave de emisión, las características de desempeño de los materiales y las posibles técnicas de aislamiento. Los resultados pueden ser usados como punto de referencia para estudios similares de control de ruido en entornos industriales.

En el ámbito social, ambiental de seguridad industrial, la propuesta beneficia tanto al personal operativo y zonas periféricas del área de generación eléctrica de Refinería La Libertad, al proponer medidas para la disminuir los efectos del ruido excesivo en conjunto con la fomentación de la cultura de prevención y sostenibilidad.

En síntesis, la investigación es necesaria, pertinente y viable al ofrecer una solución técnica integral que promueve la eficiencia operativa y responsabilidad ambiental dentro del contexto industrial.

Preguntas directrices:

1. ¿Cuáles son los efectos de la elaboración una propuesta para la disminución de ruido en el grupo electrógeno Nro. 5 del área de generación eléctrica basado en normativas ambientales y de seguridad industrial en la Refinería de La Libertad, Santa Elena, Ecuador?
2. ¿Cuál es el escenario actual con respecto a los niveles de ruido medidos en relación con los límites permisibles establecidos por el TULSMA?
3. ¿Cómo pueden evaluarse los métodos de mitigación de ruido que pueden aplicarse al sonido producido en entornos industriales?
4. ¿Qué sistema de control acústico permite la reducción de los niveles de ruido generados por el grupo electrógeno N° 5?

Objetivos:

Objetivo general

Elaborar una propuesta para la disminución de ruido en el grupo electrógeno Nro. 5 del área de generación eléctrica, con las normativas ambientales y de seguridad industrial en la Refinería La Libertad, Santa Elena, Ecuador.

Objetivos específicos

OE. 1. Desarrollar un marco teórico mediante la revisión de la literatura científica orientado a la disminución de los niveles de ruido.

OE. 2. Diagnosticar la situación actual de ruido mediante un marco metodológico para el análisis de las variables “medidas técnicas” y “nivel de ruido”.

OE. 3. Proponer un sistema de control de ruido acústico para el grupo electrógeno N° 5.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

En el ámbito industrial existe problema de ruido, según las metodologías modernas se ha llegado a priorizar el análisis riguroso las vibraciones. Además, el estudio presentado por (J. Li et al., 2025) han demostrado métodos sobre el comportamiento para la aplicación de mediciones precisas y optimización de espacios habitables mediante una evaluación del ruido. En base, a lo establecido por (Simona Stanca, 2021) en el estudio se evidencia la importancia de caracterizar las fuentes sonoras con el finde optimizar el aislamiento, esta investigación fundamenta la necesidad de implementar soluciones efectivas para la contaminación acústica.

Así mismo, la simulación computacional mediante programas ha permitido facilitar el estudio y la prevención de ruido eficientemente. Las investigaciones realizadas según (Ma et al., 2025) demuestran la aplicación de modelos actualizados que ayudan a anticipar los impactos acústicos. Según las evaluaciones sistemáticas sobre la contaminación acústica en procesos ha permitido seleccionar materiales absorbentes que mitiguen las emisiones sonoras (Azmán, 2021).

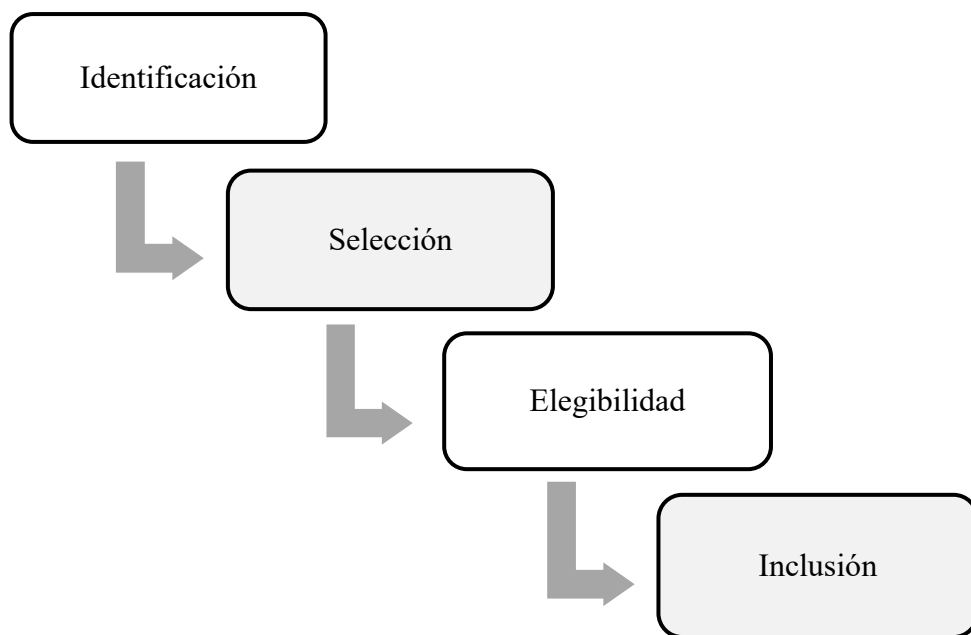
En relación con el control del ruido, los resultados demuestran que la implementación de materiales absorbentes como paneles acústicos han demostrado una adecuada disipación de ruido mejorando la calidad del ambiente (J. Li et al., 2025). Los resultados demuestran que el monitoreo continuo y las mediciones acústicas son importantes para la validación eficiente de los materiales o superficies aislantes, la investigación del control de ruido industrial confirma la efectividad del uso de barreras acústicas para la reducción del impacto auditivo provocado por las emisiones sonoras (Azmán, 2021).

1.2. Estado del arte

A partir de lo expuesto se lleva a cabo la investigación mediante una revisión sistemática de la literatura, siguiendo las directrices establecidas en la declaración Prisma, (2020), como una estrategia para el desarrollo de la revisión de la literatura, adaptándola como una metodología cuyo objetivo es el análisis sistemático y riguroso con el fin de evidenciar los artículos científicos.

En este contexto, se considera utilizar revisión sistemática basada en PRISMA como guía metodológica, fundamentándose en la recopilación de datos en conjunto con el análisis de información proveniente de la base de datos Scopus. Posteriormente se establece parámetros metodológicos como la formulación de preguntas en base a la investigación, las estrategias de búsqueda, los procesos de selección de los artículos y la extracción de los datos para reducir los artículos a la fase de aplicación de las directrices PRISMA y el análisis científico de la literatura de alta calidad.

Figura 1. *Directrices PRISMA.*



Nota. Directrices de la metodología PRISMA (Prisma, 2020).

La Figura 1 muestra la aplicación de las directrices de la metodología PRISMA, representada a través de cuatro fases: identificación, selección, elegibilidad e inclusión, el cual permite realizar una búsqueda estructurada de la literatura

científica y aplicar criterios de exclusión e inclusión.

Pregunta de la investigación: ¿Una propuesta técnica permitirá reducir los niveles de ruido y el impacto ambiental que produce el grupo electrógeno del área de generación eléctrica de la Refinería La Libertad?

De acuerdo con la pregunta establecida se asignaron las siguientes variables (ver Tabla 1), con sus respectivos términos de búsqueda y de las operaciones booleanos AND para estructurar las variables a investigar (ver Anexo 3, Anexo 4).

Tabla 1. *Variables.*

Variable independiente	Medidas técnicas
Variable dependiente	Nivel de ruido

Nota. Esta tabla se observa la variable independiente y variable dependiente de la investigación.

La Tabla 1 representa las variables consideradas en la investigación, permitiendo definir los elementos usados en el desarrollo del estudio.

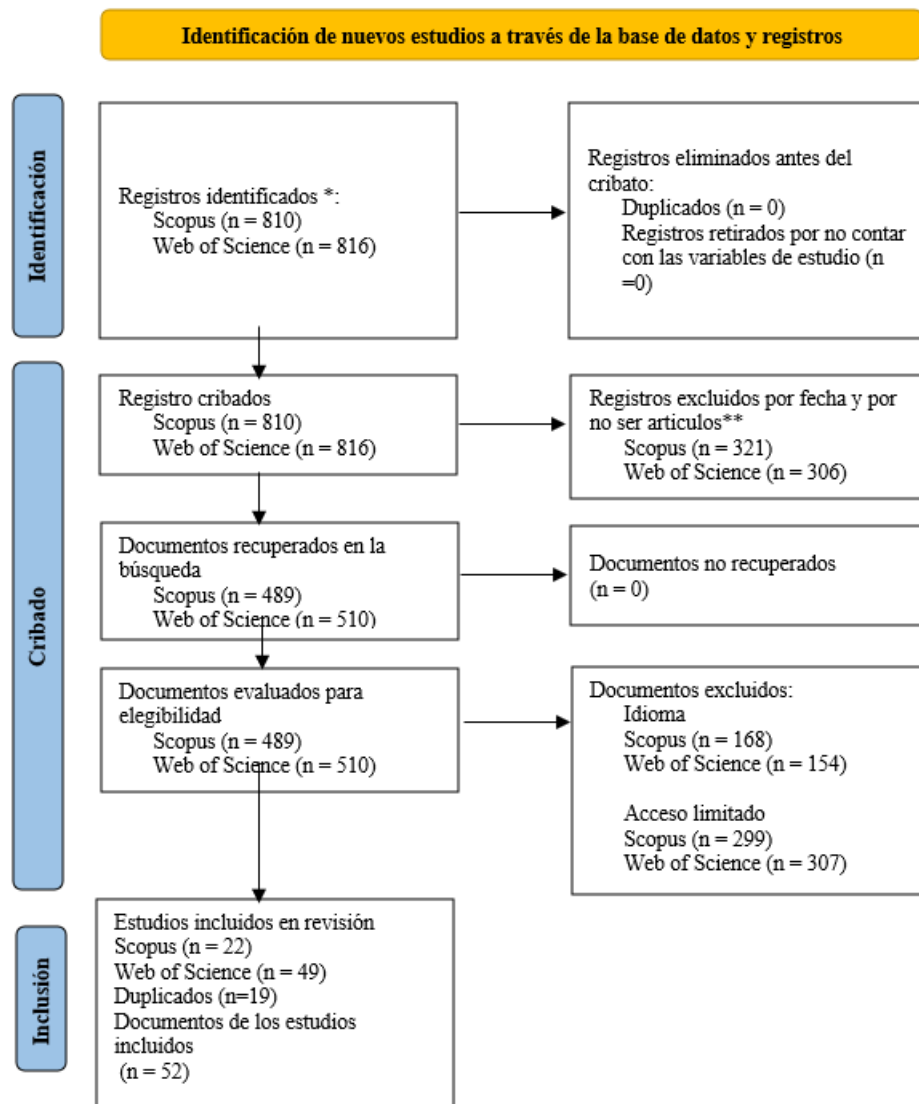
Redacción de criterios de inclusión y exclusión: los criterios de inclusión y exclusión de la base de datos Scopus se explican en el Anexo 5 y los criterios de la base de datos Web of Science en el Anexo 6. Se da prioridad a los parámetros de elegibilidad como criterio de inclusión, que se consideran los artículos publicados entre los años 2021 y 2026, en idioma inglés correspondientes al área de ingeniería.

Búsqueda documental: a partir de la búsqueda se aplicó las variables de la Tabla 1 para la investigación: “technical measures” AND “noise level” en las bases de datos de Scopus y Web of Science, se identificó un total de 1.626 artículos. Los resultados fueron exportados e importados en RStudio, donde, mediante el paquete de Bibliometrix se integraron los registros, se identificaron y eliminaron los documentos duplicados y se generó una base de datos consolidada para el análisis bibliométrico.

Búsqueda bibliográfica: en esta etapa se procedió a recopilar artículos actualizados conforme a los parámetros establecidos en la lista de verificación prisma para resumen estructurado (ver Anexo 7).

Cribado y selección de estudios: se muestra los parámetros a utilizar en la selección de descarte y selección de artículos validados en Scopus (ver Anexo 5) y en Web of Science (ver Anexo 6), luego se comprueba el resultado de los artículos válidos.

Figura 2. Diagrama de flujo bajo directrices PRISMA.

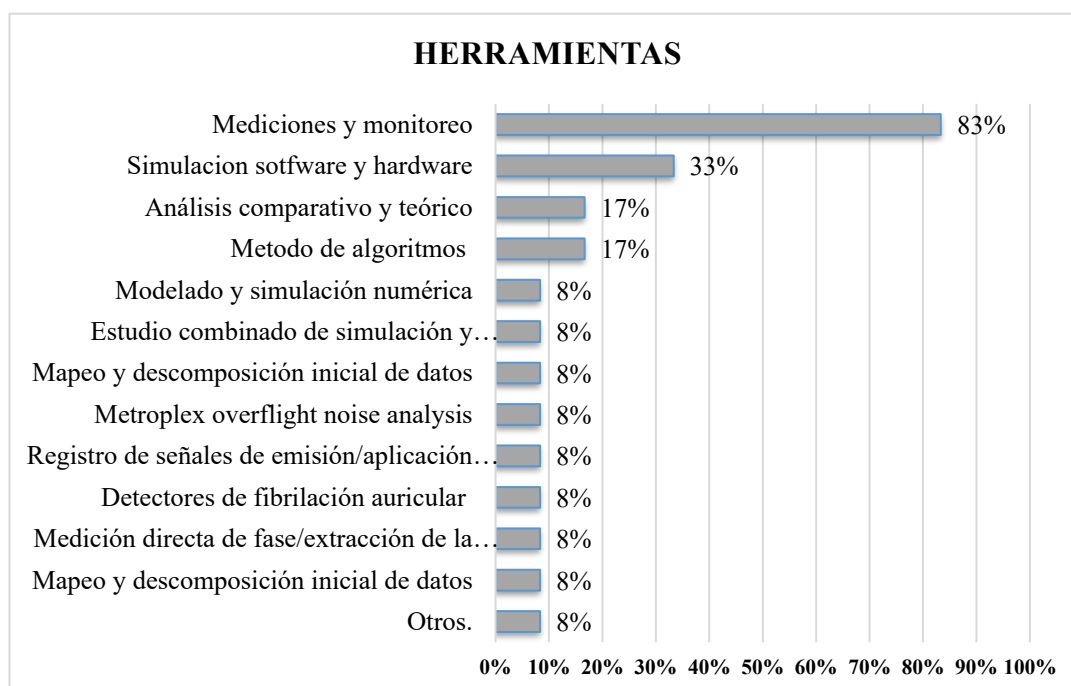


Nota. La figura muestra el diagrama de flujo bajo directrices PRISMA con los resultados de su aplicación.

La Figura 2 muestra la identificación de nuevos estudios a través de la base de datos y estudios, los cuales determinaron 52 documentos validados luego de la aplicación de las directrices.

Análisis de los resultados de la base de datos: mediante la revisión de la matriz referencial se obtuvo un corpus de 52 artículos, donde se identificaron las herramientas empleadas en los estudios analizados, mediciones y monitoreo, simulación software y hardware, análisis comparativo y teórico, método de algoritmos, modelado y simulación numérica, entre otros. La frecuencia de uso y relevancia relativa de estas herramientas se presentan en el diagrama de barras (ver Figura 3), lo que permite evidenciar su nivel de aplicación en el ámbito del control y mitigación del ruido.

Figura 3. *Herramientas de las metodologías.*



Nota. Representación gráfica de las herramientas de las metodologías.

La Figura 3 muestra las herramientas de las metodologías de los 52 documentos válidos, mediciones y monitoreo con un 83 %, el uso simulación software y hardware 33 %; en contraste, análisis comparativo y teórico con 17 %, método de algoritmo con 17 % y modelado y simulación numérica 8 % presentan menor aplicación. En consecuencia, con los hallazgos se optó la metodología mediante la realización de mediciones con sonómetro en puntos estratégicos del área de estudio.

1.2.1. Protocolo de la investigación

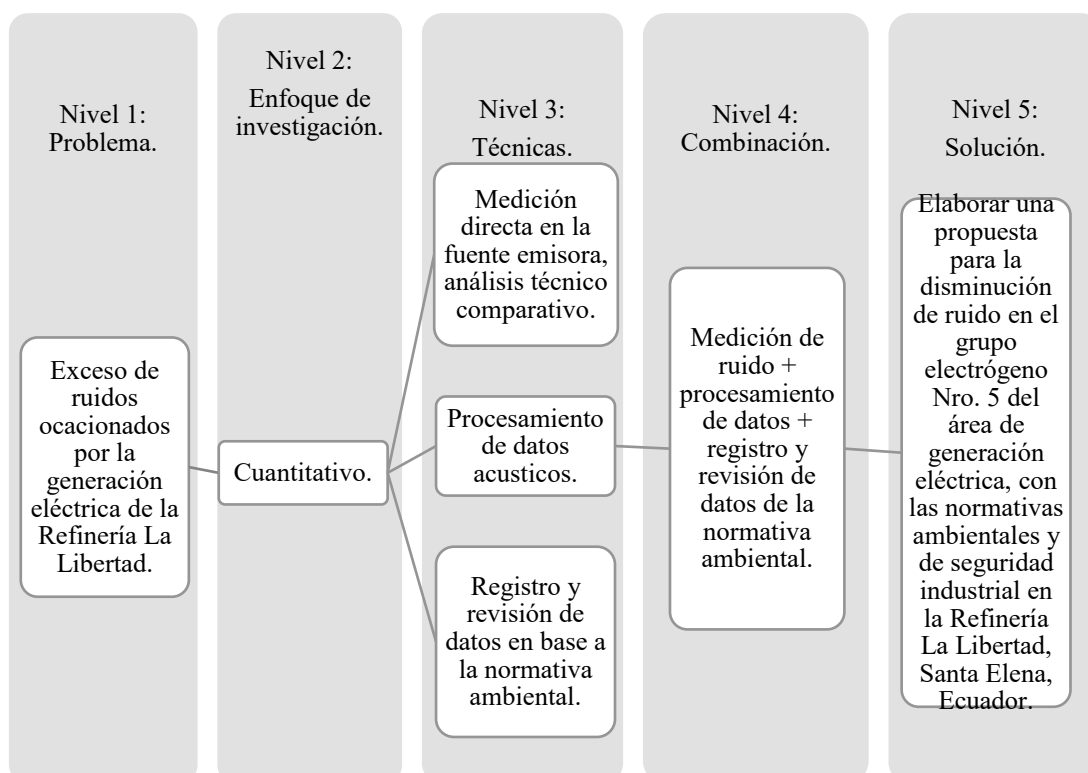
El presente estudio presenta como problema general sobre el exceso de ruido ocasionados por la generación eléctrica de la Refinería La Libertad provincia de Santa

Elena, siendo este un componente perjudicial para las personas trabajadoras que no se sienten cómodo por el ruido. Para ello se utilizó un enfoque cuantitativo que permite obtener datos numéricos que ayuda a medir, describir y comparar datos obtenidos de una investigación.

También se aplicaron técnicas como la medición de los niveles de presión sonora (dB) en la fuente emisora, junto con el análisis de datos acústicos y el registro, revisión de datos en base a la normativa ambiental, lo cual permite cuantificar el impacto del ruido. Esta combinación metodológica permite obtener un diagnóstico completo, al articular los resultados de las mediciones con el análisis del contexto operativo.

Finalmente, a partir de la integración de los resultados obtenidos, se plantea como solución elaborar una propuesta para la disminución de ruido en el grupo electrógeno N°. 5 del área de generación eléctrica, con las normativas ambientales y de seguridad industrial en la Refinería La Libertad, Santa Elena, Ecuador. A continuación, se presenta el esquema del protocolo de investigación desarrollado, donde se visualiza la relación entre el problema, el enfoque metodológico, las técnicas empleadas, su integración y la solución propuesta.

Figura 4. *Protocolo de la investigación.*



Nota. La figura muestra el protocolo de la investigación que consta con cinco niveles: nivel 1: problema; nivel 2: enfoque de la investigación; nivel 3: técnicas; nivel 4: combinación; nivel: solución.

En la Figura 4 se observa el esquema del protocolo de investigación aplicado en el estudio. La estructura permite visualizar la secuencia de las actividades ejecutadas, desde el nivel 1 al 5.

1.3. Fundamentos conceptuales

1.3.1. Ruido

El ruido se puede definir como un tipo de sonido que independientemente de su fuente de origen produce un ruido no deseado, y que se trasciende en forma de ondas acústicas. Su caracterización se basa sobre dos pilares; la intensidad sonora y la apreciación del receptor (Mosa et al., 2023).

1.3.2. Ruido industrial

El ruido industrial es una expresión específica del ruido como consecuencia de vibraciones mecánicas y fenómenos internos que se genera durante la operación de maquinaria, equipos, y procesos industriales propios del funcionamiento de los sistemas productivos (Zhang et al., 2025). Se caracteriza por presentar niveles elevados de presión sonora, con una emisión prolongada, asociados al régimen de funcionamiento de los equipos y condiciones operativas del entorno industrial donde se sitúen (Juarez-León et al., 2025).

1.3.3. Zona industrial

Es el área cuyo uso de suelo está destinado predominantemente al desarrollo de actividades industriales, en la que es obligatorio la protección de los operadores contra posibles daños o pérdida auditiva, pero en que la necesidad de conversación es limitada (Libro VI, Anexo 5 del TULSMA, 2017).

1.3.4. Grupo electrógeno

Un grupo electrógeno es un equipo diseñado para transformar la energía mecánica en energía eléctrica, generalmente por un motor de combustión interna acoplado a un generador. Estos sistemas son indispensables en instalaciones industriales petroleras, ya que garantiza la continuidad del suministro eléctrico, sin embargo, durante su funcionamiento el motor y el sistema de escape producen niveles considerados de presión sonora según especificaciones técnicas del equipo.

1.3.5. Efectos del ruido

El ruido industrial constituye uno de los contaminantes físicos de mayor impacto en entornos productivos, especialmente en instalaciones energéticas donde operan grupos electrógenos de alta potencia. Desde una perspectiva técnica, el ruido no solo representa una perturbación acústica, sino un agente capaz de generar alteraciones auditivas, fisiológicas y psicológicas, cuya magnitud depende del nivel de presión sonora, el tiempo de exposición y la susceptibilidad individual (Saravanan et al., 2026).

1.3.5.1. Efectos auditivos: constituyen la consecuencia más estudiada de la exposición prolongada al ruido. Desde el punto de vista fisiopatológico, la energía acústica excesiva provoca daño mecánico y metabólico en las células ciliadas del órgano de Corti, generando inicialmente un desplazamiento temporal del umbral auditivo (TTS) y, posteriormente, una pérdida permanente de la audición (PTS) cuando la exposición supera límites permisibles (Bies & Hansen, 2020).

1.3.5.2. Efectos fisiológicos: más allá del sistema auditivo, el ruido actúa como un estresor ambiental capaz de activar el sistema nervioso autónomo y el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal. Esta activación produce liberación de catecolaminas y cortisol, generando incrementos en la presión arterial, frecuencia cardíaca y resistencia vascular periférica (Naimušin et al., 2025).

1.3.5.3. Efectos psicológicos: el ruido también genera impactos cognitivos y emocionales. Se ha demostrado que niveles elevados de presión sonora afectan la concentración, el rendimiento laboral y la comunicación verbal, aumentando la probabilidad de errores operativos y accidentes industriales (Zaky et al., 2025).

1.3.6. Materiales acústicos

Los materiales acústicos se emplean para modificar el comportamiento del sonido en un recinto, ya sea absorbiendo energía, reflejándola o aislándola. Su selección depende del mecanismo físico predominante: absorción, resonancia o aislamiento (Bies & Hansen, 2020).

1.3.6.1. Materiales absorbentes: los materiales absorbentes reducen la energía sonora mediante conversión en calor por fricción viscosa y pérdidas térmicas internas. Se caracterizan por su coeficiente de absorción (α), que varía entre 0 y 1. Materiales como lana mineral, fibra de vidrio y espumas acústicas presentan alta eficiencia en frecuencias medias y altas, siendo comúnmente utilizados en recubrimientos internos de cabinas acústicas para grupos electrógenos (Saravanan et al., 2026).

1.3.6.2. Materiales porosos: constituyen una subcategoría de absorbentes cuyo funcionamiento depende de la interconexión de cavidades internas que generan pérdidas por fricción del aire oscilante (Allard & Atalla, 2022). Su desempeño está condicionado por la resistividad al flujo, espesor y densidad. En aplicaciones industriales, se combinan con barreras de alta masa para lograr soluciones híbridas de absorción y aislamiento.

1.3.6.3. Resonadores: los resonadores acústicos funcionan bajo el principio de resonancia selectiva, absorbiendo energía en frecuencias específicas. El resonador de Helmholtz, por ejemplo, se diseña en función del volumen de cavidad y dimensiones del cuello (Vér & Beranek, 2020). En grupos electrógenos, pueden emplearse para atenuar frecuencias dominantes asociadas a la combustión o frecuencia de rotación del motor.

1.3.7. Material aislante

El aislamiento acústico tiene como objetivo impedir la transmisión del sonido entre recintos. A diferencia de la absorción, el aislamiento depende principalmente de la masa superficial, rigidez y desacoplamiento estructural.

La ley de masa establece que la pérdida por transmisión aumenta aproximadamente 6 dB cada vez que se duplica la masa por unidad de área (Bies & Hansen, 2020).

En el diseño de cabinas para grupos electrógenos, se emplean paneles multicapa que combinan; láminas metálicas, material absorbente interno, barreras de alta densidad y sistemas antivibratorios. Esto permite reducir tanto la transmisión aérea como la estructural.

1.3.8. Mapa de ruido

El mapa de ruido es una representación gráfica de la distribución espacial de niveles sonoros en un área determinada. Se elabora mediante mediciones in situ o modelación predictiva basada en normas técnicas. Su finalidad es: identificar focos emisores, determinar zonas críticas, evaluar cumplimiento normativo y diseñar estrategias de mitigación.

1.4. Descripción de la empresa

La Refinería La Libertad es una infraestructura industrial destinada a la transformación de petróleo crudo mediante procesos de refinación. Su capacidad operativa es de 45 000 barriles diarios y una carga anual de aproximadamente de 14 850 000 barriles, principalmente crudo liviano con una gravedad de 28,5 ° API, gran parte proveniente del oriente ecuatoriano y el resto de los campos de la Península de Santa Elena. Entre los productos generados incluye gasolina, diésel, fuel oíl, spray oíl, solventes, gas licuado de petróleo (GLP), los cuales son almacenados en el sistema de tanques que dispone la refinería.

Misión, visión y valores

La Empresa Pública Petroecuador desarrolla su gestión empresarial acorde con la política nacional de respeto al ambiente y de responsabilidad social con sus integrantes y las comunidades aledañas a las áreas de operación que mantiene en el ámbito nacional, de acuerdo con el “Plan Estratégico Empresarial de EP PETROECUADOR 2021-2025” (Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador EP PETROECUADOR, 2022).

Misión

Maximizar de manera sustentable el valor de los recursos energéticos para el beneficio de la sociedad ecuatoriana.

Visión

Ser la empresa referente a nivel regional que refuerza la seguridad, eficiencia y desempeño energético con criterios de transparencia, probidad y compromiso social.

Valores

- Transparencia.
- Integridad.

- Responsabilidad.
- Respeto.
- Eficiencia.
- Conciencia ambiental y social.

Tabla 2. *Datos de la EP Petroecuador.*

DATOS DE EP PETROECUADOR	
Nombre de la institución	EP Petroecuador.
Unidad Operativa/Sucursal	Refinería La Libertad.
Razón social	Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador Ep Petroecuador.
Registro único de contribuyente (RUC)	176815350001.
Tipo de empresa	Pública.
Dirección	Santa Elena, cantón La Libertad, específicamente en la ciudadela Las Acacias, barrio Puerto Rico sobre la calle 27, diagonal al Muelle Ep Petroecuador.

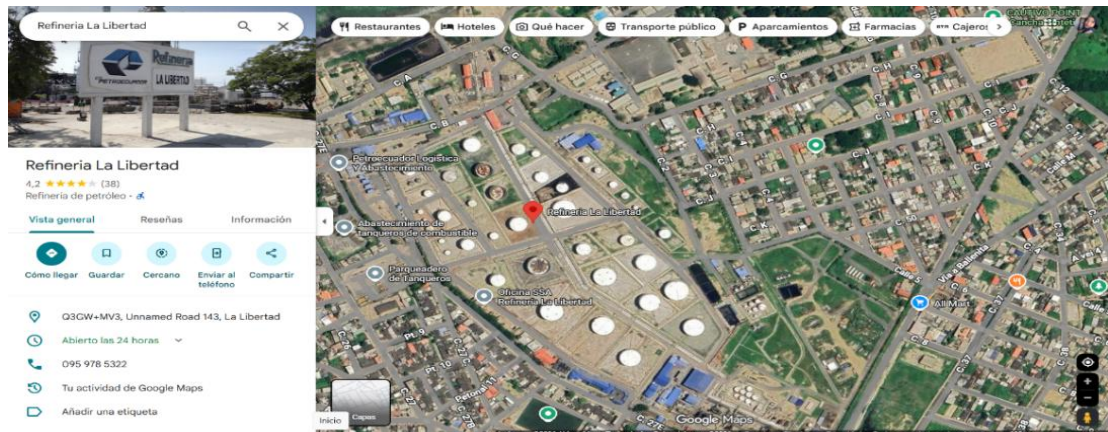
Nota. Esta tabla muestra los datos de EP Petroecuador, Refinería La Libertad.

La Tabla 2 representa la información general de Refinería La Libertad, unidad operativa perteneciente a la EP Petroecuador. Se detalla los datos institucionales, tales como su naturaleza jurídica como empresa pública, ubicación geográfica y datos generales de identificación. Esta información permite contextualizar adecuadamente el desarrollo y análisis del estudio desarrollado.

Ubicación geográfica de la empresa

La Refinería La Libertad se encuentra ubicada en la provincia de Santa Elena, cantón La Libertad, específicamente en la ciudadela Las Acacias, barrio Puerto Rico sobre la calle 27, diagonal al Muelle Ep Petroecuador. Sus coordenadas geográficas aproximadas son 2° 13'45" de latitud sur y 80°54'30" de longitud oeste.

Figura 5. Ubicación de Refinería La Libertad.



Nota. Extraído de Google Maps.

La ubicación del área de estudio permite establecer el contexto físico donde se realizaron las actividades de levantamiento de información, en la Figura 5 se representa la ubicación geográfica de la empresa.

1.5. Área de generación eléctrica de Refinería La Libertad

La central de generación eléctrica de RLL es la responsable de asegurar el suministro continuo de energía para las operaciones de la planta en conjunto con la central de generación eléctrica Planta Cautivo. En la central de RLL tiene una demanda eléctrica de 2,7 MW aproximadamente, el cual es suministrado por cinco grupos electrógenos.

Cuatro de estas unidades (grupo Nro. 1, 2, 3, 4) poseen una capacidad nominal individual de 2,2 MW/1.8 MW en operación y el grupo electrógeno Nro. 5 siendo el ultimo incorporado. Actualmente se usan de acuerdo con la planificación basada en horas de servicio acumuladas y en estricto cumplimiento de las recomendaciones técnicas conforme a las especificaciones del fabricante.

Grupo electrógeno Nro. 5 del área de generación eléctrica

El grupo electrógeno en estudio forma parte del sistema de generación, fue incorporado en diciembre del 2020 como parte del fortalecimiento de la capacidad instalada que la planta. El equipo tiene una potencia nominal de 1965 kW, opera a una velocidad de 1500 RPM y funciona con una frecuencia de 50 Hz.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo expone de manera estructurada los métodos, técnicas y procedimientos empleados en el desarrollo de la investigación, con el fin de asegurar la coherencia metodológica y la validez de los resultados. En este sentido, se define el camino a seguir para el análisis de las emisiones de ruido del grupo electrógeno N. °5 de la Refinería La Libertad, además de articular una propuesta técnica que permita reducirlo.

El diseño metodológico aplicado constituye uno de los componentes principales para poder estructural y organizar adecuadamente todas las etapas que conformaron el desarrollo del proceso de investigación. Para lograr este objetivo, se recurrió en gran medida a fuentes de información obtenidas de manera empírica mediante la realización de mediciones directas in situ en entornos reales.

Del mismo modo, esta recopilación se complementó mediante la integración de fuentes relevantes como Scopus y Web of Science. Esta convergencia de enfoques para la recopilación de información es una cuestión de estrategia, establecimiento un sustento teórico y pertinente dentro del campo especializado de la acústica aplicada (Zhang et al., 2025).

Esta metodología conceto el análisis en la propagación de ondas acústicas analizando en diferentes frecuencias con el fin de demostrar la reducción de ruido en baja frecuencia (Antraoui et al., (2025).

De igual manera, se formularon criterios técnicos para instrumentos y herramientas de análisis aplicando el procesamiento digital de señales, modelos dinámicos y simulaciones lo cual permitió garantizar la objetividad en las mediciones (Chen et al., 2026).

Finalmente, se definieron condiciones metodológicas que garantizan la reproducibilidad del estudio, alineándose con estándares de investigación técnico–científica. En consecuencia, este marco metodológico constituye la base para el desarrollo de una propuesta viable de control de ruido, orientada a reducir el impacto acústico en el entorno industrial

2.1. Enfoque de investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, lo que permite medir las variables objeto de estudio a través de la recolección de información y datos numéricos. En gran medida este enfoque se direcciona a la relación de las variables mediante procedimientos estadísticos y su comportamiento entre ellas. Como menciona (Armijos, 2024) el enfoque cuantitativo busca medir y analizar variables de forma numérica comprobando hipótesis y estableciendo relaciones causales mediante técnicas estadísticas; esta perspectiva está basada en el razonamiento deductivo y búsqueda de generalidades.

Desde la perspectiva cuantitativa, se consideró la medición de variables físicas asociadas al fenómeno acústico, tales como los niveles de presión sonora y las frecuencias generadas por el grupo electrógeno, las cuales fueron registradas y analizadas mediante instrumentos especializados.

2.2. Diseño de investigación

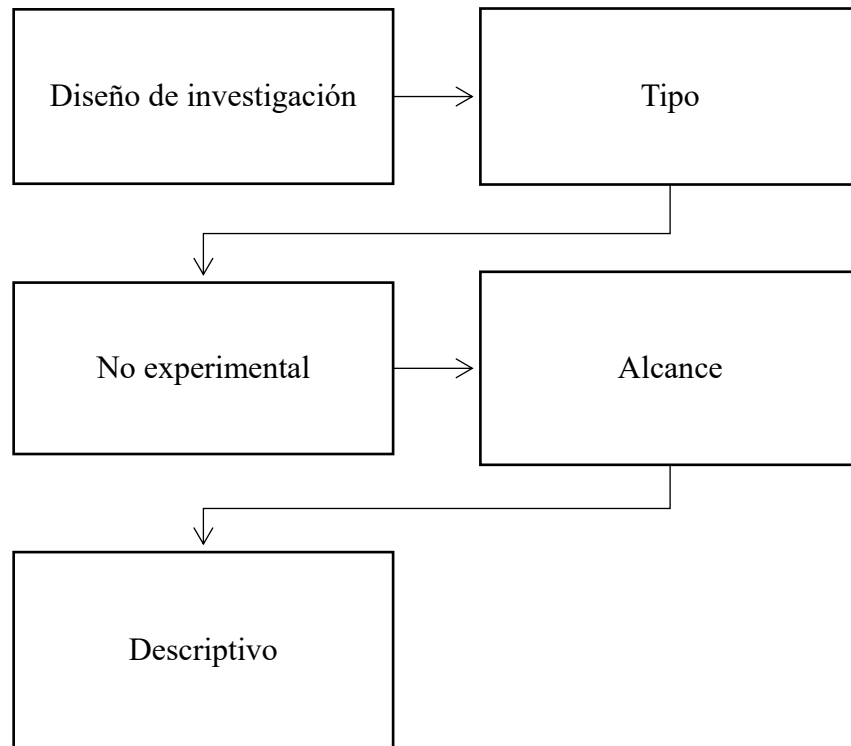
El diseño de la presente investigación se enmarca en un enfoque no experimental, debido a que las variables de estudio no fueron manipuladas deliberadamente, sino que se analizaron en su estado natural dentro del entorno donde se presenta el problema. En este caso, se evaluaron las condiciones reales de operación del grupo electrógeno N.º 5 de la Refinería La Libertad, con el fin de identificar los niveles de ruido generados y sus características principales.

Este tipo de diseño resulta adecuado en estudios de carácter técnico–industrial, donde se busca analizar fenómenos existentes sin alterar su comportamiento, permitiendo obtener resultados representativos de la realidad operativa del sistema. Investigaciones recientes en el área de acústica aplicada y análisis de vibraciones han empleado este tipo de enfoque para evaluar emisiones sonoras en maquinaria industrial (Fan et al., 2025).

Adicionalmente, la investigación se desarrolló bajo un diseño de campo, ya que la recolección de datos se llevó a cabo directamente en el lugar donde ocurre el fenómeno de estudio. Por ello, se obtuvo información concreta con los registros obtenidos de las condiciones actuales de ruido en el entorno con parámetros realistas.

En conjunto, la combinación de un diseño no experimental, de campo y transversal permitió analizar el problema de manera objetiva y contextualizada, facilitando la formulación de una propuesta técnica viable para la reducción del impacto acústico en el sistema de generación eléctrica.

Figura 6. *Diseño de la investigación.*



Nota. La figura muestra el diseño de la investigación basada en datos, (Hernández et al., 2018).

La Figura 6 muestra el diseño de investigación basado en la recopilación y análisis de datos, considerando los procedimientos metodológicos establecidos para el desarrollo del estudio (Hernández et al., 2018). Este diseño permite organizar las etapas de investigación y la interpretación de los resultados obtenidos.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Censo

El censo fue establecido considerando al personal del área de generación eléctrica RLL, debido a su exposición directa. La selección fundamenta el análisis preliminar de las condiciones actuales e impacto del ruido industrial en el entorno laboral.

La participación del personal fue fundamental para el diagnóstico del problema acústico debido a su permanencia y experiencia en el área, y mantienen una exposición directa a los niveles de ruido generado en el entorno laboral. En consecuencia, se identificó al personal que cumple sus funciones en el área de generación presente en la siguiente tabla:

Tabla 3. *Personal de generación eléctrica RLL.*

PERSONAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA RLL	CANTIDAD	CANTIDAD
Contratista	27	73%
Operadores	6	16%
Supervisores	4	11%
TOTAL, DE TRABAJADORES	37	100%

Nota. La tabla muestra el personal del área de generación eléctrica de Refinería La Libertad con total de 37 trabajadores.

La Tabla 3 presenta un total de 37 trabajadores en el área de los cuales un 73 % corresponde a contratistas que trabajan una jornada diurna de 8 horas, el 16 % y 11 % corresponde a operadores y supervisores que rotan tres turnos por diarios.

2.3.2. Muestra

En la investigación no aplica un muestreo, debido a que la población del objeto de estudio es reducida y accesible, conformada por 37 trabajadores en el área de estudio (ver Tabla 3). En consecuencia, se optó por realizar un censo considerando la totalidad de los individuos expuestos. Esta decisión permite obtener información precisa y veraz, eliminando error muestral, garantizando un mayor nivel de confiabilidad de los resultados.

2.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos

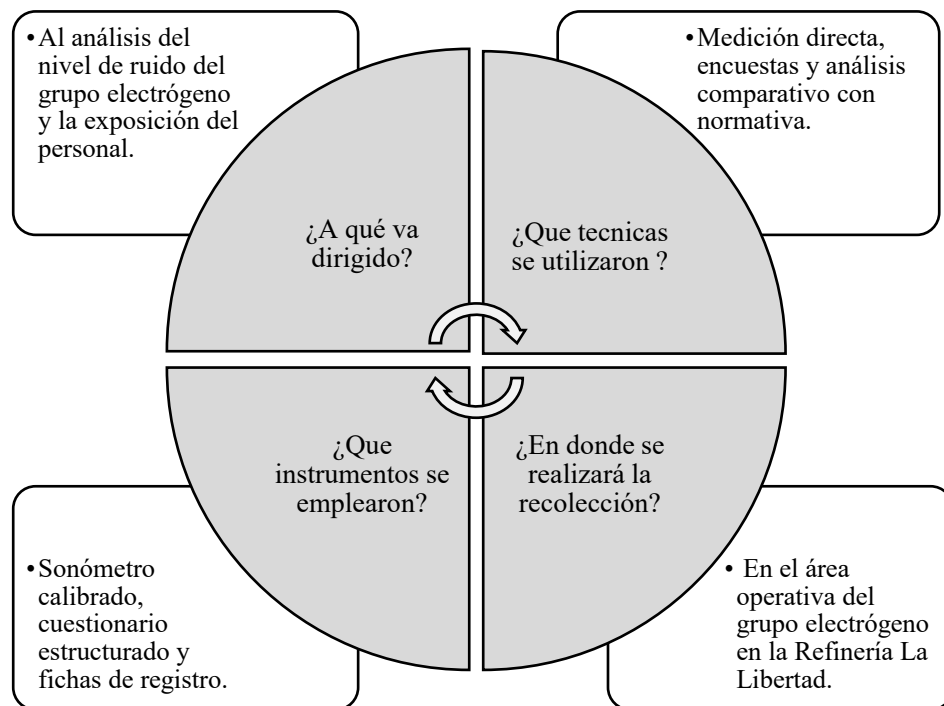
2.4.1. Métodos de recolección de los datos

Los métodos de recolección de datos en la presente investigación se conciben como el conjunto organizado de procedimientos que permiten obtener información relevante de manera sistemática y confiable. Estos enfoques conllevan distintas fases orientadas a alinear los objetivos de estudio con los resultados observados.

En este sentido, la metodología empleada conlleva las estrategias de recopilación de información, ya que combina aspectos tanto de enfoques teórico como empíricos que permiten obtener una visión amplia del fenómeno acústico. Estos enfoques expresan la elección de métodos e instrumentos adecuados para el criterio de validación y control establecido por la ciencia, con el fin de proporcionar datos variables.

De esta manera, la aplicación de un enfoque metodológico estructurado permite generar una base sólida de información, facilitando el análisis técnico del problema y sustentando la formulación de la propuesta orientada a la disminución del ruido en el entorno industrial estudiado.

Figura 7. Plan de recolección de datos.



Nota. Plan de recolección de datos en base a Hernández, (2018).

La figura presenta el plan de recolección de datos aplicado en la investigación. Este proceso considera la definición de las fuentes de información, la aplicación de técnicas e instrumentos de recopilación de datos, en consecuencia, se obtiene un análisis de la información permitiendo la relación entre los datos recopilados y los objetivos planteados (Hernández et al., 2018).

2.4.2. Técnicas de recolección de los datos

Las técnicas de recolección de datos utilizadas en la presente investigación se seleccionaron en función de la naturaleza del problema y del enfoque metodológico adoptado, permitiendo obtener información precisa, confiable y pertinente para el análisis del fenómeno acústico. En este contexto, se empleó como técnica principal la medición directa de niveles de presión sonora, en base al ítem 4.1.2.2 *“el micrófono del instrumento de medición estará ubicado a una altura entre 1,0 y 1,5 m del suelo, y a una distancia de por lo menos 3 (tres) metros de las paredes de edificios o estructuras que puedan reflejar el sonido. El equipo sonómetro no deberá estar expuesto a vibraciones mecánicas, y en caso de existir vientos fuertes, se deberá utilizar una pantalla protectora en el micrófono del instrumento.”* Además, para cada punto de monitoreo se realizaron cinco mediciones consecutivas conforme al ministerio del ambiente (2017) en el texto unificado de legislación secundaria, la cual permitió cuantificar objetivamente el comportamiento del ruido generado por el grupo electrógeno en condiciones reales de operación.

De manera complementaria, se aplicó la técnica de encuesta estructurada, orientada a recopilar información sobre la percepción del ruido por parte del personal expuesto. Este tipo de técnica permite integrar la dimensión subjetiva del problema, siendo relevante en estudios donde se evalúan impactos del ruido en el entorno laboral (Yang et al., 2022).

Así mismo, se incorporó el análisis documental, mediante la revisión de normativa técnica y literatura científica especializada, lo cual permitió establecer criterios de comparación y validación de los resultados obtenidos, en concordancia con investigaciones recientes sobre control y modelado del ruido (M. Li & Wu, 2025).

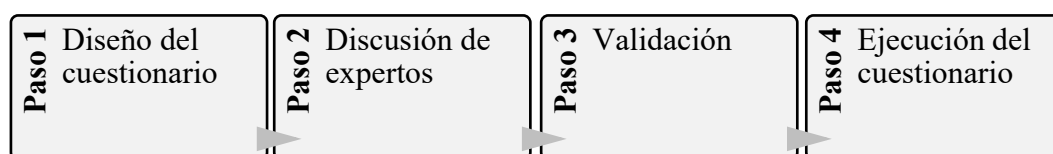
Adicionalmente, para fortalecer la validación de propuesta se utilizó la técnica Delphi, la cual consiste en un proceso sistemático de consulta a expertos con el fin de obtener consenso sobre alternativas de solución. El especialista evaluó la claridad, coherencia, pertinencia y relación de las preguntas con los objetivos de la investigación.

Para este proceso se utilizó una escala de valoración tipo Likert de cinco niveles, con puntuaciones de 1 a 5, donde 5 corresponde a “Muy de acuerdo”, 4 a “De

acuerdo”, 3 a “Indiferente”, 2 a “En desacuerdo” y 1 a “Muy en desacuerdo”. El instrumento estuvo conformado por 20 preguntas, obteniéndose un puntaje mínimo de 20 puntos y un máximo de 100 puntos.

Para la interpretación de los resultados se establecieron rangos de valoración, donde los puntajes altos reflejan una mayor percepción de afectación por ruido y una mayor necesidad de implementar medidas técnicas de mitigación acústica en el grupo electrógeno N.º 5 de la Refinería La Libertad. Este procedimiento permitió garantizar la validez, confiabilidad y consistencia del cuestionario, asegurando que la información recopilada resulte útil para el análisis de las condiciones acústicas y para el desarrollo de la propuesta técnica orientada a la disminución del ruido en el área de generación eléctrica.

Figura 8. *Método de Delphi.*



Nota. La figura muestra la estructura del método de Delphi.

Con el fin de validar la propuesta técnica para mitigar el ruido en el grupo electrógeno, se implementó la metodología Delphi articuladas en cuatro fases clave. En primer lugar, se diseñó un cuestionario técnico con criterios específicos para consultar a un grupo selecto de especialistas en la materia. Tras recibir y constatar sus observaciones iniciales, se procesaron los consensos y discrepancia a fin de ajustar y pulir cada detalle de la alternativa seleccionadas. Por último, se aplicó la versión definida del instrumento consolidando así la evidencia técnica que respalda la viabilidad del proyecto.

2.4.3. Instrumentos de recolección de los datos

2.4.3.1. Medición instrumental: uso de un sonómetro normalizado, previamente calibrado, con sus selectores en el filtro de ponderación A y en respuesta lenta (Slow). Debe ser tipo 0, 1 o 2 según lo establecido por las normas de comisión electrotécnica internacional (Libro VI, Anexo 5 del TULSMA, 2017).

2.4.3.2. Encuesta: instrumento conformado por un cuestionario estructurado de respuestas cerradas, con el fin de recopilar información sobre la percepción del personal con respecto al ruido. La confiabilidad del cuestionario se evalúa

mediante el coeficiente alfa de Cronbach, considerándose aceptable un valor superior a 0,70.

2.4.3.3. Representación técnica en AutoCAD: herramienta de diseño asistido por computadora que permitirá elaborar planos y representaciones gráficas del entorno de la fuente de ruido, identificando puntos de medición, zonas críticas y la disposición de espacio de los elementos de la propuesta técnica.

2.4.3.4. Mapas de ruido: representación visual de los niveles actuales y proyectados de ruido desarrollados a partir de los datos obtenidos integrando información técnica y normativa en software ArcGIS.

2.5. Variables del estudio

Variable independiente: medidas técnicas.

Variable dependiente: nivel de ruido.

Operacionalización de las variables

Incluir la matriz de operacionalización de la o las variables detalladas en: concepto, dimensiones o categoría, indicadores, ítems, técnica e instrumentos.

Tabla 4. Operacionalización de variables.

VARIABLE	CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	ÍTEMES	INSTRUMENTO
Variable independiente: medidas técnicas	Conjunto de medidas técnicas y de ingeniería destinadas a reducir la intensidad sonora provocada por el GE N.º 5.	Aislamiento acústico.	Nivel estimado de reducción sonora.	– El grupo electrógeno N.º 5 requiere medidas técnicas para disminuir el ruido que genera durante su funcionamiento. – La implementación de aislamiento acústico ayuda a reducir la propagación del ruido generado por el grupo electrógeno. – La incorporación de materiales con alta capacidad de absorción favorece a la optimización de las condiciones ambientales en el puesto de trabajo. – Resulta indispensable integrar soluciones técnicas de control de ruido enforcadas directamente en el grupo electrógeno N.º.	T: Análisis técnico comparativo. I: Cuestionario.
		Adsorción acústica.	Tipo de material aislante/absorbente.	– Las estrategias de mitigación vigentes en el área logran atenuar de manera suficiente la exposición sonora a la que se enfrenta el personal. – El equipo de protección auditiva vigente en el área logran atenuar de manera suficiente la exposición sonora a las que se enfrenta el personal – El uso continuado de los protectores auditivos suele provocar incomodidad en los trabajadores durante el desarrollo de sus actividades. – El uso prolongado de protectores auditivos resulta incómodo durante la jornada laboral. – Se considera que el ruido que genera grupo electrógeno causa mayor esfuerzo auditivo durante la jornada laboral. – La aplicación de medidas de mitigación acústica contribuye a mejorar el ambiente laboral en el área de generación eléctrica. – Se considera que una propuesta técnica de control de ruido ayuda a reducir los riesgos asociados a la exposición sonora en los trabajadores.	
		Barreras acústicas.	Tipo de barrera acústica propuesta.	– El ruido generado por el grupo electrógeno N.º 5 es elevado durante la jornada laboral. – Se considera que el nivel de ruido en el área de generación eléctrica resulta molesto durante las actividades operativas. – El ruido del grupo electrógeno dificulta la comunicación entre los trabajadores en el área. – La exposición continua al ruido afecta la concentración durante el trabajo. – Se considera que el tiempo de exposición al ruido del grupo electrógeno es excesivo. – El ruido generado por el equipo produce incomodidad durante el cumplimiento de las actividades laborales. – Se percibe fatiga o cansancio debido al ruido existente en el área de trabajo. – Se considera que el nivel de ruido del grupo electrógeno puede afectar la salud auditiva de los trabajadores. – Se considera que los niveles de presión sonora actuales superan los límites adecuados para un ambiente laboral seguro. – La disminución del ruido mejora el desempeño y bienestar de los trabajadores en el área de generación eléctrica.	
Variable dependiente: nivel de ruido.	Intensidad del sonido medido en decibelios [dB(A)] generado por el grupo electrógeno en diferentes condiciones de operación.	Intensidad sonora.	Nivel de presión sonora equivalente (Leq).	– El ruido generado por el grupo electrógeno N.º 5 es elevado durante la jornada laboral. – Se considera que el nivel de ruido en el área de generación eléctrica resulta molesto durante las actividades operativas. – El ruido del grupo electrógeno dificulta la comunicación entre los trabajadores en el área. – La exposición continua al ruido afecta la concentración durante el trabajo. – Se considera que el tiempo de exposición al ruido del grupo electrógeno es excesivo. – El ruido generado por el equipo produce incomodidad durante el cumplimiento de las actividades laborales. – Se percibe fatiga o cansancio debido al ruido existente en el área de trabajo. – Se considera que el nivel de ruido del grupo electrógeno puede afectar la salud auditiva de los trabajadores. – Se considera que los niveles de presión sonora actuales superan los límites adecuados para un ambiente laboral seguro. – La disminución del ruido mejora el desempeño y bienestar de los trabajadores en el área de generación eléctrica.	T: Medición directa en la fuente emisora. I: Sonómetro calibrado. Ficha de registros.
			Nivel máximo (Lmax).		
			Nivel mínimo (Lmin).		

Nota. La tabla muestra la operacionalización de variables de la investigación. La tabla de operacionalización de las variables permite establecer la relación existente entre los elementos que intervienen en el estudio. Esta estructura constituye a mantener la coherencia entre los problemas planteados, los objetivos y los procedimientos de recolección de información orientados al análisis de los niveles de ruido generador por el grupo electrógeno.

2.6. Procedimiento para la recolección de los datos

El procedimiento para la recolección de los datos se estructuró de manera secuencial, con el propósito de asegurar la obtención de información válida y consistente para el diagnóstico de las condiciones actuales del equipo.

En primer término, se definieron los criterios operativos del estudio, estableciendo los puntos de medición, los intervalos de evaluación y los instrumentos requeridos, en función de las condiciones de funcionamiento del equipo.

El proceso continuo con la recolección de los datos cuantitativos a través de medidas directas de presión sonora sobre el equipo emisor, utilizando para ello un sonómetro debidamente calibrado y alineado con los estándares normativos aplicable. A la par, se complementó con la aplicación de encuestas estructuradas al personal expuesto, lo que permitió cuantificar la precepción del riesgo operativo.

Toda la información recabada se realizó en fichas técnicas para su sistematización. Finalmente, en contraste de las métricas sonoras, los datos de las encuestas y los hallazgos de campo permitió consolidar un diagnóstico integral que sustenta la propuesta de disminución acústica garantizando la trazabilidad del método.

CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Marco de resultados

Los resultados obtenidos a partir de las mediciones de presión sonora y la aplicación de encuestas al personal permitieron caracterizar las condiciones acústicas existentes y analizar el comportamiento de los niveles de ruido dentro del área de estudio. La información recopilada proporcionó evidencia técnica para evaluar el cumplimiento de los límites establecidos en la normativa ambiental vigente, así como para identificar aspectos relevantes asociados a la problemática investigada.

Los hallazgos del estudio sirvieron de pilas para estructurar las alternativas enfocadas en el control y atenuación acústica. En esta línea, las encuestas dirigidas a los operadores aportaron métricas cuantitativas clave sobre la percepción del riesgo, los efectos percibidos y la calidad del ambiente laboral.

Los resultados muestran que la gran mayoría percibe un ruido excesivo durante el turno, lo que traduce en molestias en los oídos y problemas para comunicarse. Esta relación entre el ruido y el molestar diario coincide plenamente con los estudios analizados en el capítulo II, donde la literatura confirma que trabajar expuestos a niveles altos de afecta el rendimiento del personal. En este contexto, los resultados obtenidos refuerzan la necesidad de implementar medidas de control acústico en el área de estudio.

3.2. Confiabilidad y validez de los instrumentos de investigación utilizados

La confiabilidad y validez de los instrumentos constituyen elementos fundamentales dentro de toda investigación científica, ya que permiten garantizar la calidad, precisión y consistencia de la información recopilada. Para la obtención de los datos se utilizaron dos instrumentos de investigación: un cuestionario estructurado mediante escala de Likert y un sonómetro destinado a la medición de los niveles de presión sonora presentes en el área objeto de estudio.

La aplicación de estos instrumentos facilitó la recolección de datos cuantitativos e indicadores concreto para fundamentar el estudio y diseñar las alternativas de mejora. Por ello, el cuestionario se estructuró en 20 preguntas

enfocadas en medir la percepción del personal sobre el ambiente acústico, los síntomas asociados a la exposición sonora y la pertinencia de instalar sistema de control y mitigación del ruido en el área de estudio.

Para la valoración de las respuestas se utilizó una escala de Likert de cinco categorías, la cual permitió cuantificar el grado de aceptación o desacuerdo de los participantes frente a cada afirmación planteada.

Tabla 5. *Escala de Likert utilizada en la investigación.*

Valor	Escala de respuesta
1	Totalmente en desacuerdo.
2	En desacuerdo.
3	Ni de acuerdo ni en desacuerdo.
4	De acuerdo.
5	Totalmente de acuerdo.

Nota. La tabla muestra la escala de Likert.

La escala de Likert como muestra la Tabla 5 facilitó la cuantificación de las respuestas obtenidas y su posterior procesamiento estadístico mediante el software SPSS, permitiendo evaluar la consistencia interna del instrumento y analizar los resultados derivados de la investigación.

3.2.1. Validez del instrumento por experto

Como etapa previa a la validación del instrumento, se realizó la selección de expertos considerando criterios relacionados con la experiencia profesional, trayectoria académica y dominio del área de conocimiento vinculada a la investigación.

La tabla presenta los criterios de aceptación utilizados para la evaluación de los especialistas, garantizando que el proceso de validación se desarrolle con profesionales capacitados para emitir juicios técnicos sobre la calidad, coherencia y pertinencia del cuestionario.

Tabla 6. *Criterios de aceptación de expertos.*

N°	CRITERIOS DE EVALUACIÓN POR EXPERTOS							
	Experiencia Industrial		Publicaciones recientes		Conocimiento técnico		Comunicación efectiva	
	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
Experto 1	x		x		X		X	
Experto 2	x		x		X		X	
Experto 3	x		x		X		X	
Total	3		3		3		3	

Nota. La tabla muestra la evaluación por expertos.

De acuerdo con la información presentada en la Tabla 6, se verifica que los especialistas seleccionados cumplieron con los criterios previamente establecidos para participar en el proceso de validación. La experiencia profesional, el conocimiento técnico y los antecedentes académicos considerados durante la selección permitieron garantizar la capacidad de los evaluadores para emitir juicios objetivos sobre la calidad metodológica del instrumento.

Una vez comprobado el cumplimiento de los criterios de selección, el cuestionario fue revisado por los expertos con el fin de verificar la claridad, pertinencia y coherencia de cada una de las preguntas. Este proceso se desarrolló en dos etapas, permitiendo realizar observaciones y ajustes que contribuyeron a mejorar la calidad del instrumento antes de su aplicación. La distribución de los expertos que participaron en cada fase de revisión se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7. *Revisión y validación de instrumento.*

REVISIÓN Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO POR EXPERTOS		
N.º	Primera Etapa (22/05/2026)	Segunda Etapa (26/05/2026)
Experto 1	x	
Experto 2		X
Experto 3		X
TOTAL	1	2

Nota. La tabla muestra la revisión del instrumento por expertos.

La Tabla 7 presenta los resultados obtenidos durante el proceso de validación del instrumento. En una primera etapa, el cuestionario fue revisado por el experto 1,

quien realizó observaciones orientadas a mejorar la redacción y comprensión de determinados ítems. Una vez incorporadas las correcciones sugeridas, el instrumento fue sometido a una segunda revisión por parte de los expertos 2 y 3, quienes verificaron los ajustes efectuados y aprobaron su aplicación.

Tabla 8. *Evaluación de cuestionario por expertos.*

Preguntas evaluadas	CALIFICACIÓN POR EXPERTOS					Validación (SI/NO)
	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Suma	Promedio	
P1	4	5	5	14	4,67	SI
P2	5	5	5	15	5	SI
P3	5	5	5	15	5	SI
P4	4	5	5	14	4,67	SI
P5	4	5	5	14	4,67	SI
P6	4	5	5	14	4,67	SI
P7	3	5	5	13	4,33	SI
P8	4	5	5	14	4,67	SI
P9	4	4	5	13	4,33	SI
P10	5	5	5	15	5	SI
P11	3	5	5	13	4,33	SI
P12	4	5	5	14	4,67	SI
P13	4	5	5	14	4,67	SI
P14	5	5	5	15	5	SI
P15	5	5	5	15	5	SI
P16	5	4	5	14	4,67	SI
P17	4	5	4	13	4,33	SI
P18	3	5	5	13	4,33	SI
P19	3	5	5	13	4,33	SI
P20	5	5	5	15	5	SI

Nota. La tabla muestra la calificación por expertos.

Como muestra la Tabla 8, las evaluaciones de los expertos confirmaron una recepción favorable del instrumento, demostrando que las preguntas del cuestionario responder de forma directa a los objetivos y variables analizados. Los resultados señalan que las 20 preguntas recibieron la aprobación sin objeciones que pusiera en riesgo su uso en campo. De este modo, el cuestionario quedó validado por completo, ratificándose como una herramienta idónea para la recolección de datos del proyecto.

3.2.2. Validación de las encuestas

Tras la validación del instrumento por criterio de expertos, se procedió a evaluar la confiabilidad de la encuesta mediante el coeficiente alfa de Cronbach, con la finalidad de determinar la consistencia interna de las respuestas obtenidas. Este procedimiento permitió verificar el grado de relación existente entre los ítems que conforman el cuestionario y garantizar la estabilidad de la información recopilada. Para la interpretación de los resultados se consideró la escala de valoración del alfa de Cronbach presentada en la Tabla 9.

Tabla 9. *Escala del alfa de Cronbach.*

VALOR DE A	INTERPRETACIÓN
≥ 0.9	Excelente consistencia.
0.8 – 0.89	Buena consistencia.
0.7 – 0.79	Aceptable.
0.6 – 0.69	Cuestionable.
0.5 – 0.59	Pobre.
< 0.5	No confiable.

Nota. La tabla muestra la valoración de alfa de Cronbach.

3.2.3. Fiabilidad de la herramienta validada por expertos

Con el propósito de determinar la consistencia interna del instrumento, se aplicó el coeficiente alfa de Cronbach a las valoraciones emitidas por los expertos durante el proceso de validación. Este análisis permitió verificar el grado de relación existente entre los ítems del cuestionario y establecer la confiabilidad del instrumento previo a su aplicación.

Tabla 10. *Coefficiente de fiabilidad del instrumento validado por expertos.*

COEFICIENTE DE FIABILIDAD DE LA HERRAMIENTA	NÚMERO DE ÍTEMS
0,789	20

Nota. La tabla muestra los resultados del coeficiente del instrumento.

De acuerdo con los datos de la Tabla 10, el análisis arrojó un alfa de Cronbach de 0,789 para el conjunto de los 20 ítems. Al contrastar este resultado con la escala de referencia, el valor refleja una consistencia interna aceptable. Esto confirma que el cuestionario cuenta con la confiabilidad necesaria y cumple con la exigencia metodológicas para respaldar su aplicación en el estudio.

3.2.4. Fiabilidad de la encuesta aplicada

Una vez validado el instrumento mediante criterio de expertos, se determinó la confiabilidad de la encuesta a partir de las respuestas obtenidas durante su aplicación. Para ello, se empleó nuevamente el coeficiente alfa de Cronbach, con la finalidad de evaluar la consistencia interna de los ítems que conforman el cuestionario y verificar la estabilidad de la información recopilada.

Tabla 11. *Coeficiente de fiabilidad de encuesta.*

COEFICIENTE DE FIABILIDAD DE LA ENCUESTA	NÚMERO DE ÍTEMS
0,777	20

Nota. La tabla muestra el coeficiente de fiabilidad de la encuesta.

El coeficiente alfa de Cronbach obtenido fue de 0,777 para los 20 ítems evaluados. Según la escala de interpretación presentada anteriormente, este resultado se ubica dentro del rango de consistencia aceptable, al ser superior al valor mínimo recomendado de 0,70. Por lo tanto, se concluye que el instrumento alcanza una confiabilidad adecuada, asegurando la coherencia entre las respuestas y la calidad de la información recabada.

Con el fin de evaluar la distribución de los resultados, los datos recopilados bajo la escala de Likert se sometieron a un procedimiento estadístico, reflejando las proporciones porcentuales de cada bloque de pregunta en la siguiente tabla:

Tabla 12. *Porcentajes totales de la encuesta por pregunta en el SPSS.*

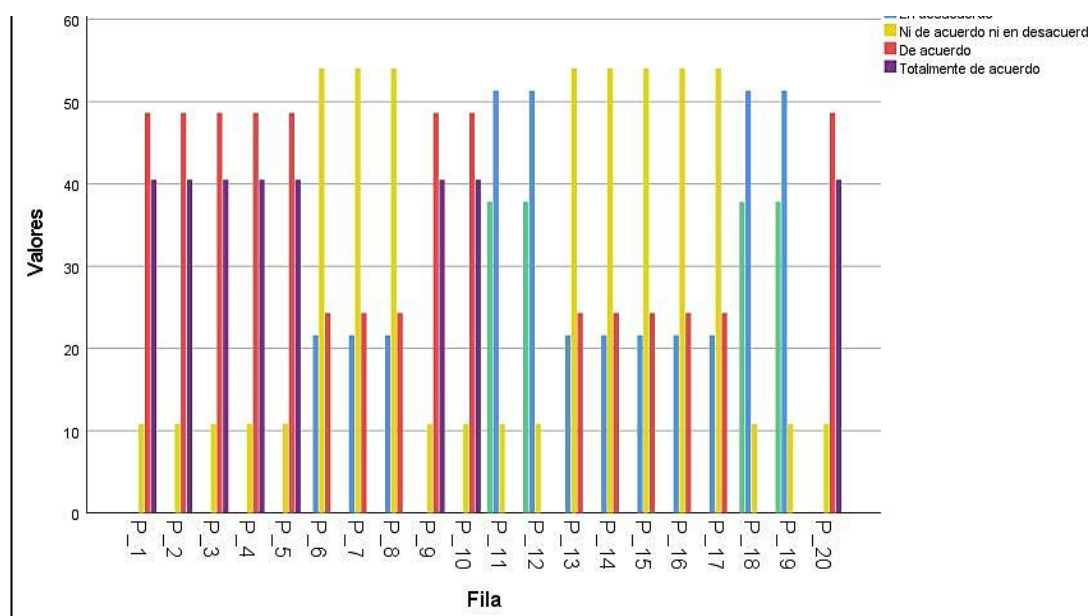
PREGUNTAS	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
P1, P2, P3, P4, P5, P9, P10 y P20	0,00 %	0,00 %	10,90 %	48,60 %	40,50 %
P6, P7, P8, P13, P14, P15, P16 y P17	0,00 %	21,60 %	54,10 %	24,30 %	0,00 %
P11, P12, P18 y P19	37,80 %	51,40 %	10,80 %	0,00 %	0,00 %

Nota. La tabla muestra porcentajes obtenidos de software SPSS.

El desglose de la tabla deja ver tendencias claras según el bloque analizado. Por un lado, las preguntas P1 a P5 junto con P9, P10 y P50, concentran su mayor volumen de respuestas en las opciones “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo”, sumando entre ambas un 89,1 % de aprobación. Este patrón muestra una postura marcadamente favorable hacia los temas evaluados en dicho grupo. En contraste,

las preguntas P6 a P8 y de P13 a P17 agrupan el 54,1 % de las respuestas en la alternativa “Ni de acuerdo ni en desacuerdo”, señalando una marcada neutralidad por parte del personal ante esos puntos específicos.

Figura 9. Representación gráfica de la encuesta.



Nota. La grafica representa los resultados mediante el software SPSS.

La Figura 9 ilustra la distribución global de respuestas para los 20 ítems del cuestionario, donde predomina el acuerdo general (“De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo”) sobre las condiciones evaluadas. La excepción radica en las preguntas P11, P12 P17 y P19, las cuales concentran un 89,2 % de rechazo entre las opciones “En desacuerdo” y “Totalmente de acuerdo”. Está clara postura en contra representa uno de los hallazgos principales del estudio, señalando los puntos críticos que exigen mayor atención técnica.

En definitiva, los datos recabados no solo diagnostican la situación actual del área, sino que aportan los criterios técnicos indispensables para fundamentar las medidas de control y atenuación acústica que desarrollan en la propuesta.

3.2.5. Fundamentación de las preguntas de investigación

La fundamentación de las preguntas de investigación se sustenta en los resultados obtenidos mediante la aplicación de las encuestas al personal del área de generación eléctrica y las mediciones de presión sonora realizadas durante el desarrollo de la investigación. La información recopilada permitió analizar las

condiciones acústicas existentes, identificar los principales aspectos asociados a la problemática estudiada y generar evidencia técnica suficiente para responder las interrogantes planteadas al inicio del estudio.

– **¿Qué tan efectiva es la propuesta para la disminución del ruido generado por el grupo electrógeno N° 5 del área de generación eléctrica de Refinería La Libertad?**

La efectividad del diseño propuesto radica en el diagnóstico integral previo, donde se combinó la subjetiva del personal con el levantamiento métrico de los niveles de presión sonora en el generador. Este crece entre la experiencia del operario y los datos técnico de campo permitió fijar los criterios de ingeniería necesarios para atenuar las emisiones en la fuente. De este modo, la alternativa desarrollada responde de forma directa a las fallencias detectadas, garantizando una solución viable para optimizar las condiciones acústicas en el área de trabajo.

– **¿Los niveles de ruido registrados cumplen con los límites permisibles establecidos por el TULSMA?**

La presente interrogante se fundamenta en las mediciones de presión sonora realizadas en los puntos estratégicos definidos dentro del área de generación eléctrica.

La caracterización acústica permitió cotejar las lecturas obtenidas a los límites máximos permisibles el TULSMA (Ministerio del ambiente, 2017), verificando que los niveles de presión sonora rebasan los umbrales fijados por la normativa ambiental aplicable. A la par, las encuestas reflejaron el impacto directo de esta condición sobre los trabajadores, sumando el factor humano a las mediciones métricas de campo. La convergencia de ambos hallazgos fundamenta con rigor técnico la urgencia de diseñar e implementar soluciones enfocadas en la atenuación.

– **¿Qué tan significativas son las alternativas técnicas de mitigación de ruido que pueden ser aplicadas para disminuir el ruido que ocasiona el grupo electrógeno?**

La importancia de las alternativas técnicas propuestas se sustenta en los resultados obtenidos durante el proceso investigativo. En este diagnóstico, las preguntas P11, P12, P18 y P19 concentraron los hallazgos más críticos del

cuestionario, al agrupar un 89,2 % de respuestas negativas entre las opciones “En desacuerdo” y “Totalmente en desacuerdo”. Este rechazo mayoritario puso de manifiesto fallas puntuales en las condiciones acústicas del espacio de trabajo. En consecuencia, las alternativas técnicas planteadas adquieren relevancia debido a que se encuentran sustentadas en información objetiva y en las necesidades identificadas durante el desarrollo de la investigación.

– **¿Cómo contribuirá la propuesta de un sistema de control acústico a la disminución del impacto ambiental en el área de generación eléctrica?**

La contribución de la propuesta se fundamenta en la necesidad de mejorar las condiciones acústicas identificadas durante la investigación. La información obtenida mediante las encuestas y las mediciones de presión sonora en campo dejó en evidencia la importancia de frenar la dispersión del ruido, garantizando además el alineamiento con las exigencias de la normativa ambiental. Bajo este escenario, la propuesta de ingeniería busca disminuir las emisiones en el área mediante la integración de sistemas de control acústicos. Esta intervención contribuirá directamente a la mejora de las condiciones físicas del espacio laboral, mitigando las afectaciones operativas y consolidando un entorno de trabajo adecuado para el personal.

3.3. Área de generadores

En el área de generación eléctrica existen cinco grupos electrógenos instalados, los cuales presentan características técnicas similares en la configuración de motor de combustión interna, diferenciándose principalmente por su potencia nominal, velocidad de operación y sistema de refrigeración. Los equipos GE-01 RLL, GE-02 RLL, GSE-03 RLL y GE-04 RLL dentro de todo su sistema dispone cuatro ventiladores, cada uno con una potencia 3 kW alcanzando una potencia instalada de 12 kW por cada grupo electrógeno. En contraste, el GE-05 RLL dispone de dos ventiladores de 45 kW cada uno, con una potencia de 90 kW destinada al sistema de enfriamiento.

La diferencia de potencia del sistema de ventilación constituye el factor de mayor influencia sobre la emisión sonora del equipo. El modelo GE-05 RLL cuenta con una potencia instalada de ventilación de 90 kW (referencial), cifra que supera 7.5 veces los 12 kW promedio de los demás grupos electrógenos. Por lo tanto, debido a

esta asimetría en la potencia y el caudal, el GE-05 RLL se consolida como un punto crítico dentro del área de generación eléctrica.

Tabla 13. *Datos técnicos del GE-05 RLL.*

DATOS TÉCNICOS GRUPO ELECTRÓGENO MTU x 2500	
N° de equipo	GE-05 RLL.
Marca	MTU.
Modelo	16 V 400 DS 1955.
Potencia	1965 KW.
RPM	1500.
Ciclos	50 HZ.

Nota. Adaptado del manual de operación y mantenimiento (Kohler SDMO, 2016).

La información técnica del equipo permite caracterizar las condiciones operativas del GE-05 RLL, considerando parámetros relevantes como potencia, modelo, velocidad de operación y frecuencia de funcionamiento.

Tabla 14. *Sistemas de un grupo electrógeno.*

SISTEMAS GRUPO ELECTRÓGENO	
• Block de motor y accesorios	• Tablero de control
• Lubricación	• Eléctrico de DC
• Combustible	• Radiador de diésel
• Admisión	• Tanque Diarios 500 lts
• Escape	• Contenedor
• Refrigeración	• Filtrado NFT de combustible
• ADEC	• Cuarto de control central de Generación eléctrica RLL
• Alternador principal AC	• Tanques de almacenamiento de combustible #17, #18
• Interruptores baja tensión	• Tanques de almacenamiento de combustible #19, #20
• Transformadores elevadores	• Cuarto de Switchgears – Centra de distribución. (Celdas General Electric y Celdas SIEMENS)
• Extractores de aire	• Radiador-Enfriador- Aero enfriador

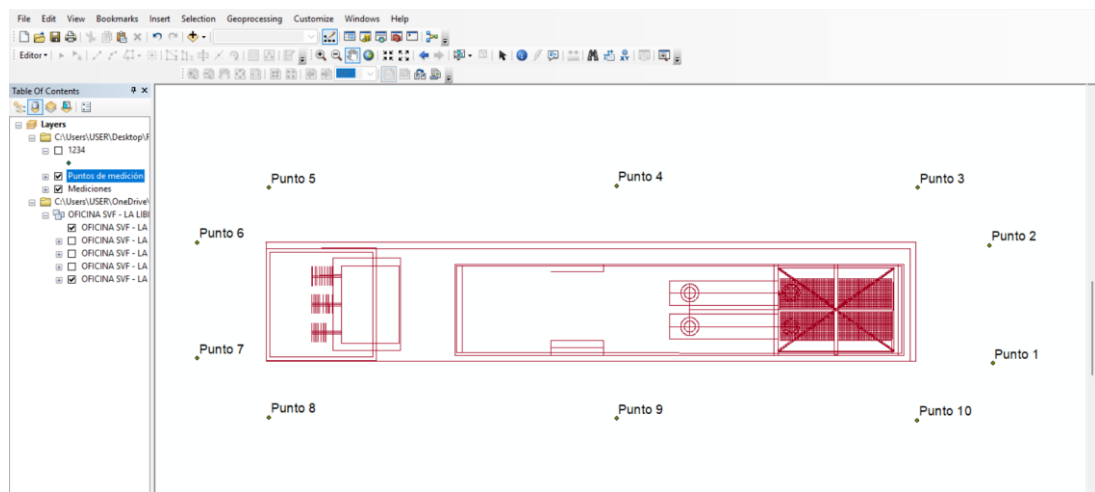
Nota. La Tabla 14 enlista los sistemas que compone un grupo electrógeno para su funcionamiento. Adaptado del manual de operación y mantenimiento (Kohler SDMO, 2016).

El grupo electrógeno está compuesto por un sistema que permite su operación continúa mostrado en la Tabla 14. Durante el funcionamiento del equipo, cada uno de estos sistemas contribuye en distinta medida a la generación del ruido, sin embargo, las principales fuentes de emisión sonora corresponden al motor, el sistema de escape y el sistema de refrigeración debido al elevado caudal de aire impulsado por los ventiladores de enfriamiento

3.4. Mediciones

Una vez identificadas las características técnicas del GE- 05 y las principales fuentes emisoras de emisión acústicas, se procedió a realizar las mediciones de los niveles de presión sonora, con el objetivo de identificar el comportamiento acústico del equipo durante su operación. Para ello, se establecieron diez puntos estratégicos de medición alrededor del grupo electrógeno definidos en conjunto con el tutor técnico asignado, la selección de cada punto a criterios de distribución espacial con el propósito de caracterizar de manera adecuada la distribución de los niveles de presión sonora en el área evaluada mostrado en la Figura 10.

Figura 10. *Puntos de medición GE-05 RLL.*



Nota. La figura muestras los puntos de mediciones alrededor del GE-05 RLL en el software ArcGIS.

Las mediciones se realizaron de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Texto unificado de Legislación Secundario del Ministerio del Ambiente, Libro VI, Anexo 5 (Registro Oficial Edición Especial, 2017), correspondiente a la norma de calidad ambiente para el ruido de fuentes fijas y fuentes móviles. Cada punto tiene una distancia de 3 metros del equipo a una altura 1 metro desde la superficie, se efectuaron cinco registros en condiciones normales de operación del GE con una duración de un minuto cada una, en horario diurno y nocturno.

Posterior a la ejecución de las mediciones en campo y obtenido los datos de los niveles de presión sonora (L_p) en cada uno de los puntos de monitoreo se tabularon los datos. Con el propósito de determinar los descriptores acústicos representativos se aplicaron las siguientes ecuaciones:

Nivel sonoro continuo equivalente (L_{eq})

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

Nivel mínimo (L_{min})

$$L_{min} = \min(L_{min1}, L_{min2}, \dots, L_{minn})$$

Nivel máximo (L_{max})

$$L_{max} = \max(L_{max1}, L_{max2}, \dots, L_{maxn})$$

Concluida la aplicación de las fórmulas en diez puntos de monitoreo se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 15. Resultados punto de medición 1.

	HORARIO DIURNO			HORARIO NOCTURNO		
Punto 1	L_{eq}	L_{min}	L_{max}	L_{eq}	L_{min}	L_{max}
1	86,8	84,1	89,7	85,7	84,4	88,1
2	86,1	84,6	89,0	86,4	83,9	88,9
3	86,5	84,2	89,5	85,8	84,5	88,3
4	86,2	84,7	89,1	86,2	84,0	88,6
5	86,4	84,4	89,2	85,9	84,2	88,6
	86,4	84,1	89,7	86,0	83,9	88,9

Nota. Se tomaron cinco muestras, los análisis dieron como resultados en horario diurno 86,4 dB(A) y 86,0 dB(A) en horario nocturno.

Las mediciones del punto 1 reflejados en la Tabla 15, registran un nivel sonoro continuo equivalente promedio de 86,4 % dB(A) en la jornada diurna y de 86,0 dB(A) en la nocturna, con un margen de variación de solo 0,4 dB(A), los picos máximos detectados alcanzaron los 89,7 dB(A) de día y 88,9 dB(A) de noche, reflejando las oscilaciones propias de la dinámica mecánica de la máquina.

Tabla 16. *Resultados de punto de medición 2.*

Punto 2	HORARIO DIURNO			HORARIO NOCTURNO		
	<i>L_{eq}</i>	<i>L_{min}</i>	<i>L_{max}</i>	<i>L_{eq}</i>	<i>L_{min}</i>	<i>L_{max}</i>
1	85,7	84,3	88,6	85,6	83,2	89,4
2	86,3	83,7	89,4	85,1	83,8	88,5
3	85,9	84,1	88,8	85,5	83,4	89,2
4	86,2	83,8	89,3	85,2	83,7	88,7
5	85,90	84,10	88,90	85,6	83,4	89,2
	86,0	83,7	89,4	85,4	83,2	89,4

Nota. Se tomaron cinco muestras, los análisis dieron como resultados en horario diurno 86,0 dB(A) y 85,4 dB(A) en horario nocturno.

Respecto al punto de medición 2 de la Tabla 16, el nivel sonoro continuo equivalente registro 86,0 dB(A) de día y 85,4 de noche, arrojando una variación de 0,6 dB(A). Esta mínima brecha confirma la estabilidad en el régimen de emisión del generador a lo largo de su operación continua. Asimismo, las lecturas máximas tocaron los 89,4 dB(A) en ambos turnos. Así mismo, las lecturas ,máximas oscilan los 89,4 dB(A) en diurno y nocturno.

Tabla 17. *Resultados punto de medición 3.*

Punto 3	HORARIO DIURNO			HORARIO NOCTURNO		
	<i>L_{eq}</i>	<i>L_{min}</i>	<i>L_{max}</i>	<i>L_{eq}</i>	<i>L_{min}</i>	<i>L_{max}</i>
1	91,9	89,7	92,2	90,3	89,3	90,7
2	91,3	90,2	91,5	90,8	88,8	91,2
3	91,8	89,9	92,1	90,4	89,1	90,9
4	91,4	90,3	91,7	90,6	88,9	91,1
5	91,6	89,9	92,0	90,4	88,9	91,1
	91,6	89,7	92,2	90,5	88,8	91,2

Nota. Se tomaron cinco muestras, los análisis dieron como resultados en horario diurno 91,6 dB(A) y 90,5 dB(A) en horario nocturno.

El punto de medición 3 presentó los niveles de presión sonora más elevados registrados durante el monitoreo, alcanzando un *L_{eq}* promedio de 91,6 dB(A) en horario diurno y 90,5 dB(A) durante el horario nocturno. El comportamiento detectado ubica a este sector como un núcleo crítico de emisión acústica en el grupo electrógeno, atribuible a fuentes de alta presión sonora.

Tabla 18. Resultados punto de medición 4.

Punto 4	HORARIO DIURNO			HORARIO NOCTURNO		
	L_{eq}	L_{min}	L_{max}	L_{eq}	L_{min}	L_{max}
1	89,2	88,6	90,3	89,2	86,6	87,4
2	89,7	88,1	90,9	88,6	87,1	86,9
3	89,4	88,5	90,4	89	86,8	87,2
4	89,6	88,2	90,7	88,8	87,1	86,9
5	89,6	88,6	90,7	89	86,9	87,1
	89,5	88,1	90,9	88,9	86,6	87,4

Nota. Se tomaron cinco muestras, los análisis dieron como resultados en horario diurno 89,5 dB(A) y 88,9 dB(A) en horario nocturno.

Los resultados correspondientes al punto de medición 4 muestran un nivel sonoro continuo equivalente promedio de 89,5 dB(A) durante el periodo diurno y 88,9 dB(A) en horario nocturno. Si bien estos valores son inferiores a los registrados en el punto 3, continúan evidenciando una elevada emisión acústica, manteniéndose por encima de los niveles permisibles establecidos para fuentes fijas.

Además, los valores máximos alcanzaron 90,9 dB(A) durante el día y 87,4 dB(A) en horario nocturno. Esta diferencia refleja ligeras variaciones operativas propias del funcionamiento del grupo electrógeno; sin embargo, la persistencia de niveles elevados demuestra que la propagación sonora continúa siendo significativa en este sector. Por lo tanto, este punto también requiere la incorporación de elementos de control acústico que permitan reducir la transmisión del ruido hacia las áreas circundantes.

Tabla 19. Resultados punto de medición 5.

Punto 5	HORARIO DIURNO			HORARIO NOCTURNO		
	L_{eq}	L_{min}	L_{max}	L_{eq}	L_{min}	L_{max}
1	87,4	86,5	89,1	86,6	84,8	87,8
2	87,9	85,9	89,8	86,1	85,5	87,4
3	87,6	86,3	89,3	86,2	85,00	87,6
4	87,8	86	89,6	86,2	85,2	87,3
5	87,8	86,3	89,7	86,4	85,0	87,5
	87,7	85,9	89,8	86,3	84,8	87,8

Nota. Se tomaron cinco muestras, los análisis dieron como resultados en horario diurno 87,7 dB(A) y 86,3 dB(A) en horario nocturno.

En el punto de medición 5 se obtuvo un nivel equivalente promedio de 87,7 dB(A) durante el horario diurno y 86,3 dB(A) en horario nocturno. La diferencia observada entre ambos periodos fue de 1,4 dB(A), constituyendo una de las variaciones más representativas registradas durante el monitoreo; no obstante, ambos valores continúan reflejando una exposición sonora elevada. Las lecturas máximas registradas en la zona marcaron 89,9 dB(A) durante la jornada diurna y 87,8 dB(A) durante el periodo nocturno.

Tabla 20. Resultados punto de medición 6.

Punto 6	HORARIO DIURNO			HORARIO NOCTURNO		
	L_{eq}	L_{min}	L_{max}	L_{eq}	L_{min}	L_{max}
1	84	82,3	85,7	82,7	82,1	84,7
2	83,4	82,8	85,1	83,2	81,6	85,3
3	83,9	82,4	85,6	82,9	82,0	84,8
4	83,5	82,7	85,2	83,1	81,7	85,2
5	83,7	82,8	85,4	83,1	82,1	85,0
	83,7	82,3	85,7	83,0	81,6	85,3

Nota. Se tomaron cinco muestras, los análisis dieron como resultados en horario diurno 83,7 dB(A) y 83,0 dB(A) en horario nocturno.

Los resultados obtenidos en el punto de medición 6 registraron un nivel sonoro continuo equivalente promedio de 83,7 dB(A) en horario diurno y 83,0 dB(A) durante el horario nocturno, constituyendo uno de los niveles de presión sonora más bajos obtenidos durante el monitoreo realizado alrededor del grupo electrógeno.

Asimismo, los valores máximos alcanzaron 85,7 dB(A) en horario diurno y 85,3 dB(A) durante el horario nocturno. La disminución observada respecto a los puntos analizados anteriormente puede atribuirse a la ubicación del punto de medición, donde la propagación directa del ruido presenta menor intensidad debido a la geometría del equipo y a la dirección predominante de emisión acústica. No obstante, aunque los niveles registrados son inferiores a los de otros sectores, continúan representando una fuente importante de exposición ocupacional, por lo que resulta técnicamente conveniente incorporar medidas de control acústico para disminuir aún más la propagación del ruido.

Tabla 21. Resultados punto de medición 7.

Punto 7	HORARIO DIURNO			HORARIO NOCTURNO		
	L_{eq}	L_{min}	L_{max}	L_{eq}	L_{min}	L_{max}
1	83,2	82,3	84,7	82,9	81,9	83,3
2	83,7	81,7	85,2	82,4	81,9	82,8
3	83,4	82,1	84,9	82,8	80,9	83,2
4	83,6	81,8	85,1	82,6	81,7	83,0
5	83,6	82,1	85,2	82,8	81,1	83,2
	83,5	81,7	85,2	82,7	80,9	83,3

Nota. Se tomaron cinco muestras, los análisis dieron como resultados en horario diurno 83,5 dB(A) y 82,7 dB(A) en horario nocturno.

Los resultados obtenidos en el punto de medición 7 registraron un nivel sonoro continuo equivalente (L_{eq}) promedio de 83,5 dB(A) en horario diurno y 82,7 dB(A) en horario nocturno, constituyendo los valores más bajos registrados durante el monitoreo realizado alrededor del grupo electrógeno GE-05. La diferencia de 0,8 dB(A) entre ambos periodos evidencia un comportamiento acústico estable durante la operación del equipo.

Asimismo, los valores máximos alcanzaron 85,2 dB(A) en horario diurno y 83,3 dB(A) en horario nocturno. Aunque este punto presenta una menor exposición respecto a los demás sectores evaluados, los niveles continúan siendo representativos dentro del ambiente industrial, por lo que la implementación de medidas de aislamiento acústico contribuiría a disminuir aún más la propagación del ruido y mejorar las condiciones de trabajo del personal ubicado en esta zona.

Tabla 22. Resultados punto de medición 8.

Punto 8	HORARIO DIURNO			HORARIO NOCTURNO		
	L_{eq}	L_{min}	L_{max}	L_{eq}	L_{min}	L_{max}
1	86,4	84,8	88,9	86,2	83,7	88,6
2	86,9	84,2	89,4	85,7	84,2	88,1
3	86,6	84,6	89,1	86,1	83,9	88,5
4	86,8	84,3	89,3	85,9	84,1	88,3
5	86,8	84,6	89,3	86,1	84,1	88,5
	86,7	84,2	89,4	86,0	83,7	88,6

Nota. Se tomaron cinco muestras, los análisis dieron como resultados en horario diurno 86,7 dB(A) y 86,0 dB(A) en horario nocturno.

En el punto de medición 8 se obtuvo un nivel sonoro continuo equivalente promedio de 86,7 dB(A) durante el horario diurno y 86,0 dB(A) en horario nocturno. La diferencia registrada entre ambos periodos fue de 0,7 dB(A), lo que confirma nuevamente la estabilidad del comportamiento acústico del grupo electrógeno durante su funcionamiento normal.

Por otra parte, los valores máximos registrados alcanzaron 89,4 dB(A) en horario diurno y 88,6 dB(A) durante el horario nocturno, evidenciando que este punto permanece dentro de la zona de influencia directa del equipo. En consecuencia, la magnitud de los niveles sonoros registrados justifica técnicamente la implementación de barreras acústicas orientadas a reducir la energía sonora transmitida hacia las áreas circundantes.

Tabla 23. Resultados punto de medición 9.

Punto 9	HORARIO DIURNO			HORARIO NOCTURNO		
	<i>L_{eq}</i>	<i>L_{min}</i>	<i>L_{max}</i>	<i>L_{eq}</i>	<i>L_{min}</i>	<i>L_{max}</i>
1	89,5	88,5	91,3	88,8	88,3	89,5
2	89,1	89,0	90,7	89,2	87,9	90,0
3	89,4	88,6	91,2	88,9	88,2	89,6
4	89,2	88,9	90,8	89,1	88,0	89,9
5	89,2	89,0	91,0	89,0	88,1	89,9
	89,3	88,5	91,3	89,0	87,9	90,0

Nota. Se tomaron cinco muestras, los análisis dieron como resultados en horario diurno 89,3 dB(A) y 89,0 dB(A) en horario nocturno.

Los resultados correspondientes al punto de medición 9 muestran un nivel sonoro continuo equivalente promedio de 89,3 dB(A) en horario diurno y 89,0 dB(A) durante el horario nocturno. La diferencia entre ambos periodos fue únicamente de 0,3 dB(A), indicando que las condiciones de emisión acústica permanecen prácticamente constantes durante toda la jornada de operación.

Las mediciones complementarias arrojaron picos de 91.3 dB(A) durante el horario diurno y 90,0 dB(A) en el horario nocturno. Estas magnitudes sitúan al sector evaluado entre las áreas de mayor impacto acústico, rozando los topes máximos registrados en todo el diagnóstico.

Tabla 24. Resultados punto de medición 10.

Punto 10	HORARIO DIURNO			HORARIO NOCTURNO		
	L_{eq}	L_{min}	L_{max}	L_{eq}	L_{min}	L_{max}
1	92,1	89,8	92,2	90,7	90,2	91,5
2	91,6	90,3	92,8	91,1	89,7	92,0
3	92,0	89,9	92,1	90,8	90,1	91,6
4	91,7	90,2	92,9	91,0	89,9	91,9
5	92,1	90,3	92,6	90,9	90,1	92,0
	91,9	89,8	92,9	90,9	89,7	92,0

Nota. Se tomaron cinco muestras, los análisis dieron como resultados en horario diurno 91,9 dB(A) y 90,9 dB(A) en horario nocturno.

El punto de medición 10 presentó el mayor nivel de presión sonora registrado durante toda la investigación, alcanzando un nivel sonoro continuo equivalente (L_{eq}) promedio de 91,9 dB(A) en horario diurno y 90,9 dB(A) durante el horario nocturno.

A partir de estos datos, el sector queda catalogado como el núcleo emisor predominante del grupo electrógeno, superando los niveles registrados en el resto de los monitoreos. La alta exposición en el punto 10 demuestra picos de presión sonora de 92,9 dB(A) de día y 92,0 dB(A), reducir las medidas de propagación del ruido resulta beneficioso intervenir eficazmente este eje amortiguara la propagación de las ondas hacia el entorno de trabajo.

Tabla 25. *Resultados de mediciones.*

Punto de Medición	Coordenadas				HORARIO DIURNO			HORARIO NOCTURNO			Tipo de zona según uso de suelo	Distancia del GE (m)	Altura del sonómetro (suelo)(m)
	NE	SE	SO	NO	L_{eq}	L_{min}	L_{max}	L_{eq}	L_{min}	L_{max}			
1	26°	119°	211°	299°	86,4	84,1	89,7	86,0	83,9	88,9	Zona industrial	3.0	1.0
2	45°	238°	221°	314°	86,0	83,7	89,4	85,4	83,2	89,4	Zona industrial	3.0	1.0
3	30°	222°	305°	217°	91,6	89,7	92,2	90,5	88,8	91,2	Zona industrial	3.0	1.0
4	31°	122°	215°	299°	89,5	88,1	90,9	88,9	86,6	87,4	Zona industrial	3.0	1.0
5	31°	121°	214°	299°	87,7	85,9	89,8	86,3	84,8	87,8	Zona industrial	3.0	1.0
6	31°	224°	211°	299°	83,7	82,3	85,7	83,0	81,6	85,3	Zona industrial	3.0	1.0
7	25°	129°	210°	299°	83,5	81,7	85,2	82,7	80,9	83,3	Zona industrial	3.0	1.0
8	37°	226°	214°	299°	86,7	84,2	89,4	86,0	83,7	88,6	Zona industrial	3.0	1.0
9	37°	131°	217°	299°	89,3	88,5	91,3	89,0	87,9	90,0	Zona industrial	3.0	1.0
10	35°	229°	217°	299°	91,9	89,8	92,9	90,9	89,7	92,0	Zona industrial	3.0	1.0

Nota. Los niveles de presión sonora registrados evidencian la existencia elevadas emisión acústica en el área de generación eléctrica. Estos resultados constituyen un criterio técnico para recomendar una evaluación de la explosión ocupacional de los trabajadores conforme a los procedimientos establecidos en el Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2024-196, Anexo 3. Norma Técnica en Seguridad e Higiene del Trabajo, Art. 4. Ruido.

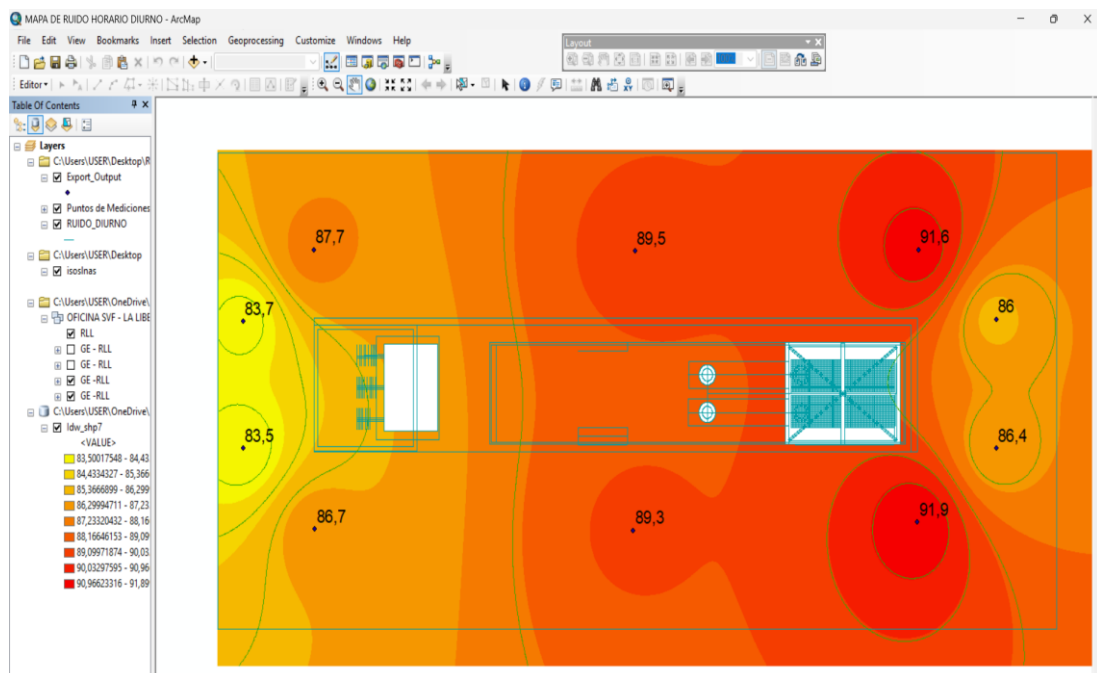
A partir del conjunto de mediciones en los diez puntos de control, fue posible caracterizar el comportamiento espacial correspondiente a los niveles de presión sonora producidos por el grupo electrógeno en su configuración de funcionamiento habitual. Los L_{eq} durante las horas diurnas fueron de 83,5 y 91,9 dB(A), mientras que los niveles sonoros continuos equivalentes obtenidos durante el horario nocturno de medición estuvieron entre 82,7 y 90,8 dB(A), mostrando una ligera disminución durante la noche sin alternar el comportamiento acústico del equipo.

Con base en el análisis de resultados, los puntos 3 y 10 registran decibeles de 91,6 y 91,9 durante el día respectivamente. Por lo contrario, los puntos 6 y 7 presentaron los valores más bajos observados, con un promedio inferior a 84 dB(A).

3.4.1. Mapa de ruido

Con el propósito de complementar el análisis de los resultados obtenidos mediante las mediciones de presión sonora, se elaboraron mapas de distribución acústica utilizando el software ArcGIS. Estos mapas permiten representar gráficamente la propagación del ruido alrededor del grupo electrógeno GE-05 e identificar las zonas de mayor concentración sonora, facilitando la interpretación espacial de los niveles registrados y proporcionando un soporte técnico para el diseño de la propuesta de control acústico.

Figura 11. Mapa de distribución horario diurno.



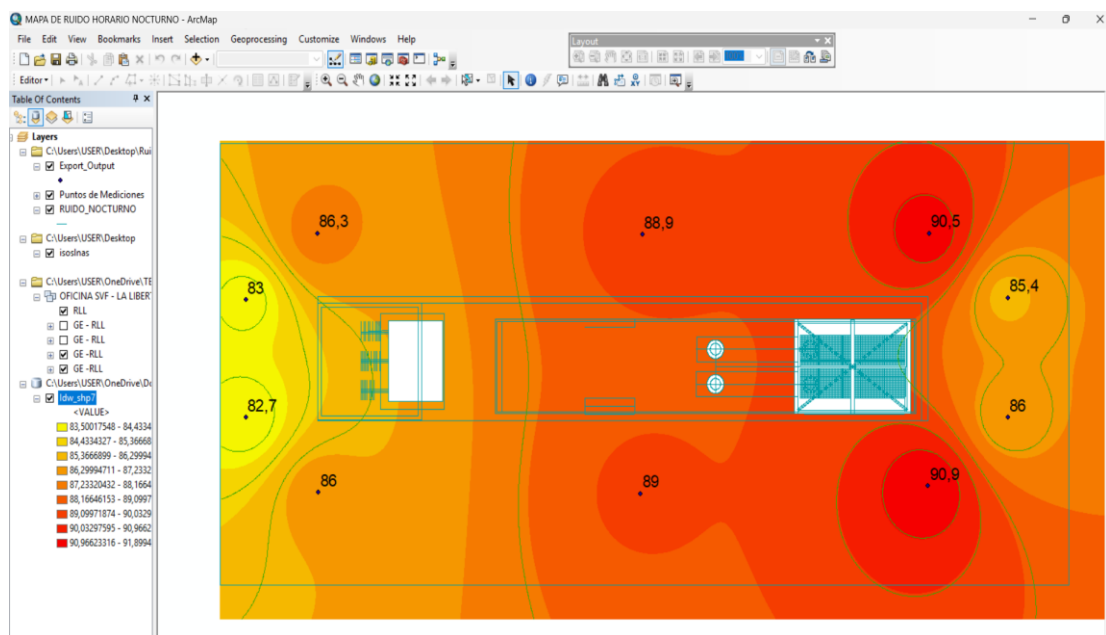
Nota. Mapa elaborado mediante ArcGIS, muestra situación inicial de los niveles de presión sonora del GE-05 RLL, elaborado a partir de las mediciones en los puntos de monitoreo establecidos alrededor del equipo en la figura 10 y en la tabla 25. Cada punto corresponde a un valor de nivel equivalente de presión sonora (L_{eq}) expresado en dB(A) en horario diurno siendo el punto 10 más elevado con 91,9 dB(A).

En la Figura 11 se ilustra la distribución de los resultados en un mapa donde se muestra los datos del horario diurno. La representación isométrica del campo sonoro evidencia una mayor intensidad en los puntos 3,4, 9 y 10, alcanzando picos de L_{eq} de 91.6 dB(A) y 91,9 dB(A) respectivamente. Esta concentración de energía sonora

responde directamente a la disposición mecánica del grupo electrógeno, pues en dicho perímetro convergen el bloque de motores y de los sistemas de ventilación propios del funcionamiento del equipo.

En contraste, los sectores 6 y 7 registran decibeles por debajo de 84, lo cual indica una propagación no uniforme influenciada por el diseño del equipo. La gradiente observada valida el comportamiento direccional del ruido en función de la arquitectura del generador, aportando un criterio geométrico para el trazado y dimensionamiento de las barreras acústicas.

Figura 12. *Mapa de distribución horario nocturno.*



Nota. Mapa elaborado mediante ArcGIS, muestra situación inicial de los niveles de presión sonora del GE-05 RLL, elaborado a partir de las mediciones en los puntos de monitoreo. Cada punto corresponde a un valor de nivel equivalente de presión sonora (L_{eq}), expresado en dB(A) en horario diurno siendo el punto 10 más elevado con 90,9 dB(A).

La Figura 12 ilustra la distribución espacial de los niveles de presión sonora registrados durante el horario nocturno, evidenciando un comportamiento acústico similar al observado en el periodo diurno. En este turno, la carga sonora predominante vuelve a focalizarse sobre los puntos 3 y 10 registrando 90,5 Y 90,9 dB(A), lo que confirma la permanente misión de los componentes mecánicos del equipo, por su parte, los puntos 6 y 7 registran los niveles más bajo descendiendo del umbral de los 83 dB (A). Esta marginal reducción global durante la noche responde principalmente a la disminución de flujo vehicular periférico de las actividades operativas. Comportamiento concurrente con lo expuesto por Texto Unificado de Legislación

Secundaria del Ministerio del Ambiente, (2017), dónde reconoce formalmente que el ruido de fondo ambiental experimenta variaciones según la intensidad de las dinámicas urbanas y de transporte en dichos horarios.

En consecuencia, la implementación de barreras acústicas alrededor del equipo se presenta como una alternativa técnicamente viable para reducir la propagación del ruido hacia las áreas de circulación y permanencia del personal.

Tabla 26. Resultados del cumplimiento normativo.

Puntos de Medición	Horario diurno	Nivel máximo de ruido permisible	Cumplimiento Normativo	Horario nocturno	Nivel máximo de ruido permisible	Cumplimiento Normativo
	L_{eq} (dBA)	L_{eq} (dBA)		L_{eq} (dBA)	L_{eq} (dBA)	
1	86,4	70,0	No cumple	86,0	65,0	No cumple
2	86,0	70,0	No cumple	85,4	65,0	No cumple
3	91,6	70,0	No cumple	90,5	65,0	No cumple
4	89,5	70,0	No cumple	88,9	65,0	No cumple
5	87,7	70,0	No cumple	86,3	65,0	No cumple
6	83,7	70,0	No cumple	83,0	65,0	No cumple
7	83,5	70,0	No cumple	82,7	65,0	No cumple
8	86,7	70,0	No cumple	86,0	65,0	No cumple
9	89,3	70,0	No cumple	89,0	65,0	No cumple
10	91,9	70,0	No cumple	90,9	65,0	No cumple

Nota. Datos recopilados muestran el indicador L_{eq} supera el marco regulatorio aplicable en todos los puntos de medición analizados.

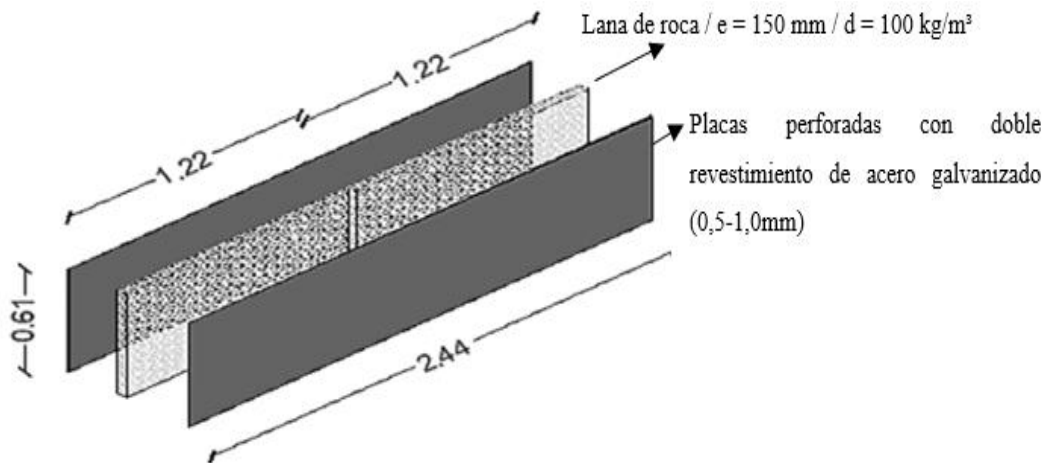
Los resultados obtenidos en la Tabla 26 evidencian y compran que en la totalidad de los puntos evaluados presentan valores superiores a los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental, los cuales representan una condición que requiere medidas de control acústico.

3.4.2. Propuesta

A partir de los resultados de los niveles de presión sonora de la situación actual y la demostración en mapas de ruido, se plantea el diseño de barreras acústicas. Estas defensas estructurales emplearan paneles tipo sándwich compuestos por dos láminas de acero galvanizado y un núcleo absorbente de lana de roca.

El objetivo es disminuir el impacto acústico que genera el GE-05 mediante el confinamiento de la energía sonora sin interferir en los mantenimientos y en la operación normal del equipo establecidos por el fabricante.

Figura 13. Paneles tipo sándwich.



Nota. La Figura 13 muestra un panel tipo sándwich compuesto por una chapa exterior perforada de acero galvanizado con un espesor entre 0,5 y 1,0 mm y un núcleo absorbente de lana de roca de 150 mm y una chapa posterior de acero galvanizado.

La configuración del panel tipo sándwich mostrado en la Figura 13 representa una alternativa de control acústico basada en la combinación de materiales con diferentes funciones dentro del sistema.

La chapa metálica exterior proporciona resistencia mecánica, mientras que la lana de roca actúa como el material absorbente debido a su estructura fibrosa, permitiendo dispersar parte de la energía acústica generada por el equipo.

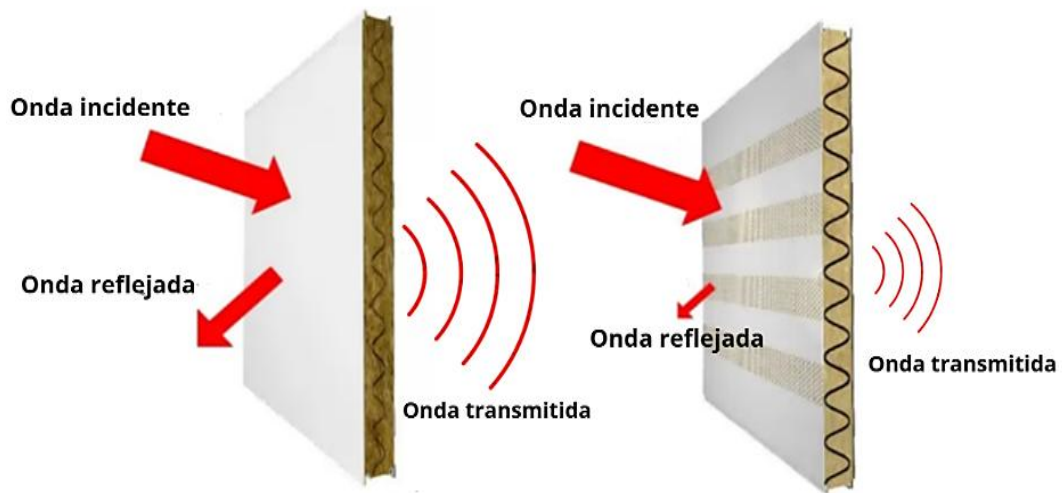
3.4.2.1. Fundamentación técnica

La propuesta de control de ruido se fundamenta en la aplicación de los principios de aislamiento y absorción acústica. Analizando los fenómenos de propagación sonora, cuando una onda acústica incide sobre una superficie, su energía se distribuye en tres componentes: una parte se refleja hacia el medio origen, otra es absorbida por el material y la restante se transmite al lado opuesto de la estructura, de esta manera los tres fenómenos dependen de las propiedades físicas del material como su densidad, porosidad, espesor y resistencia al flujo del aire como se muestra en la Figura 14.

Los materiales porosos presentan un elevado potencial de absorción acústica, esto se debe a la disipación de energía ocasionada por la fricción del aire al atravesar su estructura fibrosa (ISO 10534-2, 2023). Para demostrar el comportamiento del ruido al interactuar con la barrera se toma en cuenta que el porcentaje de sonido incidente que se refleja se absorbe o se transmite este sujeto a las propiedades de los paneles y la frecuencia de la onda sonora. A partir de estos principios físicos se definen tres parámetros:

- Coeficiente de absorción (α): representa la fracción de la energía incidente que es disipada por el material.
- Coeficiente de reflexión (ρ): representa el porcentaje del sonido incidente que rebota y es devuelto al medio original.
- Coeficiente de transmisión (τ): representa la porción de la energía acústica que logra atravesar el elemento hacia el otro lado.

Figura 14. Comparación de onda sonora.



Nota. Comparación el comportamiento de la onda sonora al incidir sobre un papel convencional y un panel con placa perforada. Adoptado de aislamiento acústico con paneles sándwich por Equipo Ironlux, 2024, <https://www.ironlux.com/blog/aislamiento-acustico-con-paneles-sandwich/>.

La Figura 14 ilustra el análisis del comportamiento de la onda sonora cuando incide en un panel convencional y un panel con placa perforada. En el primer caso, la reflexión de la energía sonora es mayor y la absorción resulta limitada. En el segundo se aprecia que las perforaciones facilitan el ingreso de la onda al material absorbente logrando mayor disipación de energía dentro del núcleo de lana de roca. La lana de roca fue seleccionada debido a que presenta un conjunto de propiedades que la hacen

especialmente adecuada para el control del ruido generado por grupos electrógenos de alta potencia. Se evaluaron diferentes materiales utilizados en aplicaciones industriales, entre ellos la fibra de vidrio, la espuma de poliuretano.

La fibra de vidrio presenta un comportamiento con los niveles de presión sonora superior debido a su estructura fibrosa alcanzando coeficientes de absorción α_w entre 0,85 y 1,00 con espesores específicos. El material destaca por su carácter no combustible y una resistencia térmica muy superior a la de los polímeros expandidos, radica en su densidad comercial en un rango de 16 a 64 kg / m^3 no obstante, resulta insuficiente en comparación con la lana de roca que oscila una densidad de entre 80 a 150 kg / m^3 (Hongisto et al., 2022).

La espuma de poliuretano es un material compuesto por una estructura celular abierta ampliamente usado para el acondicionamiento acústico de estudios de grabaciones, auditores y lugares completamente cerrados. Su coeficiente de absorción sonora puede alcanzar valores entre 0.60 y 0.80 dependiendo del espesor y de la frecuencia de evaluación. Sin embargo, diversos estudios indica que su desempeño disminuye en frecuencia de 125 a 500 Hz, rangos muy bajos donde se concentra una parte importante de la energía acústica que produce los motores de gran potencia. Además, su resistencia es limitada a temperaturas elevadas al ser un material combustible, lo que restringe su uso en instalaciones industriales donde existe fuentes permanentes de calor (Singh, 2023).

La lana de roca fue seleccionada por su composición de densidad de 80 a 150 kg / m^3 con una estructura porosa de 100 kg / m^3 que favorece a la disipación de los niveles de presión sonora. Investigaciones reportan coeficientes de absorción sonora α_w 0.95 a 1.00 clasificándose como un material de clase A conforme al norma EN ISO 11654 (ver Anexo 19).

Los valores de espesor del núcleo de lana de roca del panel sándwich se rigen bajo criterios de calidad, tolerancias geométricas y de fabricación de la norma SIST-EN-14509, 2006 para paneles sándwich auto portables.

Tabla 27. *Características acústicas de paneles sándwich.*

Espesor (mm)	Índice de reducción sonora R (dB)
50	27
80	28
100	30
120	33
150	35

Nota. Datos tomados de norma ISO 10140, 2021 y evaluados con las directrices de la norma ISO 717-1, 2020.

Los parámetros de aislamiento e índice de reducción sonora presentados en la Tabla 27 para los espesores nominales de 50 mm a 150 mm corresponden a especificaciones técnicas certificadas por fabricantes, cuyos valores han sido dictaminados bajo ensayos de laboratorio en cumplimiento con las directrices de la norma ISO 10140, 2021 y evaluados con las directrices de la norma ISO 717-1, 2020.

Así mismo, este material posee capacidades de absorción de energía acústica. Se estimó el comportamiento del material absorbente lana de roca siendo al ser el núcleo del panel sándwich con una densidad de $100 \text{ Kg} / \text{m}^3$ y espesor de 150 mm. Estos resultados son una aproximación del desempeño acústico esperado del sistema propuesto.

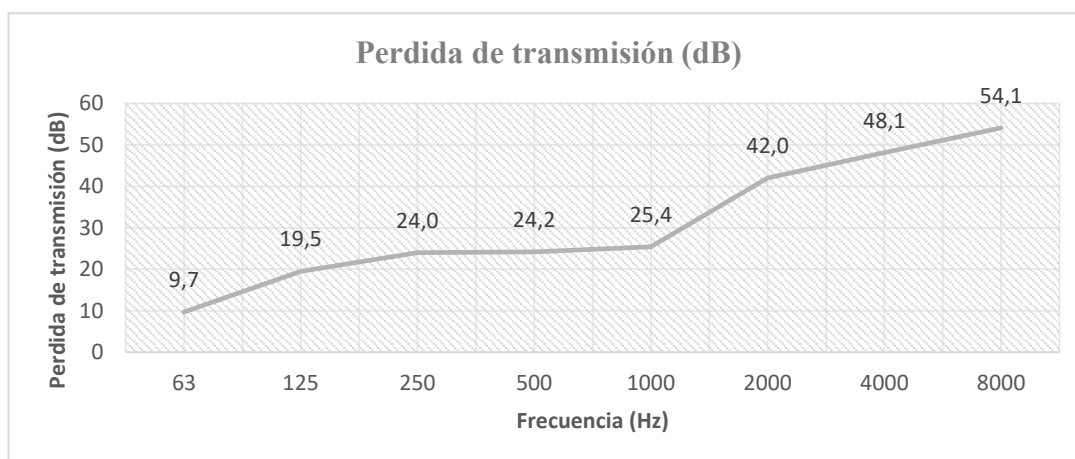
Tabla 28. *Pérdida de transmisión.*

Frecuencia (Hz)	Pérdida de transmisión (dB)
63	9,7
125	19,5
250	24,0
500	24,2
1000	25,4
2000	42,0
4000	48,1
8000	54,1

Nota. Elaboración a partir de los resultados obtenido mediante la herramienta Acoustic Calculator de Reuven Engineering Tools. El cálculo de disminución de ruido ponderado (Rw) sigue el procedimiento de la norma ISO 717-1, 2020.

Los valores de pérdida de transmisión obtenidos en la Tabla 28 permiten evaluar la capacidad del sistema acústico propuesto para limitar la propagación de ruido. El comportamiento del panel asociado principalmente el efecto combinado de la masa de las placas perforadas y la capacidad de absorción del núcleo de lana de roca, lo que facilita la disminución de la energía sonora transmitida hacia el exterior.

Figura 15. *Gráfico de pérdida de transmisión.*



Nota. Representación gráfica de los resultados obtenidos en la Tabla 28.

En la figura, se analiza el comportamiento de la pérdida de transmisión, a lo largo del espectro de frecuencia evidenciando un perfil ascendente continuo. Esta respuesta acústica demuestra que la capacidad de aislamiento del pan de sándwich con núcleo de la nave roca se optimiza progresivamente hacia los tonos agudos, logrando sus máximos coeficientes de atenuación en las bandas superior a los 2000 Hz. La coincidencia entre este desempeño espectral y la banda donde el hidrógeno concentra su mayor densidad de energía sonora valida la selección del material, en consecuencia, el comportamiento del cerramiento con firma su idoneidad técnica como una solución efectiva para la atenuación del ruido en instalaciones industriales.

Tabla 29. *Resultados de coeficiente de absorción.*

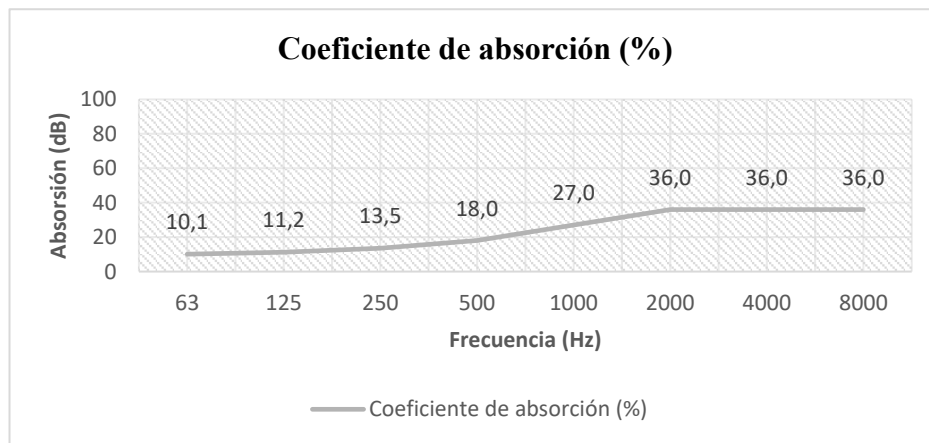
Frecuencia (Hz)	Coeficiente de absorción (%)
63	10,1
125	11,2
250	13,5
500	18,0
1000	27,0
2000	36,0
4000	36,0
8000	36,0

Nota. Elaboración a partir de los resultados obtenido mediante la herramienta Acoustic Calculator de Reuven Engineering Tools. El cálculo de disminución de ruido ponderado (R_w) sigue el procedimiento de la norma ISO 717-1, 2020.

De acuerdo con los datos tabulados en la Tabla 19 el coeficiente de absorción (α) acústica existe un comportamiento ascendente en función directa del incremento frecuencia. En el régimen de baja frecuencias, el material ofrece una respuesta modesta disipando únicamente entre el 10,1 % y el 13,5 % de la energía incidente, sin embargo, al rebasar el umbral de los 2000 Hz, la absorción repunta hasta situarse en un 36,6 %, conservando una asíntota estable que se prolonga 8000 Hz. Esa respuesta es típica de los medios porosos y fibrosos empleados en el acondicionamiento ambiental, donde la anticipación del aire en la red micro estructural interna, transforma la onda sonora, incidente de energía térmica.

En consecuencia, el núcleo de lana de roca incorporado en el panel sándwich contribuye significativamente a disminuir la reflexión del sonido y mejorar el desempeño global del sistema de control acústico propuesto.

Figura 16. *Gráfico de coeficiente de absorción.*



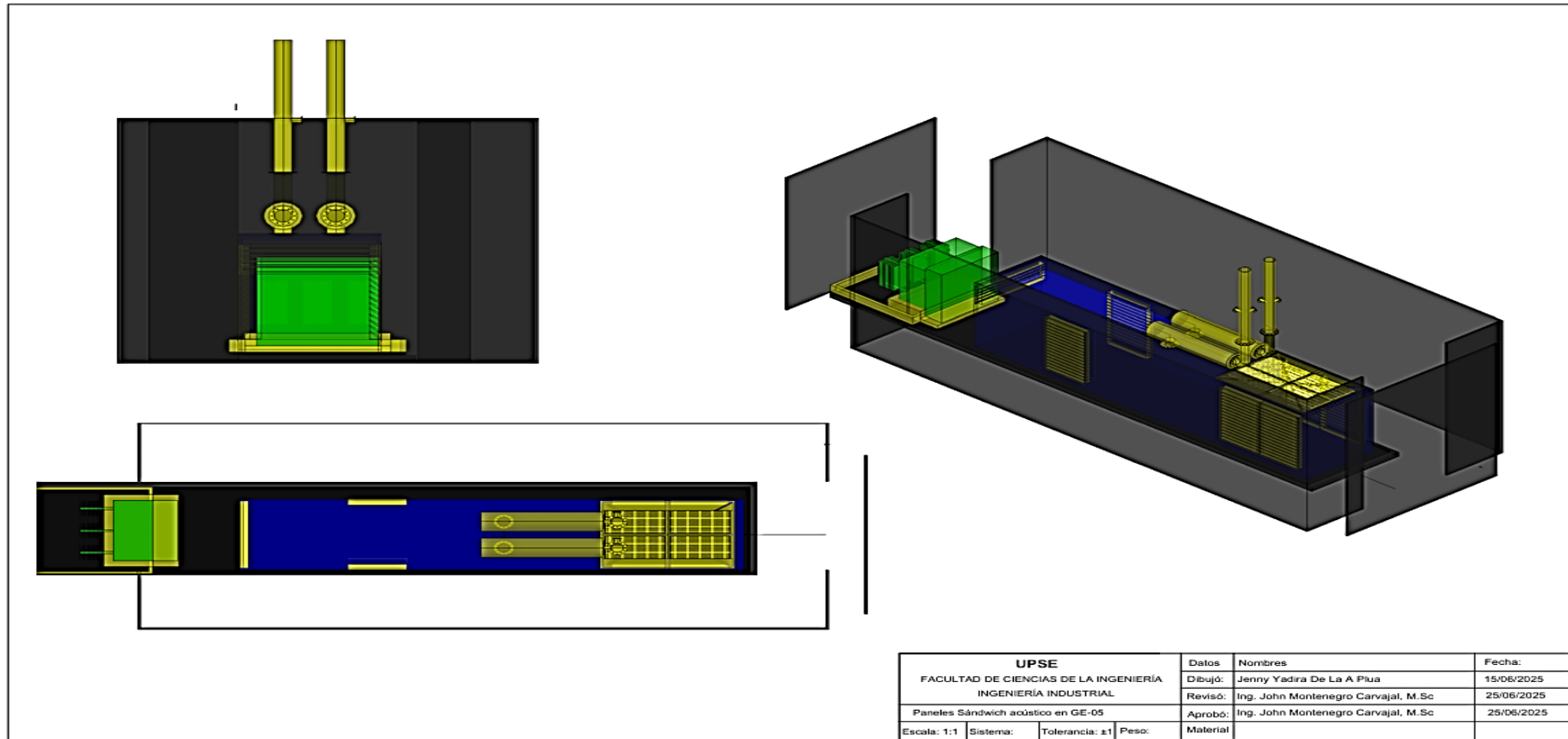
Nota. Demostración grafica de los datos de coeficiente de adsorción.

El coeficiente de absorción en la Figura 16 demuestra una tendencia creciente con el incremento de la frecuencia. En bajas frecuencias los valores son reducidos con 10,1 % a 11,2 % en una frecuencia de 125 Hz, mientras que a partir de 2000 Hz el coeficiente incrementa alcanzando un valor de 36,0 %.

Como elemento principal de la barrera acústica se propone la utilización de un panel sándwich acústico conformado por revestimiento metálico perforado y un núcleo de lana de roca como el material absorbente. Las barreras estarán situadas a dos metros de distancia del equipo según la especificación técnicas del equipo (Kohler SDMO, 2016) (ver Anexo 17), tensores rectos agarrados a la cabina y una altura de seis metros desde la superficie.

Las alternativas relacionadas con la intervención directa de los componentes y sistemas propios del grupo electrógeno no se contemplan dentro de la propuesta, debido a que su modificación podría afectar las condiciones de funcionamiento establecidas por el fabricante. La intervención de estos elementos podría alterar aspectos relacionados con la operación, refrigeración y evacuación de gases del equipo, comprometiendo potencialmente su desempeño y seguridad. Por esta razón, la propuesta se orienta exclusivamente a la implementación de paneles acústicos perimetrales con material absorbente de lana de roca, como medida de control del ruido, manteniendo la configuración original del equipo y respetando la distancia mínima de 2,00 m establecida en el manual del fabricante.

Figura 17. Demostración de paneles en GE-05.



Nota. Diseño de la propuesta de control acústico desarrollado en AutoCAD para el GE-05, mediante la incorporación de los paneles sándwich estratégicamente alrededor del equipo.

La Figura 17 presenta el diseño tridimensional de la propuesta de control acústico desarrollada para el grupo electrógeno GE-05 mediante el software AutoCAD. La configuración planteada incorpora paneles sándwich con doble revestimiento de acero galvanizado y núcleo de lana de roca de 150 mm de espesor, distribuidos estratégicamente alrededor del equipo con el propósito de interceptar las principales trayectorias de propagación del ruido sin afectar la operación ni las actividades de mantenimiento.

La geometría de la propuesta se adaptó a la dinámica operativa real del grupo electrógeno, reservando los pasillos de circulación necesario, los accesos para mantenimiento mecánico y los pasos de flujo de aire requeridos para no comprometer el balance térmico del sistema de refrigeración. La orientación espacial de los apalancamientos corresponde directamente a las curvas de hizo nivel del diagnóstico de campo interceptando de forma prioritaria en los vectores de máxima emisión desde la perspectiva de la ingeniería de materiales al cerramiento combina propiedades de absorción y aislamiento mediante paneles eran roca y presenta un coeficiente de absorción ponderado (a_w) de 0,85 a 1,00 y un índice global de reducción acústica (R_w) entre 30 y 35 dB, esa combinación cinemática y acústica válida la viabilidad del diseño, asegurando una atenuación efectiva de la potencia sonora, sin interferir con la maniobra, ni la seguridad del área de generación eléctrica.

3.4.2.2. Análisis del desempeño acústico esperado de la propuesta

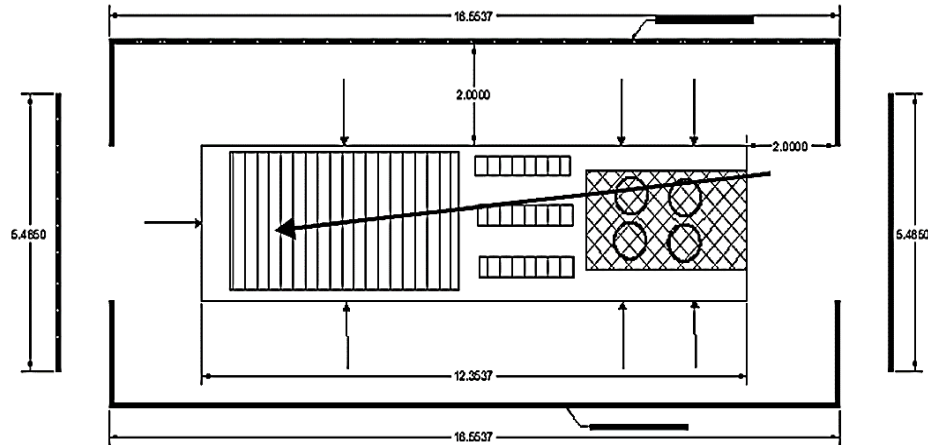
Con base en el diagnóstico acústico realizado alrededor del grupo electrógeno GE-05 y en las propiedades de aislamiento acústico del sistema propuesto, se efectuó una evaluación técnica del comportamiento esperado de las barreras acústicas. Debido a que la presente investigación corresponde a un diseño no experimental, la propuesta no fue implementada físicamente durante el desarrollo del estudio, razón por la cual no fue posible realizar mediciones posteriores para determinar experimentalmente la disminución de los niveles de presión sonora.

La evaluación teórica se realizó empleando el cálculo de la pérdida de inserción de barreras acústicas mediante el método propuesto por Bies, D. A., & Hansen, C. H., (2009), basado en el número de Fresnel y el modelo de Maekawa. Por ello, se consideraron las propiedades acústicas del panel tipo sándwich de 150 mm de

espesor, compuesto por un núcleo de lana de roca de densidad de 100 kg/m^3 , con un índice de reducción sonora (R_w) de 35 dB y un coeficiente de absorción sonora de 0.95 a la frecuencia de 2000 Hz.

Se usaron dimensiones específicas del sistema de barreras propuestas con un diseño alrededor del grupo electrógeno mostrado en la Figura 18.

Figura 18. Dimensiones de barreras acústicas.



Nota. Las dimensiones son aproximadas en base a las medidas reales del equipo según el fabricante.

La Figura 18 muestra las referencias dimensionales de la distribución de las barreras acústicas propuestas. El diseño contempla un recinto de 16,55 m de longitud en sus lados longitudinales y 5,48 m de ancho en sus costados transversales. Así mismo, una altura de 6,00 m sin cubierta superior y una distancia de 2,00 m respecto al perímetro del equipo de acuerdo a lo establecido por el manual del equipo (Anexo 18).

3.4.2.2.1. Cálculo de atenuación de las barreras acústicas

Longitud de onda:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{343 \frac{m}{s}}{2000 \text{ Hz}} = 0,1715 \text{ m}$$

Distancia entre la fuente sonora y el borde superior de la barrera:

$$A = \sqrt{(2m)^2 + (6m - 3m)^2} \quad (2)$$

$$A = \sqrt{4 + 9}$$

$$A = 3.61 \text{ m}$$

Distancia entre el borde superior de la barrera y el receptor:

$$B = \sqrt{(1\text{m})^2 + (6\text{m} - 1.5\text{m})^2} \quad (3)$$

$$B = \sqrt{1 + 20.25}$$

$$A = 4.61 \text{ m}$$

Distancia directa entre la fuente sonora y el receptor:

$$d = \sqrt{(3\text{m})^2 + (3\text{m} - 1.5\text{m})^2} \quad (4)$$

$$B = \sqrt{9 + 2.25}$$

$$A = 3.35 \text{ m}$$

Diferencia de trayectorias:

$$\delta = A + B - d \quad (5)$$

$$\delta = 3.61 \text{ m} + 4.61 \text{ m} - 3.35 \text{ m}$$

$$\delta = 4.87 \text{ m}$$

Número de Fresnel:

$$N = \frac{2\delta}{\lambda} \quad (6)$$

$$N = \frac{2(4.87\text{m})}{0.1715\text{m}}$$

$$N = \frac{9.74}{0.1715} = 56.79$$

Perdida por inserción:

$$IL = 10 \text{ Log}(3 + 20N) \quad (7)$$

$$IL = 10 \text{ Log}[3 + 20(56.79)]$$

$$IL = 10 \text{ Log}(1138.80)$$

$$IL = 30.56 \text{ dB}$$

Una vez obtenido los parámetros constantes, se utilizan en la evaluación de todos los puntos de medición correspondiente al horario diurno, ya que las características geométricas de las barreras acústicas, la posición del equipo y la frecuencia de análisis permanecen invariables. En consecuencia, únicamente se reemplaza el nivel de presión sonora inicial de los 10 puntos de medición actuales para estimular aproximada del nivel de presión sonora luego de la implementación de la propuesta.

Horario diurno

Punto 1:

Nivel de presión sonora después de la barrera.

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 86.40 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 55.84 \text{ dB}$$

Punto 2:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 86.00 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 55.44 \text{ dB}$$

Punto 3:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 91.60 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 61.04 \text{ dB}$$

Punto 4:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 89.50 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 58.94 \text{ dB}$$

Punto 5:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 87.70 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 57.14 \text{ dB}$$

Punto 6:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 83.70 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 53.14 \text{ dB}$$

Punto 7:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 83.50 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 52.94 \text{ dB}$$

Punto 8:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 86.70 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 55.14 \text{ dB}$$

Punto 9:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 89.30 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 58.74 \text{ dB}$$

Punto 10:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 91.90 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 61.34 \text{ dB}$$

Horario nocturno

Punto 1:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 86.00 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 55.44 \text{ dB}$$

Punto 2:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 85.40 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 54.84 \text{ dB}$$

Punto 3:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 90.50 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 59.94 \text{ dB}$$

Punto 4:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 88.90 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 58.34 \text{ dB}$$

Punto 5:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 86.30 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 55.74 \text{ dB}$$

Punto 6:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 83.00 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 52.44 \text{ dB}$$

Punto 7:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 82.70 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 52.14 \text{ dB}$$

Punto 8:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 86.00 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 55.44 \text{ dB}$$

Punto 9:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 89.00 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 58.44 \text{ dB}$$

Punto 10:

$$L_{Pe} = L_P - IL \quad (8)$$

$$L_{Pe} = 90.90 \text{ dB} - 30.56 \text{ dB}$$

$$L_{Pe} = 60.34 \text{ dB}$$

A partir de la aplicación del método de cálculo descrito anteriormente, se estimó el nivel de presión sonora esperado para cada punto de medición en horario diurno y nocturno, considerando una pérdida por inserción constante de 30.56 dB, determinada mediante el modelo de barreras acústicas.

Tabla 30. *Nivel de presión sonora esperado.*

Punto de medición	Horario diurno L_p (dB)	Nivel esperado L_{pe} (dB)	Horario nocturno L_p (dB)	Nivel esperado L_{pe} (dB)
Punto 1	86.4	55.84	86.0	55.44
Punto 2	86.0	55.44	85.4	54.84
Punto 3	91.6	61.04	90.5	59.94
Punto 4	89.5	58.94	88.9	58.34
Punto 5	87.7	57.14	86.3	55.74
Punto 6	83.7	53.14	83.0	52.44
Punto 7	83.5	52.94	82.7	52.14
Punto 8	86.7	56.14	86.0	55.44
Punto 9	89.3	58.74	89.0	58.44
Punto 10	91.9	61.34	90.9	60.34

Nota. Los niveles de presión sonora esperados fueron estimados mediante el modelo de Maekawa, descrito por Bies & Hansen, (2009) para barreras acústicas abiertas. Los resultados son aproximando y se determinaron considerando las características geométricas y las propiedades del sistema propuesto, con una pérdida por inserción estimada de 30.56 dB.

Los resultados de la Tabla 30 evidencia que la implementación de las barreras acústica permite reducir significativamente los niveles de presión sonora que genera el equipo. En horario diurno, los niveles estimados se encuentran en 52.94 dB y 61.34 dB, mientras que en el horario nocturno varían entre 52.14 dB y 60.34 dB, en las cuales se evidencia la validación que existe una pérdida de inserción de 30.56dB por cada punto de medición de acuerdo al método propuesto por Bies, D. A., & Hansen, C. H., (2009), basado en el número de Fresnel y el modelo de Maekawa.

3.4.2.3. Plan de socialización para la prevención de la exposición ocupacional al ruido

La implementación de barreras acústicas constituye la principal medida de ingeniería propuesta para disminuir la propagación del ruido generado por el grupo electrógeno GE-05.

Las barreras físicas de una acompañarse de acciones orientadas al personal para asegurar la gestión de riesgo acústico en planta. En el área de generación eléctrica de Refinería La Libertad hace efecto una socialización con los operadores sobre contaminación auditiva, medidas preventivas y los de protección personal. La actividad buscó informar sobre el riesgo de las exposiciones continuas durante la marcha del grupo electrógeno.

Figura 19. Programa de socialización sobre medidas de prevención del ruido.

PLAN DE SOCIALIZACIÓN PARA LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN DEL RUIDO EN EL ÁMBITO LABORAL							
Empresa	Refinería La Libertad	Código		Versión		Fecha	
Objetivo	Fortalecer las competencias del personal para prevenir la exposición ocupacional al ruido mediante capacitación y buenas prácticas.						
Alcance	Personal del área de Generación Eléctrica.						
Elaborado por	Tesisista			Revisado por	Tutor		
Aprobado por	Jefe de Seguridad Industrial						
CRONOGRAMA DE SOCIALIZACIÓN							
Tema	Contenido	Dirigido a	Responsable	Duración	Frecuencia	Recursos	Evidencia
Contaminación acústica	Conceptos, normativa y efectos en la salud	Operadores	Seguridad Industrial	15 min	Ejecutado	Exposición oral	Registro de asistencia Registro fotográfico
Protectores auditivos	Uso, mantenimiento y reemplazo	Operadores	Seguridad Industrial	15 min	Ejecutado	Exposición oral	Registro de asistencia
Prevención del ruido	Buenas prácticas y señalización	Operadores	Seguridad Industrial	10 min	Ejecutado	Exposición oral	Registro fotográfico

Nota. Elaboración propia, con base en la propuesta técnica para la disminución del ruido en el grupo electrógeno N.º 5 de la Refinería La Libertad.

El programa de socialización de la Figura 19 constituye una medida administrativa que complementa las acciones de ingeniería propuestas para el control del ruido generado por el grupo electrógeno GE-05. Su implementación permite fortalecer los conocimientos del personal respecto a los riesgos derivados de la exposición ocupacional al ruido, promoviendo el uso adecuado de los equipos de protección auditiva y la aplicación de buenas prácticas durante la operación y mantenimiento del equipo.

La socialización técnica, reforzar cumplimiento de las normas de seguridad y salud de los trabajadores (Decreto Ejecutivo No 255, 2024), concientizando a los operadores sobre el impacto de la exposición prolongada al ruido y la necesidad de dar cumplimiento con los niveles de presión. Sonora la combinación de esta actividad

informativa con la propuesta de implementación de las barreras, consolida una estrategia práctica a la viabilidad.

3.5. Costo de implementación

Con el propósito de evaluar la viabilidad económica de la propuesta de control acústico para el grupo electrógeno GE-05, se realizó una estimación referencial de los costos asociados a la implementación de las barreras acústicas diseñadas para el área de Generación Eléctrica de la Refinería La Libertad. Para ello, se consideraron las dimensiones del equipo y el área de cobertura requerida, definiendo una superficie aproximada de instalación acorde con las características operativas del sistema, tal como se muestra en la Figura 18.

La estimación económica contempla el suministro de paneles sándwich acústicos con doble revestimiento de acero galvanizado y núcleo de lana de roca de 150 mm de espesor, así como los costos relacionados con la instalación, logística y actividades complementarias necesarias para su implementación.

Los valores presentados corresponden a un presupuesto referencial elaborado a partir de precios de mercado para materiales con especificaciones técnicas equivalentes a las definidas en la propuesta, por lo que tienen como finalidad valorar la factibilidad financiera de la solución planteada y no representar una cotización oficial de un proveedor específico. En este contexto, el análisis de costos permite determinar la inversión aproximada requerida para la implementación de las barreras acústicas y constituye un elemento de apoyo para la toma de decisiones respecto a la ejecución futura de la propuesta técnica de mitigación del ruido.

Tabla 31. Costo de implementación de la propuesta

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
1	Paneles sándwich acústicos (Módulos de 2,44 m x 0,61 m x 8 mm) - Placas perforadas con doble revestimiento de acero galvanizado (0,5-1,0mm) - Lana de roca inorgánica no combustible de 100 kg/m ³ de densidad y 150 mm de espesor	302	m ²	\$ 150,00	\$ 45.300,00
2	Instalación y logística	1	Global	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
Subtotal					\$ 46.800,00
10% de imprevisto					\$ 4.680,00
15% de reajuste					\$ 7.020,00
Total					\$ 58.500,00

La tabla 31 evidencia que la mayor inversión corresponde al suministro de los paneles sándwich acústicos, los cuales representan aproximadamente el 96,8 % del costo total de implementación. Este comportamiento es consistente con la naturaleza de la propuesta, debido a que el material absorbente constituye el elemento principal encargado de disminuir la propagación del ruido generado por el grupo electrógeno.

Por otra parte, los costos asociados a la instalación, transporte y logística representan una proporción reducida del presupuesto total, equivalente al 3,2 %, permitiendo que la propuesta mantenga una adecuada relación entre desempeño técnico e inversión requerida.

En consecuencia, el costo estimado de USD 58.500,00 constituye una referencia económica que respalda la factibilidad de implementar las barreras acústicas en el área de Generación Eléctrica, quedando sujeto a variaciones derivadas de las condiciones del mercado, la disponibilidad de materiales y las especificaciones finales de construcción.

Tabla 32. Distribución porcentual del costo de implementación.

Ítem	Descripción	Valor (USD)	Participación (%)
1	Materiales	\$45.300,00	96,79%
2	Instalación y logística	\$ 1.500,00	3,21%
3	Total		100%

La tabla 32 permite identificar que la inversión se concentra principalmente en los materiales acústicos, mientras que los costos de instalación representan una fracción menor del total. Esta distribución demuestra que el desempeño de la propuesta depende principalmente de la calidad del material seleccionado, razón por la cual se priorizó un panel con propiedades certificadas de absorción y aislamiento acústico.

Tabla 33. Cálculo del flujo de fondo

Cálculo del flujo de fondo						
Años	0	1	2	3	4	5
Flujo fondo	\$ - 58.500,0 0	\$ 2.200,00	\$ 2.200,00	\$ 2.200,00	\$ 2.200,00	\$ 2.200,00
Saldo actual del 10 %	\$ - 58.500,0 0	\$ 27.727,2 7	\$25.206,6 1	\$22.915,1 0	\$20.831,9 1	\$18.938,1 0
Saldo acumulado	\$ - 58.500,0 0	\$ - 30772,73	\$ - 5.566,12	\$17.348,9 9	\$38.180,9 0	\$57.119,0 0

La tabla 33 permite identificar el cálculo del flujo de fondo proyectado a 5 años en donde se desglosa el comportamiento financiero de la propuesta técnica de barreras acústicas donde se considera una inversión inicial de \$ 58.500,00 y una tasa del 10% en las cuales se evidencia que existe un tiempo de recuperación de capital en el tercer año.

$$TASA = 10 \%$$

$$VNA = VNA (\text{flujo de caja} + \text{desembolso inicial}).$$

$$VNA = \$ 115.619,00$$

$$VAN = \text{Beneficio neto actualizado} - \text{Inversión inicial}.$$

$$\text{VAN} = \$ 57.119,00$$

TIR = Diferencia de valor inicial (Costo) y el valor final (Retorno de la inversión) de la operación, dividido entre el valor inicial multiplicando el resultado para 100.

$$\text{TIR} = 43,60 \%$$

PR = Relación entre la inversión inicial y el flujo de efectivo por periodo.

$$\text{PR} = 2 \text{ años, } 2 \text{ meses y } 27 \text{ días.}$$

El análisis de factibilidad para la propuesta técnica de barreras acústicas mediante el análisis económico arroja los siguientes resultados con un VAN de \$ 57.119,00 y un TIR de 43,60 % en la cual supera la tasa de descuento referencial garantizando una elevada rentabilidad, el periodo de recuperación es de 2 años, 2 meses y 27 días en las cuales se proyectan en la tabla 33 donde se evidencia una proyección de recuperación entre el año 2 y 3. En conclusión la implementación de barreras acústicas con panel tipo sándwich resulta financieramente viables y factibles, asegurando un retorno de capital en 2 años aproximados y maximizando el valor económico del proyecto.

3.6. Marco de discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación permitieron cumplir el objetivo general orientado a la propuesta de un sistema de barreras acústicas para la disminución del ruido generado por el grupo electrógeno N.º 5 del área de generación eléctrica de la Refinería La Libertad. La integración del diagnóstico acústico, el análisis de alternativas de mitigación y el diseño del sistema de control permitió estructurar una solución técnica orientada a reducir la propagación del ruido en el área de estudio.

Los niveles de presión sonora son una registrada durante la fase del diagnóstico con rangos de 83,5 y 91, 9 dB(A) en la jornada diurna y de 82,70 a 90, 9 dB(A) en la nocturna, sobrepasa de manera continua en los límites máximos permisibles, fijados en la normativa ambiental o fuente fijas. Esta sobre exposición confirma problemática acústica en el área donde el funcionamiento del grupo electrógeno constituye la fuente de emisora dominante, haciendo indispensable una intervención de ingeniería sobre el ruido que genera.

Al modelar el comportamiento del campo sonoro mediante los mapas de ruidos se evidenció que la energía acústica se concentra principalmente en el perímetro inmediato del equipo, con gradientes que varían conforme se incrementa la distancia. Dicha distribución permitió identificar con exactitud la orientación de las fuentes críticas y proporcionó a base geométrica e indispensable para el diseño.

En respuesta a estas condiciones de operación continua, la propuesta técnica plantea instalación de barreras acústicas, constituidas por paneles sándwich, con caras exteriores de acero galvanizado y un núcleo absorbente de lana de roca. La idoneidad de esta propuesta radica en sus propiedades físicas resaltadas por un coeficiente de absorción ponderado (α_w) comprendido entre 0,85 y 1,00 y un índice de reducción acústica ponderado (R_w) de 30, 35 dB conforme a los criterios de la norma ISO 717-1, (2020) estos parámetros aseguran una elevada capacidad de atenuación en las bandas de frecuencia donde el equipo genera su mayor potencia sonora, buscando garantizar una solución técnica sólida para atenuar la propagación.

Para evaluar el desempeño acústico esperado se ejecutó el modelo matemático más adecuado conforme a las características del sistema propuesto. Se adoptó el modelo de Maekawa, descrito por Bies & Hansen, (2009), el cual permite estimar la pérdida por inserción de barreras acústicas a partir del fenómeno de difracción del sonido sobre el borde superior de la barrera. En consecuencia, se obtuvo una pérdida por inserción estimada de 30.56 dB, dicho valor permaneció constante debido a las condiciones geométricas del sistema no presentan variaciones entre los puntos.

Cabe precisar que el carácter no experimental de la investigación, la propuesta desarrollada se define como un diseño técnico sustentado en el diagnóstico acústico del campo, así como los fundamentos teóricos y normativos, por tanto, el estudio no incluye una ejecución física de la propuesta de la verificación de su desempeño, de

modo que los resultados sustentan en la factibilidad técnica del sistema más, no una cuantificación directa de los decibeles reducidos.

En su conjunto, la articulación entre las mediciones de prevención sonora, la elaboración de los mapas de ruido y el diseño de las barreras permiten fundamentar que la investigación ofrece una alternativa viable para el control de ruido industrial. Esa propuesta constituye a disminuir el impacto generado por el grupo electrógeno N.º 5 y sienta las bases para futuras fases de implementación y validación experimental en condiciones reales de operación.

3.7. Limitaciones del estudio

La principal limitación de la presente investigación fue que la propuesta de barreras acústicas no se implementó físicamente, por lo que no fue posible verificar experimentalmente su desempeño mediante mediciones de presión sonora posteriores a su instalación.

Asimismo, debido a las limitaciones de tiempo, recursos económicos y disponibilidad operativa dentro de la Refinería La Libertad, no fue factible desarrollar simulaciones acústicas computacionales ni ensayos experimentales que permitieran estimar cuantitativamente la reducción de los niveles de ruido alcanzada con la propuesta.

Desde ese modo, la evaluación técnica del sistema se fundamentó de manera exclusiva en los datos del diagnóstico acústico de campo, las propiedades de absorción y atenuación de los materiales seleccionados, los criterios normativos y la evidencia previa documentada en la literatura especializada. Si bien esta metodología respalda la actividad técnica y geométrica de la propuesta. La determinación exacta de su eficiencia real debe ser validado, mediante futuras investigaciones que contemplen su implementación y comprobación experimental.

CONCLUSIONES

La revisión de la literatura permitió establecer los fundamentos técnicos y normativos relacionados con el control del ruido industrial, posicionando a las barreras acústicas entre las soluciones de ingeniería más eficientes para mitigar las emisiones sonoras en equipos de alta potencias. A partir de la caracterización de los materiales de aislamiento y absorción se determinó que el panel tipo sándwich con núcleo de lana de roca de 150 mm de espesor, 100 kg/m³ de densidad, un índice de reducción sonora (Rw) de 35 dB y un coeficiente de absorción sonora de 0.95.

La aplicación de la metodología permitió determinar la situación actual de los niveles de presión sonora generados por el grupo electrógeno N° 5 mediante mediciones realizadas con un sonómetro calibrado, conforme a procedimientos basados en normas ambientales y de seguridad industrial del ministerio del ambiente. El diagnóstico acústico arrojó niveles de presión sonora de 83,5 a 91,9 dB(A) durante la jornada diurna y de 82,7 a 90,9 dB(A) en la nocturna, registrando una sobre transgresión de los límites máximos permisibles contemplados en el TULSMA (Ministerio del Ambiente, 2017). Estos valores confirman una problemática de contaminación auditiva continua en la planta, sustentando la urgencia de implementar mecanismos de control de ingeniería para atenuar la dispersión de la energía sonora y adecuar el entorno operacional a los estándares ambientales.

A partir de los datos del diagnóstico y de las especificaciones del material, se diseñó un sistema de barreras acústicas perimetrales ajustado a la geometría y operatividad del grupo electrógeno N° 5. La estimación del nivel de atenuación se efectuó mediante la formulación de Maekawa para difracción de la onda sonora Bies & Hansen, (2009), obteniendo valores proyectados de 52,94 a 61,34 dB(A) en período diurno y de 52,14 a 60,34 dB(A) en el nocturno. Estos resultados teóricos ratifican la capacidad de la propuesta para adecuar los niveles sonoros al margen de cumplimiento exigido por la normativa ambiental. En consecuencia, se cumplió el objetivo general de la investigación al elaborar una propuesta técnicamente fundamentada para la disminución del ruido en el grupo electrógeno N° 5, acorde con las normativas ambientales y de seguridad industrial aplicables.

RECOMENDACIONES

Se recomienda fortalecer la fundamentación técnica de futuras investigaciones mediante la incorporación de literatura científica, normas técnicas nacionales e internacionales y estudios actualizados relacionados con el control del ruido en instalaciones industriales, con el propósito de respaldar el diseño de soluciones de ingeniería acordes con los avances tecnológicos y los requerimientos normativos aplicables.

Se recomienda ampliar el diagnóstico acústico mediante la incorporación de mediciones en diferentes condiciones de operación del grupo electrógeno, horarios de funcionamiento y puntos de evaluación, complementadas con el análisis de las variables “medidas técnicas” y “nivel de ruido”, con la finalidad de obtener una caracterización más representativa del comportamiento acústico de la fuente emisora y disponer de información que fortalezca la toma de decisiones en materia de control del ruido.

La implementación de las barreras acústicas propuestas alrededor del grupo electrógeno N.º 5 debe ejecutarse conforme a las especificaciones técnicas del diseño y a las propiedades de materiales y criterios de instalación con el propósito de contribuir a la disminución de los niveles de presión sonora y al cumplimiento de la normativa ambiental vigente aplicable a entornos industriales.

REFERENCIAS

- Allard, J. F., & Atalla, N. (2022). *Propagation of Sound in Porous Media*. Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9780470747339>
- Antraoui, I., Khettabi, A., Sallah, M., & Zaky, Z. A. (2025). *Localized modes and acoustic band gaps using different quasi-periodic structures based on closed and open resonators*. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-90691-z>
- Azmán, m. A. Z. A.-s. L. B. L. ; s. M. R. D. S. C. N. N. (2021). *How technological, environmental and managerial performance contribute to the productivity change of Malaysian construction firms*.
- Baek, H., Jung, S., Hong, J., & Hong, T. (2023). *Simulation-based framework for optimal construction equipment allocation considering construction noise emissions*. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 22(5), 2959–2976. <https://doi.org/10.1080/13467581.2023.2172324>
- Bies, D. A., & H. C. H. (2009). *Engineering Noise Control: Theory and Practice* (4th ed.) CRC Press.
- Bies, D. A., & Hansen, C. H. (2020). *Engineering noise control* (4th ed.). CRC Press.
- British Standards Institution. (1997). *BS EN ISO 11654:1997. Acoustics—Sound absorbers for use in buildings—Rating of sound absorption*. BSI. British Standards Institution.
- Chen, W., Chen, Y., Xu, Y., & Zhang, L. (2026). *Stability analysis and noise reduction of a cone-type poppet valve in an aero-hydraulic system*. *Scientific Reports*.
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-34964-7>
- Decreto Ejecutivo N.º 255. (2024). *Decreto-ejecutivo-255-reglamento-de-seguridad-y-salud-de-los-trabajadores*.
- Equipo Ironlux. (2024). *Aislamiento acústico con paneles sándwich*. Ironlux.
<https://www.ironlux.com/blog/aislamiento-acustico-con-paneles-sandwich/>.
<https://www.ironlux.com/blog/aislamiento-acustico-con-paneles-sandwich/>

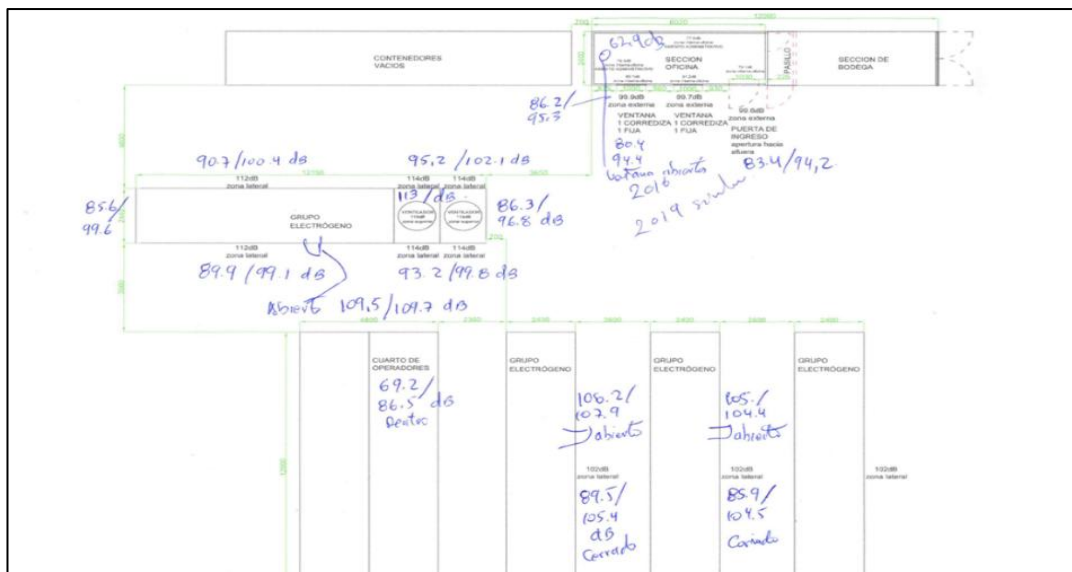
- Fan, Z., Yang, H., Li, F., Lei, X., Ren, Y., He, S., & Pei, D. S. (2025). High-performance sub-wavelength acoustic absorption via ZIF-8@PVDF-TrFE composite nanofiber for compact low-frequency noise control. *Chemical Engineering Journal Advances*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.100963>
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. M. del P. (2014). Metodología de la investigación. In *McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.* (Sexta Edic).
- Hongisto, V., Saarinen, P., Alakoivu, R., & Hakala, J. (2022). Acoustic properties of commercially available thermal insulators – An experimental study. *Journal of Building Engineering*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104588>
- ISO 11654. (1997). *Acoustics-Sound absorbers for use in buildings-Rating of sound absorption*.
- ISO 717-1. (2020). *Acoustics-Rating of sound insulation in buildings and of building elements-Part 1: Airborne sound insulation copyright protected document*. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d1c7e1ff-4ebc-4f02-a5a4->
- ISO 10140. (2021). *Acoustics-Laboratory measurement of sound insulation of building elements-Part 2: copyright protected document*. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75ffc25b-c841-4f95-a6b3->
- ISO 10534-2. (2023). *Acoustics-Determination of acoustic properties in impedance tubes-Part 2: Two-microphone technique for normal sound absorption coefficient and normal surface impedance Acoustique-Détermination des propriétés acoustiques aux tubes d'impédance-Partie 2: Méthode à deux microphones pour le coefficient d'absorption sonore normal et l'impédance de surface normale*.
- Juarez-Leon, F., Masoumi, M., Nahid-Mobarakeh, B., & Bilgin, B. (2025). Evaluation of the Acoustic Noise Performance of a Switched Reluctance Motor Under Different Current Control Techniques. *Acoustics*, 7(4). <https://doi.org/10.3390/acoustics7040077>
- Kohler SDMO. (2016). *Operating and Maintenance Manual*. www.sdmo.com

- Li, J., Xu, Z., Wang, S., Yu, S., & Liu, Z. (2025). Study on the Measurement Method of Indoor Elevator Noise Under the Condition of Common Wall of Elevator Shaft and Residence. *Advances in Civil Engineering*, 2025(1). <https://doi.org/10.1155/adce/3664990>
- Li, M., & Wu, J. (2025). Metasurface Lossless-Regulation Mechanism of Dynamic Acoustic Mass for Low-Frequency Aerodynamic Noise Control. *Materials*, 18(22). <https://doi.org/10.3390/ma18225095>
- Ministerio del ambiente. (2017). *Limites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles, y para vibraciones*.
- Ma, Y., Yi, H., Ma, L., Deng, Y., Wang, J., Wu, Y., & Peng, Y. (2025). Prediction of Vehicle Interior Wind Noise Based on Shape Features Using the WOA-Xception Model. *Machines*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/machines13060497>
- Mosa, A. I., Putra, A., & Mahmood, H. A. (2023). Evaluating the impact of structure parameters on the acoustic performance of an exhaust muffler with shells. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(10(126)), 43–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.289250>
- Naimušin, A., Kizinievič, O., Astrauskas, T., & Januševičius, T. (2025). Layered acoustic structures made of plastic microfibre pulp waste with metamaterial for low- and middle-frequency sound absorption applications. *Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control*, 44(4), 2242–2260. <https://doi.org/10.1177/14613484251328177>
- Page MJ, M. D. B. P. B. I. H. T. M. C. (2021a). *PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews*. <https://www.prisma-statement.org/>
- Page MJ, M. D. B. P. B. I. H. T. M. C. (2021b). *PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews*. <https://www.prisma-statement.org/>
- Ministerio del ambiente. (2017). *Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente*. www.lexis.com.ec

- Santamaria, J., Belliot, S., Sanjosé, M., Gojon, R., & Moreau, S. (2026). Serration manufacturing effects on propeller trailing edge noise mechanisms. *Journal of Sound and Vibration*, 626. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2026.119656>
- Saravanan, V., Babu, P., & Shanmugasundaram, P. (2026). Active impulsive noise control using α -score-matched robust filtered-x normalized adaptation. *Journal of Engineering and Applied Science*, 73(1). <https://doi.org/10.1186/s44147-026-00909-8>
- Simona Stanca. (2021). *Improving_Building_Acoustics (2) (1)*.
- Singh, S. , K. A. , & B. N. (2023). *Journal of Manufacturing Processes*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1526612523007375?via%3Dihub>
- SIST-EN-14509. (2006). *Self-supporting double skin metal faced insulating panels-Factory made products-Specifications Panneaux sandwichs autoportants, isolants, double peau a parements métalliques*. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fe3379de-c641-45c6-8ffb->
- Vér, I. L. ., & Beranek, L. L. . (2020). *Noise and vibration control engineering : principles and applications*. Wiley.
- Yang, W., Choy, Y., Wang, Z., & Li, Y. (2022). *Sound radiation and suppression of an unbaffled long enclosure using Helmholtz resonators. Mechanical Systems and Signal Processing*, 165. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2021.108408>
- Zaky, Z. A., El Malki, M., Antraoui, I., Khettabi, A., & Sallah, M. (2025). Performance analysis of Thue Morse acoustic resonators for noise reduction. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-00903-9>
- Zhang, H., An, J., Tian, M., Gu, S., Wang, T., & He, S. (2025). *Study on vibration and noise of magnetic saturated controllable reactor considering magnetostriction effect. Journal of Applied Physics*, 138(20). <https://doi.org/10.1063/5.0301613>

ANEXOS

Anexo 1. Medición de ruido en grupo electrógeno Nro. 5.



Nota. Representa las mediciones de ruido tomadas en diferentes puntos alrededor del grupo electrógeno Nro. 5 y la cabina del operador a una distancia de 1 metros, con el fin de evaluar el nivel de ruido medido en decibelios durante la operatividad del equipo. Tomado de Refinería La Libertad (2026).

Anexo 2. Tabla de niveles máximos permisible según uso del suelo.

Tipo de zona según uso de suelo	Nivel de presión sonora equivalente NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona hospitalaria y educativa.	45	35
Zona residencial.	50	40
Zona residencial mixta.	55	45
Zona comercial.	60	50
Zona comercial mixta.	65	55
Zona industrial.	70	65

Nota. Tomado de (LIBRO VI ANEXO 5, s/f.).

Anexo 3. Búsqueda de artículos en Scopus.

The screenshot shows the Scopus search interface. At the top, there are two search boxes: 'Search within' (Article title, Abstract, Keywords) and 'Search documents' (technical measures). Below these, there is another 'Search documents' box with 'noise level'. The search results show 810 documents found. The first result is 'Design and initial performance of the CEE ZDC readout electronics' by Li X.-Q., Yang H.-B., Wen L.-T., Yu Y.-H., and Sun Z.-Y. The source is 'Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment', volume 1092, pages 171823. The year is 2026 and there are 0 citations.

Nota. Los datos expuestos provienen de una búsqueda sistemática realizada en la base de datos Scopus. Se muestra la búsqueda de las variables de investigación y los parámetros definidos con un total de 810 artículos identificados.

Anexo 4. Búsqueda de artículos en Web of Science.

The screenshot shows the Web of Science search interface. At the top, there is a search bar with 'Búsqueda inteligente' and 'Búsqueda avanzada'. The search results show 816 resultados de la Colección Principal de Web of Science. The search criteria are 'mreit', 'conservación auditiva', 'barrera de ruido', 'ruido industrial', and 'contaminación'. The interface also shows a sidebar with 'Medidas técnicas' and 'INCLUIR Nivel de ruido'. The bottom section shows '816 Documentos' and '100 Investigadores'.

Nota. Los datos expuestos provienen de una búsqueda sistemática realizada en la base de datos Web of Science. Se muestra la búsqueda de las variables de investigación y los parámetros definidos con un total de 816 artículos identificados.

Anexo 5. Criterios de inclusión y exclusión en Scopus.

The screenshot shows the Scopus search interface. At the top, the search criteria are set to 'AND' with a search within 'Article title, Abstract, Keywords' and a search for 'noise level'. The results show 22 documents found. The left sidebar includes a 'Refine search' section with a 'Search within results' box and a 'Filters' section with a 'Year' filter set to 'Range' from 2021 to 2026. The main results table lists two documents:

Document title	Authors	Source	Year	Citations
1. Noise Dispersion Modelling in the Planned Logistics Warehouse and Residential Area	Juodkienė V., Rekus D.	Civil and Environmental Engineering, 22(2)	2026	1
2. Digital Twin-Based Improved YOLOv8 Algorithm for Micro-Defect Detection of Labyrinth Drip Emitters in High-Speed Agricultural Production Lines	Niu R., Wei Z., Jin P., Zhang Q., Li Z.	Sensors, 26(7), 2220	2026	0

Nota. Los resultados muestran los criterios de inclusión y exclusión, considerando publicaciones del periodo 2021-2026, artículos científicos en idioma inglés, acceso abierto y relacionados con el área de ingeniería, obteniendo un total de 22 artículos en la base de datos Scopus.

Anexo 6. Criterios de inclusión y exclusión en Web of Science.

The screenshot shows the Web of Science search interface. The search criteria are set to 'Medidas técnicas' and 'nivel de presión sonora'. The results show 49 documents found. The left sidebar includes a 'Refine results' section with a 'Search within results' box and a 'Filters' section with a 'Year' filter set to 'Range' from 2021 to 2026. The main results table lists two documents:

Document title	Authors	Source	Year	Citations
1. Noise Dispersion Modelling in the Planned Logistics Warehouse and Residential Area	Juodkienė V., Rekus D.	Civil and Environmental Engineering, 22(2)	2026	1
2. Digital Twin-Based Improved YOLOv8 Algorithm for Micro-Defect Detection of Labyrinth Drip Emitters in High-Speed Agricultural Production Lines	Niu R., Wei Z., Jin P., Zhang Q., Li Z.	Sensors, 26(7), 2220	2026	0

Nota. Los resultados muestran los criterios de inclusión y exclusión, considerando publicaciones del periodo 2021-2026, artículos científicos en idioma inglés, acceso abierto y relacionados con el área de ingeniería o acústica, obteniendo un total de 49 artículos en Web of Science siendo la base de datos con mayores resultados en comparación con Scopus.

Anexo 7. Lista de verificación PRISMA para resumen estructurado.

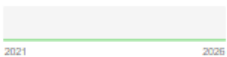
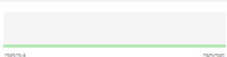
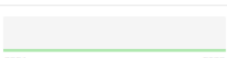
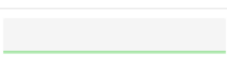
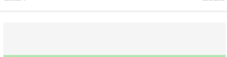
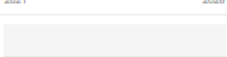
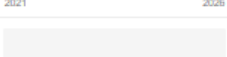
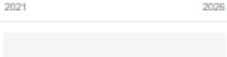
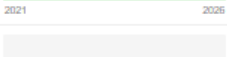
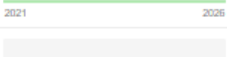
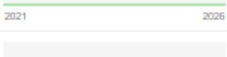
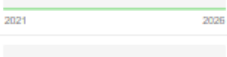
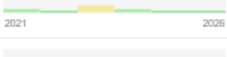
Lista de verificación PRISMA 2020 para resumen estructurado

Sección del tema	Ítem N°.	Ítem de la lista de verificación estructurada.
Título		
Título	1	Propuesta técnica para disminución de ruido en nuevo grupo electrógeno de generación eléctrica, Refinería La Libertad, Santa Elena, Ecuador.
Introducción		
Objetivo	2	Analizar artículos científicos disponibles sobre el tema a tratar.
Métodos		
Criterios de elegibilidad	3	Se incluirán los artículos que estén dentro de los años publicados desde 2021 hasta 2026, en idioma inglés, documentos del área de ingeniería.
Fuentes de información	4	Se contará con la base de Scopus y Web of Science.
Riesgo de sesgo de los estudios individuales	5	El riesgo de sesgo será evaluado conforme a el tipo de estudio a realizarse.
Síntesis de los resultados	6	Los datos fueron los resultados elegidos de manera cualitativa de la investigación.
Resultados		
Estudios incluidos	7	Los estudios en base a artículos científicos demostraran investigaciones científicas relacionadas con medidas técnicas y niveles de ruido en diferentes estudios.
Síntesis de los resultados	8	La literatura de los artículos científicos demostrase la implementación de mejora para el caso de los niveles de ruido en la industria.
Discusión		
Límites de la evidencia	9	La principal limitación es la evidencia porque no incluye la variabilidad de métodos de mejora para el tema a tratar.
Interpretación	10	El hallazgo nos confirma aplicar mejoras o soluciones técnicas para la mitigación de ruido.
Otros		
Financieros	11	La investigación es de no financiamiento externo porque es desarrollada con los recursos propios de autores.
Riesgo	12	No existen conflictos de intereses ni riesgo ético asociado a la investigación.

Nota. Adaptado de PRISMA 2020 (Page MJ, 2021b).

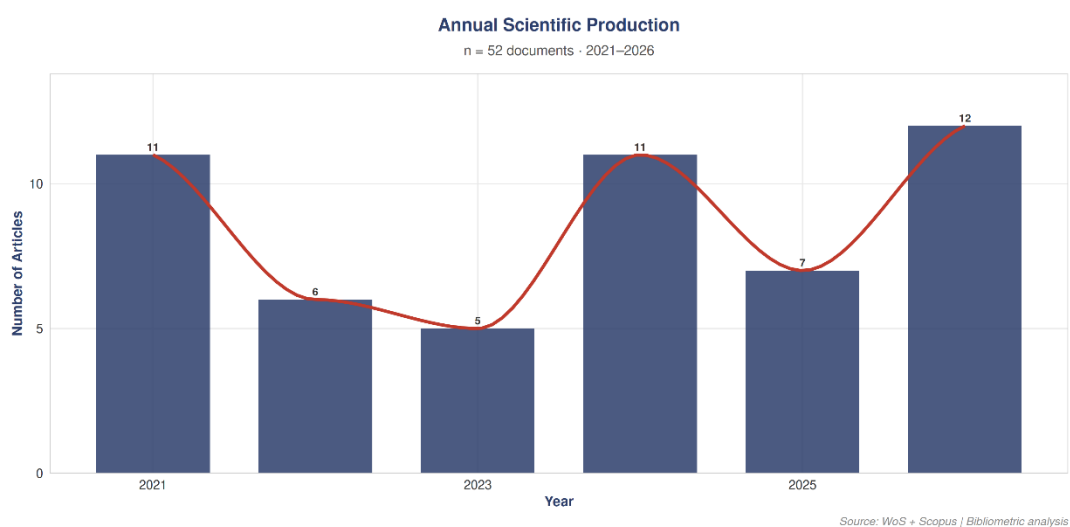
Anexo 8. *Artículos de Scopus validos por Bibliometrix.*

Completeness of metadata -- 52 docs from Isi

Metadata	Description	Missing Counts	Missing %	Trend	Status
AB	Abstract	0	0.00		Excellent
C1	Affiliation	0	0.00		Excellent
AU	Author	0	0.00		Excellent
CR	Cited References	0	0.00		Excellent
RP	Corresponding Author	0	0.00		Excellent
DI	DOI	0	0.00		Excellent
DT	Document Type	0	0.00		Excellent
SO	Journal	0	0.00		Excellent
DE	Keywords	0	0.00		Excellent
LA	Language	0	0.00		Excellent
PY	Publication Year	0	0.00		Excellent
TI	Title	0	0.00		Excellent
TC	Total Citation	0	0.00		Excellent
WC	Science Categories	3	5.77		Good
ID	Keywords Plus	17	32.69		Poor

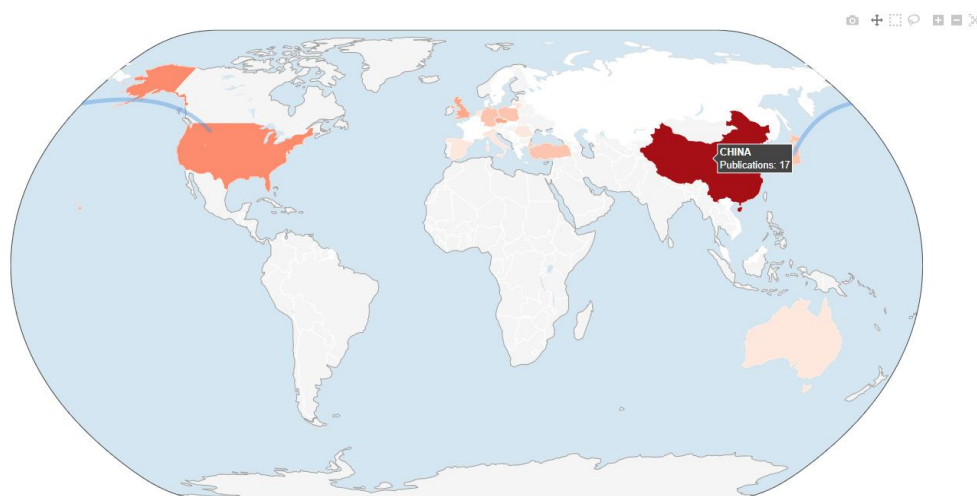
Nota. En el Anexo 8 se muestra una gráfica de metadatos de 52 artículos validados en la investigación bajo los parámetros establecidos, los cuales se muestran los campos completos e incompletos, ausentes con los criterios expuestos en los Anexos 5 y 6 (Scopus 2026).

Anexo 9. Producción científica anual.



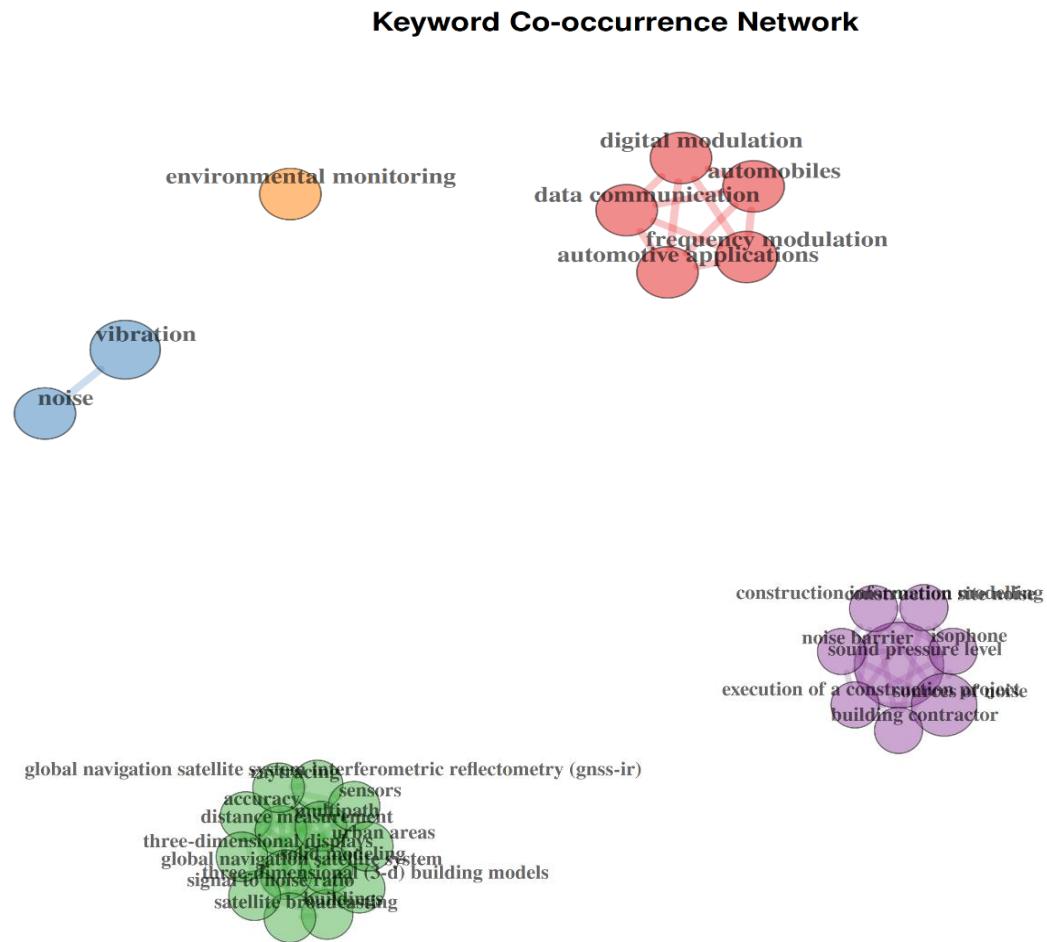
Nota. El Anexo 9 demuestra mediante un gráfico de líneas el crecimiento de los últimos años que ha tenido el tema de investigación a nivel de producción científica anual por su importancia en la industria.

Anexo 10. Mapa mundial de colaboración entre países.



Nota. Se demuestra en el Anexo 10 la distribución geográfica de la producción científica donde se evidencia las publicaciones y las colaboraciones científicas sobre el tema en diferentes países.

Anexo 11. Red de ocurrencia.



Nota. Se muestra en el Anexo 11 el nivel de red de ocurrencia donde se evidencia en interés del tema a evaluar se puede evidenciar que existe evidencia que avala esta investigación.

Anexo 12. Matriz referencial de artículos.

N°	Autor principal	Año	Título / Tema del artículo	Metodología utilizada	Base de datos
A1	Lei Y, Zhang F, Li W, Xu Y, Chen L, Liu S	2026	Un nuevo método de resolución de ambigüedades para señales de arreglo mediante modulación de frente de onda.	Coincidencia ortogonal.	Web of Science.
A2	Lasalvia M, Capozzi V, Perna G	2026	Espectroscopia Raman asistida por algoritmos de aprendizaje automático para la predicción de diferentes tipos de células de cáncer oral.	Microespectroscopia Raman.	Web of Science.
A3	Ma Y, Yi H, Ma L, Deng Y,	2025	Predicción del ruido eólico en el interior de vehículos basada en características de forma	Modelo Xception de optimización (Woa-Xception).	Scopus.

	Wang J, Wu Y, Peng Y		mediante el modelo Woa- Xception.		
A4	Juodkiene, V., & Rekus, D	2026	Modelado de la dispersión del ruido en un almacén logístico y zona residencial planificados.	Software Cadnaa (basado en la metodología ISO 9613-2)	Scopus.
A5	Ma C, Wang Y, Pan J, Yi Z, Jia H, S ;	2025	Predicción del ruido eólico en vehículos mediante compresión de nube de puntos basada en Autoencoder y Gwo-Resnet.	Modelo Gwo- Resnet.	Web of Science.
A6	Duong L, Nga P, Tai L	2026	Efecto de los parámetros técnicos en la contracción del ácido poliláctico durante la impresión 3D.	Método Taguchi.	Web of Science.
A7	Yang S, Chang K, Zhang Z, Li Y, Liu Y, Li Z, Wang H	2026	Investigación sobre la tecnología de medición de desacoplamiento para señales angulares de 2 grados de libertad basada en sensores capacitivos esféricos.	Modelo de desacoplamiento de la señal de ángulo de 2-DOF.	Scopus.
A8	Balcar P, Houška P, Svoboda M, Vetchý O, Chalupa M, Sapieta M, Horký R	2026	Medición de control de neumáticos de automóviles durante su transporte en cinta transportadora.	Sección óptica.	Web of Science.
A9	Barzegar M, Blanks S, Tadich P, Sainsbury B, Timms W,	2026	Vigilancia de aguas subterráneas: la historia de sensores diminutos y sus importantes desafíos.	Experimentos de laboratorio y de campo basados en MEMS.	Scopus.
A1 0	Wang Z, Hu X, Yan H, Guo B, Wu J, Lu Y	2026	Diseño y optimización de una plataforma de prueba dinámica para módulos IGBT de grado automotriz.	Simulación software y hardware.	Scopus.
A1 1	Mete, Özunal Z	2026	Evaluación del efecto de las vibraciones y las señales acústicas en una cabina de seguridad biológica de clase II sobre la cicatrización de heridas en queratinocitos.	Mediciones y monitoreo.	Scopus.
A1 2	Yuhang Mei	2026	Reconstrucción de datos dispersos para la percepción en red de IOT industrial mediante una red tensorial totalmente conectada y regularizada.	Mapeo y descomposición inicial de datos.	Scopus.

A1 3	Niu R, Wei Z, Jin P, Zhang Q, Li Z	2026	Algoritmo YOLOv8 mejorado basado en gemelos digitales para la detección de micro defectos en emisores de goteo laberínticos en líneas de producción agrícola de alta velocidad.	Tecnología de gemelo digital (Digital Twin - Dt).	Web of Science.
A1 4	Zhou C, Li J, Yang S, Hu C, Feng K, Bo Y	2026	Pruebas ultrasónicas de soldaduras láser en placas de aleación de titanio de espesor medio.	Estudio combinado de simulación y experimentación.	Scopus.
A1 5	Křen, P., Pálinkás, V., & Hald, J.	2024	Experimento con mediciones simultáneas en dos longitudes de onda ópticas en el gravímetro absoluto FG5X.	Mediciones y monitoreo.	Web of Science.
A1 6	Ye M, Zhang G	2025	Un radar pasivo para la detección ubicua urbana: medición de distancias en fachadas de edificios con gnss- ir.	Mediciones y monitoreo.	Scopus.
A1 7	Junning Li, Ziming Xu, Sheng Wang, Si Hong Yu	2025	Estudio sobre el método de medición del ruido en interiores de ascensores en condiciones de pared común entre el hueco del ascensor y la vivienda.	Mediciones y monitoreo.	Scopus.
A1 8	Robles- Palazón, F. J., Aparicio- Sarmiento, A., Martínez- Romero, M. T., De Ste Croix, M., & Ayala, F.	2025	Cinemática de salto y aterrizaje en jugadoras de fútbol españolas: comparación entre jugadoras de élite y amateur atletas no profesionales.	Prueba de salto con rodillas al pecho (Tja - <i>Tuck Jump Assessment</i>).	Scopus.
A1 9	Huang, Z., Broncearse, S., Wang, S., Zhang, G., Wang, C., & Gong, J	2025	Simulación y estudio experimental sobre la vibración y el ruido de la unidad principal de un compresor de gas de esquisto.	Modelado y simulación numérica.	Scopus.
A2 0	Özdemir, K.; Kömeç Mutlu, A.	2024	Sistemas de adquisición de datos rentables para el monitoreo avanzado de la salud estructural.	Simulación software y hardware.	Web of Science.
A2 1	Cao, Y.; Shi, C.; Li, X.; Li, M.; Bian, J.	2024	Reconocimiento de la posición desequilibrada de sistemas de rotores mediante redes neuronales de memoria a corto y largo plazo.	Plataforma experimental y adquisición de datos.	Web of Science.
A2 2	Ali Shah, Sm; Casadomansill	2024	Sistema de sensores basado en imágenes para la detección de	Sensores caseros (DIY).	Web of Science.

	a, D.; López De Ipiña, D.		partículas en suspensión de bajo costo en el monitoreo de la calidad del aire mediante ciencia ciudadana.		
A2 3	Bai W, Chen M, Bai F, Huang J	2024	Evaluación de intervenciones prioritarias para la regeneración comunitaria en megaciudades basada en el modelo de distrito de mejora empresarial (BID): estudio de caso de Tianjin, China.	Modelo BID.	Web of Science.
A2 4	Özsayan S, Aydın Ç, Köksal Ç, Ünal U, Korkut E	2024	Evaluación del sistema de timón de compuerta en relación con la cavitación y las características del ruido radiado subacuático de un buque portacontenedores.	Las pruebas de observación de cavitación, medición de estela nominal.	Web of Science.
A2 5	Qu Y, Yu S, Yang J	2024	Lgm-net: red de detección de plagas y enfermedades del trigo basada en la interacción local global de información y la fusión de características multinivel.	Red interactiva de características ligera (Lfi-Net).	Web of Science.
A2 6	Li X, Shi Y, Zhao C, Sun G, Shen Z, Zhou Z	2024	Estimación y características del ruido ambiental marino de baja frecuencia producido por buques lejanos.	Optimización computacional.	Scopus.
A2 7	Antoniadou M, Tziovara P, Konstantopoulou S	2023	Evaluación de los niveles de ruido en una clínica dental universitaria.	Estudio observacional y descriptivo.	Scopus.
A2 8	Marshall Nw, Vandenbroucke D, Cockmartin L, Wanninger F, Smet M, Feng Y, Ni Y, Bosmans H.	2023	Siete detectores de rayos x de radiografía general con tamaños de píxel de 175 a 76 µm: evaluación técnica con enfoque en imagenología ortopédica.	Unión de transferencia de modulación (MTF) y la eficiencia cuántica de detección (DQE).	Web of Science.
A2 9	Gonzalez M, Su H, Fu Q.	2022	Capacidad de control mioeléctrico de las extremidades superiores dependiente de la edad en niños con desarrollo típico.	Evaluación de patrones de contracción (clasificación)/control proporcional y seguimiento (tarea virtual).	Web of Science.
A3 0	Hasebe T, Imamura R, Tsujimoto M, Awaki H,	2023	Resultados de pruebas en tierra de la interferencia de microvibración para la misión de imagenología y espectroscopia de rayos x a	Prueba a nivel de instrumento (<i>Instrument-Level Test</i>).	Scopus.

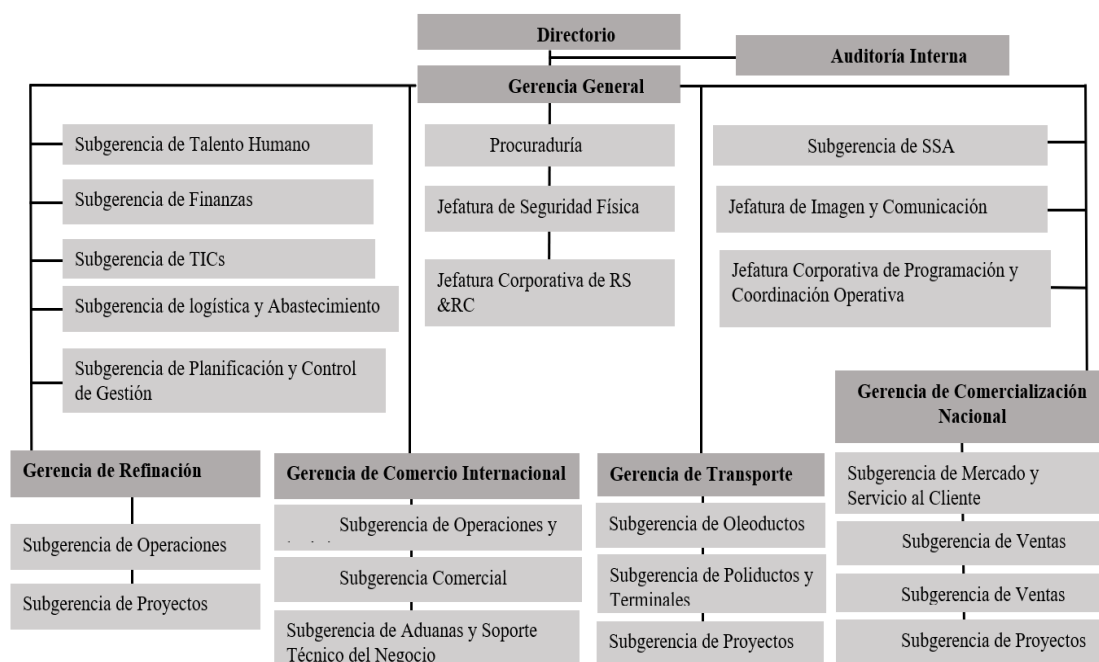
	Chiao M, Fujimoto R, Hartz L, Kilbourne C, Sneiderman G, Takei Y, Yasuda S.		bordo con microcalorímetro de rayos X.		
A3 1	Haxel J, Zang X, Martinez J, Polagye B, Staines G, Deng Z, Wosnik M, O'byrne P,	2022	Mediciones de ruido subacuático alrededor de una turbina mareomotriz un entorno portuario concurrido.	Mediciones.	Scopus.
A3 2	<u>Taro</u> <u>Matsuo</u> , <u>Satos</u> <u>hi</u> <u>Ikari</u> , <u>Hirota</u> <u>ka Kondo</u>	2022	Método de imagen espectral de alta resolución espacial para interferómetros espaciales y su aplicación a satélites pequeños en vuelo en formación.	Medición directa de fase/extracción de la amplitud.	Scopus.
A3 3	Butkuvienė M, Petrenas A, Solosenko A, Martin-Yebra A, Marozas V, Sornmo L.	2021	Consideraciones sobre la evaluación del rendimiento de detectores de fibrilación auricular.	Detectores de fibrilación auricular (FA).	Web of Science.
A3 4	Kneer C, Burkart A, Bongartz J, Siegmann B, Bendig J, Jenal A, Rascher U	2023	Sistema de imagen instantánea para la medición de la fluorescencia de la clorofila inducida por el sol: abordando los desafíos de la imagen espectral de alto rendimiento.	Mediciones.	Scopus.
A3 5	Rust, M., & Koch, C.	2024	Comparación del rendimiento de micrófonos de medición y microbarómetros para mediciones de presión sonora cerca de parques eólicos.	Mediciones y monitoreo.	Scopus.
A3 6	Weilenmann, M., Doll, U., Bombach, R., Blondé, A., Ebi, D., Xiong, Y., & Noiray, N	2021	Respuesta lineal y no lineal de la onda de entropía de una matriz de llamas de chorro premezcladas técnicamente y una llama en espiral a la excitación acústica.	Mediciones y monitoreo.	Scopus.
A3 7	Kubiak, I.; Przybysz, A.	2022	Transformadas de Fourier y Chirp-z en el proceso de estimación de valores de frecuencias de sincronización horizontal y vertical de pantallas gráficas.	Registro de señales de emisión/aplicación de métodos de análisis espectral.	Web of Science.
A3 8	Lee, H.-J.; Park, D.-J.	2022	Análisis de las características térmicas de sensores MEMS para la medición del período de	Seis ejes (<i>Six-Axis Mems Sensor</i>).	Web of Science.

			balanceo de buques de superficie autónomos.		
A3 9	Kantová, R.	2021	Evaluación del ruido en obras de construcción para optimizar los procesos de construcción y la selección de maquinaria.	Simulación software y hardware.	Scopus.
A4 0	Azman Ma , Abdul-Samad Z , Lee Bl , Skitmore M , Rajendra D , Chuweni Nn	2024	Cómo el desempeño tecnológico, ambiental y gerencial contribuye al cambio de productividad de las empresas constructoras malasias.	Índice (GYI), (IPTF). / Análisis de frontera estocástica (SFA).	Scopus.
A4 1	Liang H, Yu S, Zhang B, Bai X, Wang R, Jirigalantu, Yao X, Liu K, Yu H, Li W	2026	Sistema de alineación predictiva que integra redes neuronales de propagación directa con ajuste de Riemann para la mejora de la eficiencia de difracción en rejillas de difracción convexas.	Método de algoritmos.	Web of Science.
A4 2	Arjunan A, Baroutaji A	2021	Nivel de presión sonora de un coche de fórmula 3 y la influencia de la punta de escape desmontable.	Experimental.	Web of Science.
A4 3	Curreli N, Lodi M, Melis A, Puddu C, Casu S, Fanti A, Djuric N, Retico A, Mazzarella G	2022	Análisis de un sistema de bobina octogonal flexible de doble canal para resonancia magnética UHF.	Diseño y optimización teórica/numérica.	Web of Science.
A4 4	Bozomitu, R. G., Hutu, F. D., & Ferreira, N. D. P.	2020	Aplicación de advertencia para conductores mediante notificaciones de imagen en la infraestructura de radiodifusión FM.	Arquitectura general del sistema/escenarios de transmisión evaluados.	Web of Science.
A4 5	Zhongjie, G., Ningmei, Y. Y Longsheng, W.	2021	Investigación sobre la calibración de FPN de columna y nivel de negro en sensores de imagen CMOS de gran tamaño.	Simulación software y hardware.	Web of Science
A4 6	Strambersky, R., Pavelka, V., Pawlenka, T., Suranek, P., & Morzynski, L.	2021	Reducción del ruido de la unidad de cogeneración mediante su carcasa.	Método de algoritmos.	Web of Science.
A4 7	Stanca, S.	2021	Mejora de la acústica de edificios.	Evaluación del campo acústico interno.	Web of Science.

A4 8	Kikuchi, T.; Sato, R.; Kurita, I.; Takada, K.	2021	Investigación teórica y experimental del efecto de las fluctuaciones de frecuencia del láser de bombeo en la relación señal/ruido de la medición de rejilla dinámica de Brillouin con reflectometría FMCW coherente.	Análisis teórico y formulación matemática.	Web of Science.
A4 9	Szwarc, M., Snakowska, A., & Kamisiński, T.	2021	Evaluación integral del impacto del ruido aéreo y el polvo en la fundición operadores.	Mediciones y monitoreo.	Web of Science.
A5 0	Darayev, A., Khizirova, M., Samsonenko, A., Ibekeyev, S., & Ilyas, D.	2024	Desarrollo de un modelo de Hexápter para el transporte de medicamentos con reducción de ruido.	Diseño y construcción del prototipo.	Web of Science.
A5 1	Jackson, D.C.; Rindfleisch, T.C.; Alonso, J.J.	2021	Sistema para la medición y el análisis del impacto del ruido de las aeronaves.	Metroplex Overflight Noise Analysis.	Web of Science.
A5 2	Hotra, O.; Kovtun, S.; Dekusha, O.; Grędz, Z.; Babak, V.; Styczeń, N, J	2023	Análisis de datos de flujo de calor de baja densidad mediante el método de ondículas.	Mediciones y monitoreo.	Web of Science.

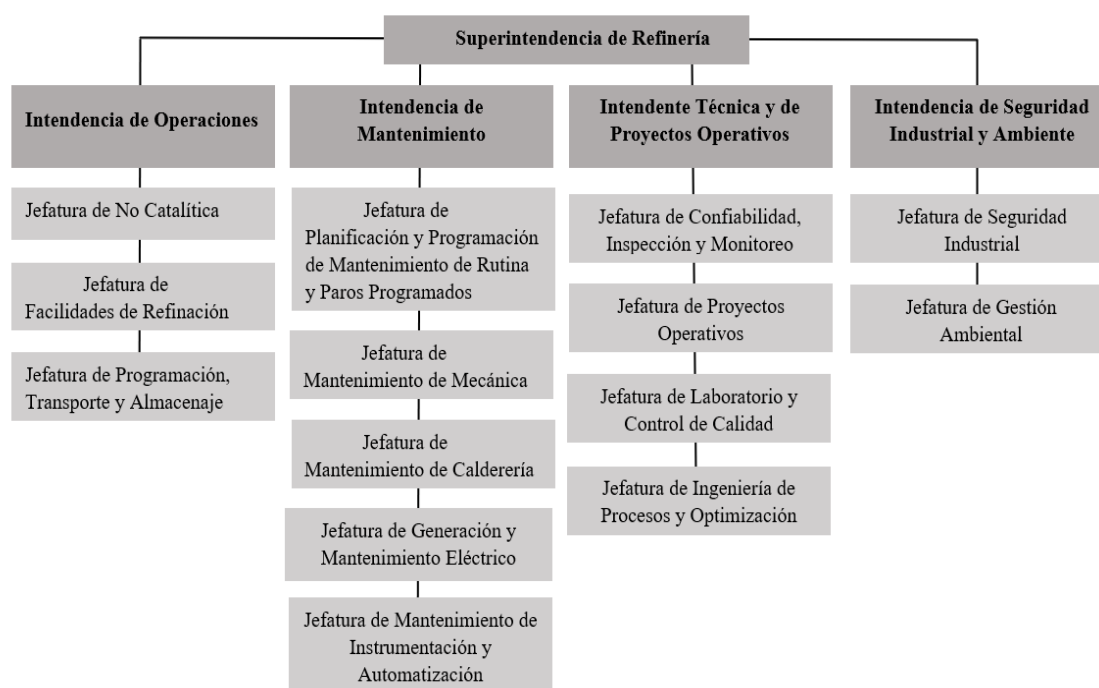
Nota. Se muestra en el Anexo 12 la matriz referencial de artículos detallando y organizados por secciones, con artículos relacionados directamente con el tema de investigación. Datos tomados de Scopus.

Anexo 13. Organigrama estructural de EP Petroecuador.



Nota. Adaptado de Ep Petroecuador.

Anexo 14. Organigrama estructural de Refinería La Libertad.



Nota. Adaptado de EP Petroecuador, Refinería La Libertad.

Anexo 15. Cuestionario para encuesta a operadores.



El presente cuestionario forma parte de la investigación titulada “Propuesta técnica para disminución de ruido en el grupo electrógeno de generación eléctrica, Refinería La Libertad, Santa Elena, Ecuador”. Su propósito es conocer la percepción de los trabajadores sobre el ruido generado en el área de generación eléctrica y cómo este influye en las condiciones de trabajo, el bienestar y la salud ocupacional. La información recopilada será utilizada únicamente con fines académicos y de investigación. Se solicita responder con sinceridad, marcando con una “X” la alternativa que mejor represente su experiencia durante la jornada laboral.

PREGUNTAS

1. ¿El grupo electrógeno N.º 5 requiere medidas técnicas para disminuir el ruido que genera durante su funcionamiento?

Muy de acuerdo
Necesario
Innecesario
Poco necesario
No necesario

2. ¿La implementación de aislamiento acústico ayuda a reducir la propagación del ruido generado por el grupo electrógeno?

Reduce más del 75% del ruido
Reduce entre 50% y 75% del ruido
Reduce menos del 50% del ruido
No reduce el ruido
Reduce de manera leve el ruido

3. ¿El uso de materiales absorbentes de sonido contribuye a mejorar las condiciones acústicas en el área de trabajo?

Mejora significativamente
Mejora considerablemente
Mejora moderadamente
Mejora ligeramente
No genera mejora

4. ¿Considera necesario incorporar soluciones técnicas de control acústico en el grupo electrógeno N.º 5?

Muy necesario
Necesario
Moderadamente necesario
Poco necesaria
No necesaria

5. ¿Las medidas actuales de control de ruido aplicadas en el área son suficientes para disminuir la exposición sonora de los trabajadores?

Totalmente suficientes
Suficientes
Moderadamente suficientes
Poco suficiente
Insuficiente

6. ¿Los protectores auditivos utilizados por el personal proporcionan una protección adecuada frente al ruido generado por el grupo electrógeno?

Protección alta
Protección media
Protección aceptable
Protección baja
Sin protección adecuada

7. ¿El uso prolongado de protectores auditivos genera incomodidad en los trabajadores durante la jornada laboral?

Muy incómodo
Moderadamente incómodo
Ligeramente incómodo
Tolerable
Nada incómodo

8. ¿Considera que el ruido que genera grupo electrógeno causa mayor esfuerzo auditivo durante la jornada laboral?

Alto esfuerzo	☐
Esfuerzo moderado	☐
Esfuerzo regular	☐
Bajo esfuerzo	☐
Ningún esfuerzo	☐

9. ¿La aplicación de medidas de mitigación acústica contribuye a mejorar el ambiente laboral en el área de generación eléctrica?

Mejora significativamente	☐
Mejora moderadamente	☐
Mejora ligeramente	☐
Mejora mínimamente	☐
No mejora	☐

10. ¿Considera que una propuesta técnica de control de ruido ayuda a reducir los riesgos asociados a la exposición sonora en los trabajadores?

Reduce significativamente los riesgos	☐
Reduce moderadamente los riesgos	☐
Reduce ligeramente los riesgos	☐
Reduce mínimamente los riesgos	☐
No reduce los riesgos	☐

11. ¿El ruido generado por el grupo electrógeno N.º 5 es elevado durante la jornada laboral?

Mayor a 100 dB(A)	☐
Entre 86 y 100 dB(A)	☐
Entre 71 y 85 dB(A)	☐
Entre 55 y 70 dB(A)	☐
Menor a 55 dB(A)	☐

12. ¿Considera que el nivel de ruido en el área de generación eléctrica resulta molesto durante las actividades operativas?

Muy molesto	☐
Molesto	☐
Moderadamente molesto	☐
Poco molesto	☐
Nada molesto	☐

13. ¿El ruido del grupo electrógeno dificulta la comunicación entre los trabajadores en el área?

Totalmente de acuerdo	☐
De acuerdo	☐
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	☐
En desacuerdo	☐
Totalmente en desacuerdo	☐

14. ¿La exposición continua al ruido afecta la concentración durante el trabajo?

Afecta constantemente
Afecta frecuentemente
Afecta ocasionalmente
Afecta rara vez
No afecta en absoluto

15. ¿Considera que el tiempo de exposición al ruido del grupo electrógeno es excesivo?

Totalmente de acuerdo
De acuerdo
Ni de acuerdo ni en desacuerdo
En desacuerdo
Totalmente en desacuerdo

16. ¿El ruido generado por el equipo produce incomodidad durante el cumplimiento de las actividades laborales?

Incomodidad severa
Mucha incomodidad
Incomodidad moderada
Poca incomodidad
Ninguna incomodidad

17. ¿Percibe fatiga o cansancio debido al ruido existente en el área de trabajo?

Siempre
Frecuentemente
Ocasionalmente
Rara vez
Nunca

18. ¿Considera que el nivel de ruido del grupo electrógeno puede afectar la salud auditiva de los trabajadores?

Riesgo muy alto
Riesgo alto
Riesgo moderado
Riesgo bajo
Ningún riesgo

19. ¿Considera que los niveles de presión sonora actuales superan los límites adecuados para un ambiente laboral seguro?

Superan ampliamente el límite permitido
Superan moderadamente el límite permitido
Superan mínimamente el límite permitido
Se aproximan al límite sin superarlo
Están muy por debajo del límite permitido

20. ¿La disminución del ruido mejora el desempeño y bienestar de los trabajadores en el área de generación eléctrica?

Mejora significativamente
Mejora moderadamente
Mejora levemente
No genera mejora
Afecta negativamente el desempeño

Anexo 16. Validación de encuesta por expertos.

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL						
ASUNTO: VALIDACIÓN DE ENCUESTA POR EXPERTOS Opinión: Yo <u>Franklin Rayer Soriano</u> , con CI: <u>0908355813</u> , requerido por el estudiante de Ingeniería Industrial, DE LA A PLUA JENNY YADIRA con CI: 2450598830 , RODRIGUEZ BALÓN YORLENI STEFANIA con CI: 2450594896 para evaluar mediante el método Delphi la pertinencia de las preguntas contenidas en un cuestionario dirigido a los trabajadores de la Refinería La Libertad, señalo lo siguiente:							
 FIRMA							
TEMA: Propuesta técnica para disminución de ruido en el grupo electrógeno de generación eléctrica, Refinería La Libertad, Santa Elena, Ecuador.							
No.	PREGUNTAS	RESPUESTA DECLARADA POR ESCALA DE LIKERT					
1	El grupo electrógeno N.º 5 requiere medidas técnicas para disminuir el ruido que genera durante su funcionamiento.	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5			
2	La implementación de aislamiento acústico ayuda a reducir la propagación del ruido generado por el grupo electrógeno.	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5			
3	El uso de materiales absorbentes de sonido contribuye a mejorar las condiciones acústicas en el área de trabajo.	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5			
4	Se considera necesario incorporar soluciones técnicas de control acústico en el grupo electrógeno N.º 5.	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5			
5	Las medidas actuales de control de ruido aplicadas en el área son suficientes para disminuir la exposición sonora de los trabajadores.	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5			
6	Los protectores auditivos utilizados por el personal proporcionan una protección adecuada frente al ruido generado por el grupo electrógeno.	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5			
7*	El uso prolongado de protectores auditivos genera incomodidad en los trabajadores durante la jornada laboral.	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5			
8	Se considera que el ruido que genera grupo electrógeno causa mayor esfuerzo auditivo durante la jornada laboral.	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5			
9	La aplicación de medidas de mitigación acústica contribuye a mejorar el ambiente laboral en el área de generación eléctrica.	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5			
10	Se considera que una propuesta técnica de control de ruido ayuda a reducir los riesgos asociados a la exposición sonora en los trabajadores.	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5			
11	El ruido generado por el grupo electrógeno N.º 5 es elevado durante la jornada laboral.	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5			
12	Se considera que el nivel de ruido en el área de generación eléctrica resulta molesto durante las actividades operativas.	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5			

13	El ruido del grupo electrógeno dificulta la comunicación entre los trabajadores en el área.	1	2	3	4	5
14	La exposición continua al ruido afecta la concentración durante el trabajo.	1	2	3	4	5
15	Se considera que el tiempo de exposición al ruido del grupo electrógeno es excesivo.	1	2	3	4	5
16	El ruido generado por el equipo produce incomodidad durante el cumplimiento de las actividades laborales.	1	2	3	4	5
17	Se percibe fatiga o cansancio debido al ruido existente en el área de trabajo.	1	2	3	4	5
18	Se considera que el nivel de ruido del grupo electrógeno puede afectar la salud auditiva de los trabajadores.	1	2	3	4	5
19	Se considera que los niveles de presión sonora actuales superan los límites adecuados para un ambiente laboral seguro.	1	2	3	4	5
20	La disminución del ruido mejora el desempeño y bienestar de los trabajadores en el área de generación eléctrica.	1	2	3	4	5

Escala de Likert	
5	Muy de acuerdo
4	De acuerdo
3	Indiferente
2	En desacuerdo
1	Muy en desacuerdo

Baremo de interpretación	
Rango de puntaje	Nivel de percepción
81 - 100	Muy alto
61 - 80	Alto
41 - 60	Moderado
21 - 40	Bajo
20 o menos	Muy bajo

DATOS DEL EXPERTO:	
NOMBRES Y APELLIDOS:	Franklin Reyes S.
PROFESIÓN:	INGENIERO EN AMBIENTE
AÑOS DE EXPERIENCIA:	20 años.
TELÉFONO:	0969 7896 23
CORREO:	Petres @UPSE.edu.ec
FECHA DE VALIDACIÓN:	26 Mayo 2026

* Observación sobre la validación:

Valoración:

BUENO	REGULAR	MALO
X		


 Ing. Franklin Reyes Soriano M.Sc.
 C.I: 0908 335 813



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD CIENCIAS DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



ASUNTO: VALIDACIÓN DE ENCUESTA POR EXPERTOS

Opinión: Yo GERARDO FREERA B., con CI: 0909254260, requerido por el estudiante de Ingeniería Industrial, **DE LA A PLUA JENNY YADIRA** con CI:2450598830, **RODRIGUEZ BALÓN YORLENI STEFANIA** con CI:2450594896 para evaluar mediante el método Delphi la pertinencia de las preguntas contenidas en un cuestionario dirigido a los trabajadores de la Refinería La Libertad, señalo lo siguiente:

FIRMA

TEMA: Propuesta técnica para disminución de ruido en el grupo electrógeno de generación eléctrica, Refinería La Libertad, Santa Elena, Ecuador.

No.	PREGUNTAS	RESPUESTA DECLARADA POR ESCALA DE LIKERT				
1	El grupo electrógeno N.º 5 requiere medidas técnicas para disminuir el ruido que genera durante su funcionamiento.	1	2	3	4	5
2	La implementación de aislamiento acústico ayuda a reducir la propagación del ruido generado por el grupo electrógeno.	1	2	3	4	5
3	El uso de materiales absorbentes de sonido contribuye a mejorar las condiciones acústicas en el área de trabajo.	1	2	3	4	5
4	Se considera necesario incorporar soluciones técnicas de control acústico en el grupo electrógeno N.º 5.	1	2	3	4	5
5	Las medidas actuales de control de ruido aplicadas en el área son suficientes para disminuir la exposición sonora de los trabajadores.	1	2	3	4	5
6	Los protectores auditivos utilizados por el personal proporcionan una protección adecuada frente al ruido generado por el grupo electrógeno.	1	2	3	4	5
7	El uso prolongado de protectores auditivos genera incomodidad en los trabajadores durante la jornada laboral.	1	2	3	4	5
8	Se considera que el ruido que genera grupo electrógeno causa mayor esfuerzo auditivo durante la jornada laboral.	1	2	3	4	5
9	La aplicación de medidas de mitigación acústica contribuye a mejorar el ambiente laboral en el área de generación eléctrica.	1	2	3	4	5
10	Se considera que una propuesta técnica de control de ruido ayuda a reducir los riesgos asociados a la exposición sonora en los trabajadores.	1	2	3	4	5
11	El ruido generado por el grupo electrógeno N.º 5 es elevado durante la jornada laboral.	1	2	3	4	5
12	Se considera que el nivel de ruido en el área de generación eléctrica resulta molesto durante las actividades operativas.	1	2	3	4	5

13	El ruido del grupo electrógeno dificulta la comunicación entre los trabajadores en el área.	1	2	3	4	5
14	La exposición continua al ruido afecta la concentración durante el trabajo.	1	2	3	4	5
15	Se considera que el tiempo de exposición al ruido del grupo electrógeno es excesivo.	1	2	3	4	5
16	El ruido generado por el equipo produce incomodidad durante el cumplimiento de las actividades laborales.	1	2	3	4	5
17	Se percibe fatiga o cansancio debido al ruido existente en el área de trabajo.	1	2	3	4	5
18	Se considera que el nivel de ruido del grupo electrógeno puede afectar la salud auditiva de los trabajadores.	1	2	3	4	5
19	Se considera que los niveles de presión sonora actuales superan los límites adecuados para un ambiente laboral seguro.	1	2	3	4	5
20	La disminución del ruido mejora el desempeño y bienestar de los trabajadores en el área de generación eléctrica.	1	2	3	4	5

Escala de Likert	
5	Muy de acuerdo
4	De acuerdo
3	Indiferente
2	En desacuerdo
1	Muy en desacuerdo

Baremo de interpretación	
Rango de puntaje	Nivel de percepción
81 - 100	Muy alto
61 - 80	Alto
41 - 60	Moderado
21 - 40	Bajo
20 o menos	Muy bajo

DATOS DEL EXPERTO:	
NOMBRES Y APELLIDOS:	GERARDO HERRERA B.
PROFESIÓN:	ING. INDUSTRIAL DOCTOR. CANDIDATO
AÑOS DE EXPERIENCIA:	36 AÑOS DE EXPERIENCIA
TELÉFONO:	0983178375
CORREO:	gherreira@upre.edu.ec
FECHA DE VALIDACIÓN:	26 Mayo 2026

*Observación sobre la validación:

Valoración:

BUENO	REGULAR	MALO
X		

Ing.  GERARDO HERRERA BRUNETTI Ph.D
C. I: 0909254260.



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD CIENCIAS DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



ASUNTO: VALIDACIÓN DE ENCUESTA POR EXPERTOS

Opinión: Yo Richard Muñoz Bravo, con CI: 092258434, requerido por el estudiante de Ingeniería Industrial, **DE LA A PLUA JENNY YADIRA** con CI: **2450598830**, **RODRIGUEZ BALÓN YORLENI STEFANIA** con CI: **2450594896** para evaluar mediante el método Delphi la pertinencia de las preguntas contenidas en un cuestionario dirigido a los trabajadores de la Refinería La Libertad, señalo lo siguiente:


FIRMA

TEMA: Propuesta técnica para disminución de ruido en el grupo electrógeno de generación eléctrica, Refinería La Libertad, Santa Elena, Ecuador.

No.	PREGUNTAS	RESPUESTA DECLARADA POR ESCALA DE LIKERT				
1	El grupo electrógeno N.º 5 requiere medidas técnicas para disminuir el ruido que genera durante su funcionamiento.	1	2	3	4	5
2	La implementación de aislamiento acústico ayuda a reducir la propagación del ruido generado por el grupo electrógeno.	1	2	3	4	5
3	El uso de materiales absorbentes de sonido contribuye a mejorar las condiciones acústicas en el área de trabajo.	1	2	3	4	5
4	Se considera necesario incorporar soluciones técnicas de control acústico en el grupo electrógeno N.º 5.	1	2	3	4	5
5	Las medidas actuales de control de ruido aplicadas en el área son suficientes para disminuir la exposición sonora de los trabajadores.	1	2	3	4	5
6	Los protectores auditivos utilizados por el personal proporcionan una protección adecuada frente al ruido generado por el grupo electrógeno.	1	2	3	4	5
7*	El uso prolongado de protectores auditivos genera incomodidad en los trabajadores durante la jornada laboral.	1	2	3	4	5
8	Se considera que el ruido que genera grupo electrógeno causa mayor esfuerzo auditivo durante la jornada laboral.	1	2	3	4	5
9	La aplicación de medidas de mitigación acústica contribuye a mejorar el ambiente laboral en el área de generación eléctrica.	1	2	3	4	5
10	Se considera que una propuesta técnica de control de ruido ayuda a reducir los riesgos asociados a la exposición sonora en los trabajadores.	1	2	3	4	5
11	El ruido generado por el grupo electrógeno N.º 5 es elevado durante la jornada laboral.	1	2	3	4	5
12	Se considera que el nivel de ruido en el área de generación eléctrica resulta molesto durante las actividades operativas.	1	2	3	4	5

13	El ruido del grupo electrógeno dificulta la comunicación entre los trabajadores en el área.	1	2	3	4	5
14	La exposición continua al ruido afecta la concentración durante el trabajo.	1	2	3	4	5
15	Se considera que el tiempo de exposición al ruido del grupo electrógeno es excesivo.	1	2	3	4	5
16	El ruido generado por el equipo produce incomodidad durante el cumplimiento de las actividades laborales.	1	2	3	4	5
17	Se percibe fatiga o cansancio debido al ruido existente en el área de trabajo.	1	2	3	4	5
18	Se considera que el nivel de ruido del grupo electrógeno puede afectar la salud auditiva de los trabajadores.	1	2	3	4	5
19	Se considera que los niveles de presión sonora actuales superan los límites adecuados para un ambiente laboral seguro.	1	2	3	4	5
20	La disminución del ruido mejora el desempeño y bienestar de los trabajadores en el área de generación eléctrica.	1	2	3	4	5

Escala de Likert	
5	Muy de acuerdo
4	De acuerdo
3	Indiferente
2	En desacuerdo
1	Muy en desacuerdo

Baremo de interpretación	
Rango de puntaje	Nivel de percepción
81 - 100	Muy alto
61 - 80	Alto
41 - 60	Moderado
21 - 40	Bajo
20 o menos	Muy bajo

DATOS DEL EXPERTO:	
NOMBRES Y APELLIDOS:	Richard Muñoz B.
PROFESIÓN:	Ingeniero Industrial
AÑOS DE EXPERIENCIA:	15 años
TELÉFONO:	0997459379
CORREO:	rmunozb@pse.edu.ec
FECHA DE VALIDACIÓN:	22/05/2026

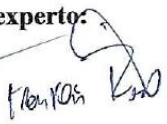
*Observación sobre la validación:

Valoración:

BUENO	REGULAR	MALO
X		

Ing. 
C. I: 0922584324

	FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS DEL CUESTIONARIO	
Título	Propuesta técnica para disminución de ruido en el grupo electrógeno de generación eléctrica, Refinería La Libertad, Santa Elena, Ecuador.	

Datos del experto	Experto: Franklin Enrique Reyes Soriano	C.I: 0908325813	Firma del experto: 
	Grado académico: Ing Industrial Cuarto Nivel - Maestría	Celular: 0969789623	
	Años de experiencia: 20 años	Correo: freyes@upse.edu.ec	
	Fecha de validación: 26/05/2026		

Datos del experto	Experto: GERARDO HERRERA B.	C.I: 0909254260	Firma del experto: 
	Grado académico: ING. INDUSTRIAL Cuarto Nivel - Ph.D.	Celular: 0983178375	
	Años de experiencia: 36 años	Correo: gherrera@upse.edu.ec	
	Fecha de validación: 26/05/2026		

Datos del experto	Experto: Rechor Muñoz Bravo	C.I: 0922584321	Firma del experto: 
	Grado académico: ING INDUSTRIAL Cuarto Nivel - Maestría	Celular: 0997459379	
	Años de experiencia: 15 años	Correo: rmuñob@upse.edu.ec	
	Fecha de validación: 22/05/2026		

Anexo 17. Resultados de encuesta tabulados.

IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Visible: 20 de 20 variables

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_10	P_11	P_12	P_13	P_14	P_15	P_16	P_17
1	5.00	4.00	3.00	4.00	4.00	2.00	4.00	2.00	5.00	4.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00	2.00
2	4.00	4.00	4.00	4.00	3.00	3.00	3.00	3.00	5.00	4.00	2.00	2.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00
3	4.00	4.00	5.00	4.00	4.00	4.00	3.00	3.00	5.00	4.00	2.00	2.00	3.00	2.00	4.00	2.00	3.00
4	5.00	5.00	4.00	4.00	4.00	2.00	4.00	2.00	4.00	4.00	1.00	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00
5	4.00	4.00	4.00	5.00	5.00	3.00	4.00	3.00	5.00	5.00	1.00	1.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00
6	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	2.00	4.00	4.00	4.00	4.00	2.00	1.00	3.00	2.00	3.00	3.00	2.00
7	4.00	4.00	4.00	4.00	5.00	3.00	3.00	4.00	5.00	4.00	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00
8	4.00	4.00	5.00	3.00	4.00	3.00	2.00	3.00	4.00	5.00	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
9	4.00	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	2.00	3.00	5.00	3.00	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00
10	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00	2.00	3.00	2.00	4.00	4.00	2.00	1.00	4.00	3.00	3.00	2.00	4.00
11	3.00	5.00	3.00	5.00	5.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	1.00	2.00	4.00	3.00	3.00	3.00	4.00
12	3.00	4.00	4.00	5.00	4.00	2.00	2.00	3.00	3.00	4.00	1.00	2.00	3.00	2.00	2.00	4.00	2.00
13	5.00	5.00	5.00	4.00	5.00	4.00	3.00	4.00	4.00	5.00	1.00	3.00	4.00	3.00	4.00	3.00	4.00
14	3.00	4.00	4.00	5.00	4.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	2.00	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
15	5.00	4.00	5.00	5.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	1.00	2.00	4.00	2.00	2.00	3.00	3.00
16	4.00	4.00	4.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	2.00	1.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00
17	5.00	4.00	4.00	4.00	5.00	3.00	3.00	3.00	5.00	4.00	2.00	1.00	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00
18	4.00	5.00	3.00	4.00	5.00	4.00	3.00	3.00	5.00	5.00	1.00	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
19	4.00	4.00	5.00	5.00	5.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	3.00	2.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00
20	4.00	3.00	5.00	4.00	4.00	2.00	2.00	2.00	5.00	5.00	1.00	1.00	2.00	3.00	2.00	3.00	2.00
21	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.00	2.00	3.00	5.00	5.00	1.00	1.00	3.00	3.00	2.00	3.00	2.00
22	5.00	5.00	4.00	4.00	5.00	3.00	2.00	4.00	3.00	5.00	2.00	1.00	2.00	2.00	4.00	2.00	3.00
23	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	3.00	5.00	5.00	3.00	3.00	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00
24	4.00	5.00	5.00	5.00	5.00	3.00	3.00	4.00	4.00	5.00	3.00	2.00	4.00	4.00	3.00	2.00	3.00
25	4.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.00	3.00	2.00	3.00	5.00	2.00	2.00	3.00	3.00	4.00	4.00	3.00
26	5.00	4.00	3.00	5.00	5.00	4.00	4.00	3.00	5.00	5.00	2.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00
27	4.00	4.00	4.00	4.00	3.00	2.00	3.00	3.00	4.00	3.00	1.00	2.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode ACTIVADO

Advertencia de... En efecto

Buscar

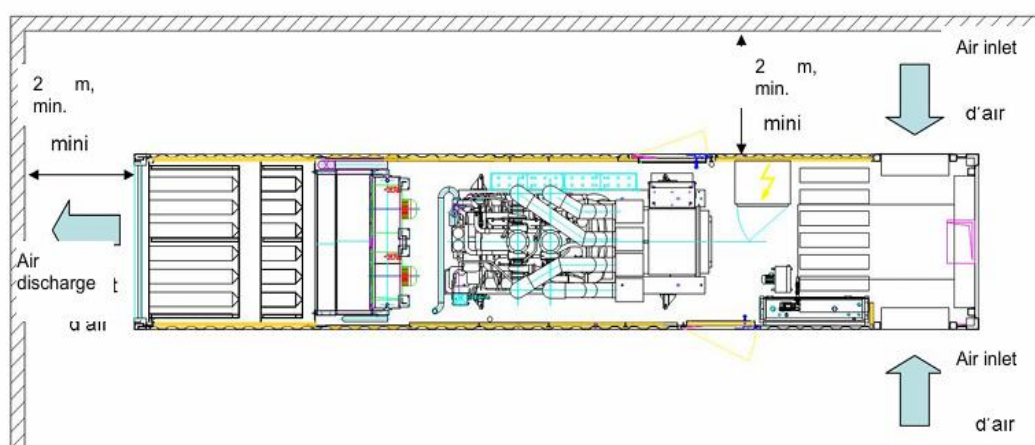
ESP LAA 82% 23:48 28/5/2026

Nota. Elaborado en software SPSS.

Anexo 18. Restricciones de posicionamiento.

Install the equipment, taking into account the prevailing winds: position the air inlets away from the wind to ensure there are no difficulties in adverse weather conditions (entry of air, snow, sand, etc.).

Respect a minimum distance of 2 metres between the container air inlets and outlets and any ventilation obstacles.



Nota. Tomado de Operating and Maintenance Manual (Kohler SDMO, 2016).

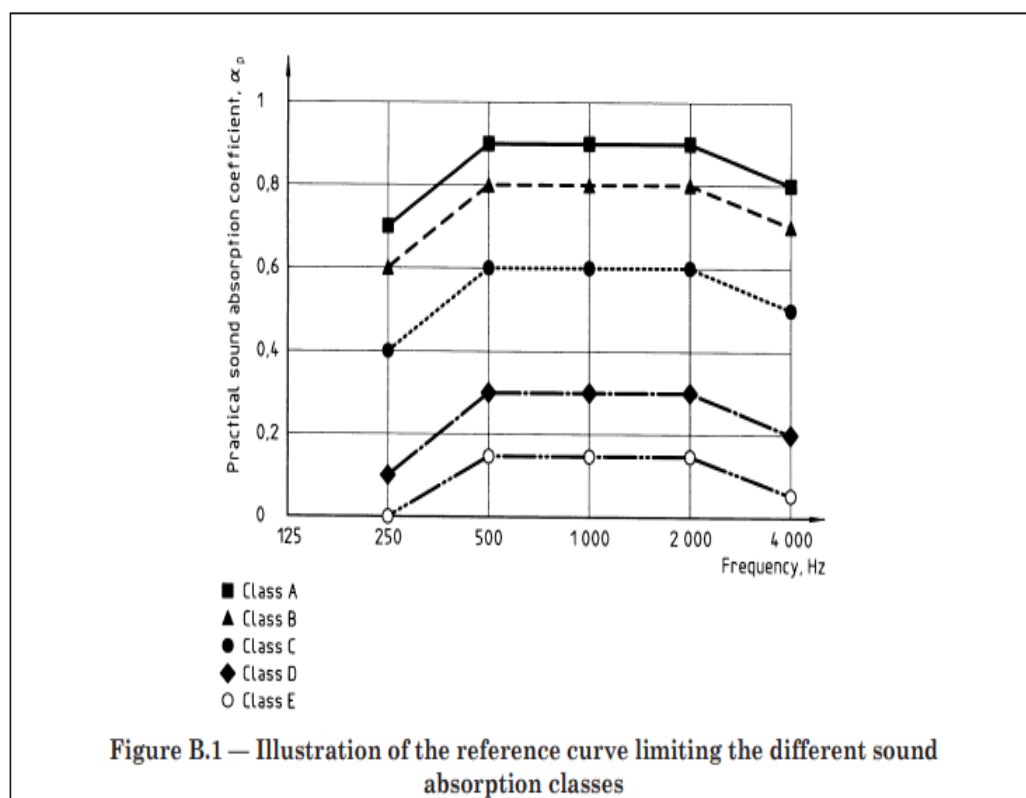
Anexo 19. Clasificación de absorbente acústico según ISO 11654.

Annex B (informative) Classification of sound absorbers

The classification system of this annex is primarily intended to be used for broad-band applications. The single-number value, α_w , is used to calculate the sound absorption class according to Table B.1. The different classes are illustrated in Figure B.1.

Table B.1 — Sound absorption classes

Sound absorption class	α_w
A	0,90; 0,95; 1,00
B	0,80; 0,85
C	0,60; 0,65; 0,70; 0,75
D	0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55
E	0,25; 0,20; 0,15
Not classified	0,10; 0,05; 0,00



Nota. El anexo presenta la clasificación de los materiales absorbentes acústicos con respecto al coeficiente de absorción sonora estableciendo las clases de absorción, así mismo una ilustración de la curva de referencia utilizadas para evaluar el desempeño acústico de los materiales conforme al Anexo B de la norma BS EN ISO 11654 (British Standards Institution [BSI],1997).

Anexo 20. Encuesta operadores del área de generación eléctrica RLL.



Anexo 21. Mediciones en el área de estudio.



Anexo 22. Mediciones en el área de estudio.

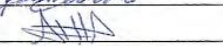
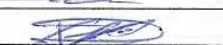
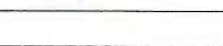
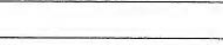
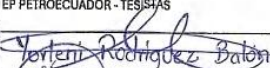


Anexo 23. Mediciones de distancias.



Anexo 24. Registro de asistencia de socializaciones.

UPSE UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA		FORMULARIO DE REGISTRO DE CAPACITACIONES		
DIRIGIDO A:	GENERACION ELECTRICA DE REFINERIA LA LIBERTAD			
FECHA:				
TEMAS A TRATAR:	MEDIDAS DE PREVENCIÓN DEL RUIDO EN EL ÁMBITO LABORAL			
N°	NOMBRE	C.I.	EMPRESA	FIRMA
1.	BYRON U. QUINATO A.C.	0901588530	EP PETROECUADOR	
2.	JUAN TOBY G	09200127-6	EP PETROECUADOR	
3.	JOHN I. IGA	09097682-5	SUF	
4.	Juan Quimi Tumbao	24003339-2	SUF	
5.	Javier Gonzalez	2400164683	SUF	
6.	JULIO HORTALINO	0915705446	SUF	
7.	CARLOS ALEJANDRO	0910658743	SUF	
8.	Luisa Gonzalez	24001630-22	SUF	
9.	Blanchon Fajalgon	1310056593	SUF	
10.	ANITA VIVARI RIVERA (-)	0920425752	EP PETROECUADOR	
11.	Pedro Brancillo R.	0702419535	EP PETROECUADOR	
12.	JOSE MANUEL VERA	0916060999	EP PETROECUADOR	
13.	David Viteri Rivera	2400095044	SUF	
14.	Grace Nicole Lainez Gor.	2400025256	YERS	
15.	Daniel Imo M	0920274794	YERS	
16.	Balmon Pagimbyro	0924540255	YERS	
17.	Edmundo Rodriguez D	0920200052	YERS	
18.	JULIAN S. RODRIGUEZ D.	0921361824	YERS	
19.	Irvin Israel Padilla C	0926463563	Petroecuador	
20.	TAYLOR DE LA CRUZ	0928029912	YERS	
21.	Oscar Ibarra Pared	0919712208	EP	
OBSERVACIONES				
PARTICIPANTES		INSTRUCTOR		
SUPERVISORES:		NOMBRE:	RODRIGUEZ BALON YORLENI STEFANIA DE LA A PLUA JENNY YADIRA	
OPERADORES:		EMPRESA:	EP PETROECUADOR - TESISTAS	
CONTRATISTAS:		FIRMA:		

 UPSE UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA		FORMULARIO DE REGISTRO DE CAPACITACIONES		
DIRIGIDO A:	GENERACION ELECTRICA DE REFINERIA LA LIBERTAD			
FECHA:				
TEMAS A TRATAR:	MEDIDAS DE PREVENCIÓN DEL RUIDO EN EL ÁMBITO LABORAL			
Nº	NOMBRE	C.I.	EMPRESA	FIRMA
	BYRON V. QUINATO A. C.	0201588530	EP PETROECUADOR	
	WAN TOBY G	0920070976	EP PETROECUADOR	
	Jhon J. Iribar	0909768285	SUF	
	Juan Quimi Tumbaco	040003939-2	SUF	
	Javier Gonzalez	240014682	SUF	
	Juan Montoya Viteri	0915708446	SUF	
	Julian Gonzalez	2400161072	SUF	
	Blanca Rosa Jofre	1310056997	SUF	
	Franco Viteri Viteri	0500125176	EP PETROECUADOR	
	Juan Jaramilla G.	020149838	EP PETROECUADOR	
	Florencia Montoya Vera F.	0916060997	EP PETROECUADOR	
	David Viteri Viteri	2400095044	SUF	
	Daniel Lina H.	0920274701	YERS	
	Diana Ramirez	0924540255	YERS	
	Edyardo Roldan D.	0470201252	YERS	
	Julian Rodriguez P.	0917361824	YERS	
	Ivan Padilla Caballero	09246350	Petroecuador	
	YAIRON DE LA CRUZ	0928029982	YERS	
	Alex Espinoza	0803142736	EP PETROECUADOR	
OBSERVACIONES				
PARTICIPANTES		INSTRUCTOR		
SUPERVISORES:		NOMBRE:	RODRIGUEZ BALON YORLENI STEFANIA DE LA A PLUA JENNY YADIRA	
OPERADORES:		EMPRESA:	EP PETROECUADOR - TESISTAS	
CONTRATISTAS:		FIRMA:	 	

Anexo 25. Socialización con operadores.



Anexo 26. Documentación de sonómetro.



Escanee este QR
para descargar
informe original
con firma
electrónica en pdf

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO ISO/IEC 17025:2017

Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Certificate of Calibration N° CGC-3801-002-25

Respuesta de Ponderación Temporal

Time Weighting Response

Ponderación Temporal	Valor Patrón Standard Value	Indicación Item Item Reading	Error de Medición Measurement Error	E.M.P. ⁽²⁾ M.P.E. ⁽¹⁾	Incertidumbre (U) Uncertainty (U)	Cumplimiento
Time Weighting	dB/s	dB/s	dB/s	dB/s	dB/s	Compliance
Fast	94,2	94,3	0,10	+ 3,8 ; -3,7	0,26	Cumple
Slow	91,1	91,3	0,20	+ 0,8 ; -0,7	0,39	Cumple

Pruebas Eléctricas

Electrical Tests

Resultados de Ponderación Frecuencial

Frequency Weighting Results

Ponderación A

A-weighting

Frecuencia	Valor Patrón Standard Value	Indicación Item Item Reading	Error de Medición Measurement Error	E.M.P. ⁽²⁾ M.P.E. ⁽¹⁾	Incertidumbre (U) Uncertainty (U)	Cumplimiento
Hz	dB	dB	dB	dB	dB	Compliance
31,5	54,6	56,2	1,600	3,0	0,078	Cumple
63	67,8	68,7	0,900	2,0	0,078	Cumple
125	77,9	78,6	0,700	1,5	0,078	Cumple
250	85,4	85,9	0,500	1,5	0,078	Cumple
500	90,8	92,1	1,300	1,5	0,078	Cumple
1000	94,0	94,0	0,000	1,0	0,078	Cumple
2000	95,2	94,8	-0,400	2,0	0,078	Cumple
4000	95,0	94,6	-0,400	3,0	0,078	Cumple
8000	92,9	88,2	-4,700	5,0	0,078	Cumple
16000	87,4	77,4	-10,000	+ 5,0 ; - ∞	0,078	Cumple

Ponderación C

C-weighting

Frecuencia	Valor Patrón Standard Value	Indicación Item Item Reading	Error de Medición Measurement Error	E.M.P. ⁽²⁾ M.P.E. ⁽¹⁾	Incertidumbre (U) Uncertainty (U)	Cumplimiento
Hz	dB	dB	dB	dB	dB	Compliance
31,5	91,0	92,1	1,100	3,0	0,078	Cumple
63	93,2	93,9	0,700	2,0	0,078	Cumple
125	93,8	94,2	0,400	1,5	0,078	Cumple
250	94,0	94,2	0,200	1,5	0,078	Cumple
500	94,0	94,1	0,100	1,5	0,078	Cumple
1000	94,0	94,0	0,000	1,0	0,078	Cumple
2000	93,8	93,6	-0,200	2,0	0,078	Cumple
4000	93,2	92,8	-0,400	3,0	0,078	Cumple
8000	91,0	86,5	-4,500	5,0	0,078	Cumple
16000	85,5	75,5	-10,000	+ 5,0 ; - ∞	0,078	Cumple



Escanee este QR
para descargar
informe original
con firma
electrónica en pdf

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CGC-3801-002-25

Respuesta de Ponderación Temporal

Time Weighting Response

Ponderación Temporal Time Weighting	Valor Patrón Standard Value	Indicación Ítem Item Reading	Error de Medición Measurement Error	E.M.P. ⁽²⁾ M.P.E. ⁽¹⁾	Incertidumbre (U) Uncertainty (U)	Cumplimiento Compliance
	dB/s	dB/s	dB/s	dB/s	dB/s	
Fast	94,2	94,3	0,10	+ 3,8 ; -3,7	0,26	Cumple
Slow	91,1	91,3	0,20	+ 0,8 ; -0,7	0,39	Cumple

Pruebas Eléctricas

Electrical Tests

Resultados de Ponderación Frecuencial

Frequency Weighting Results

Ponderación A

A-weighting

Frecuencia Frequency	Valor Patrón Standard Value	Indicación Ítem Item Reading	Error de Medición Measurement Error	E.M.P. ⁽²⁾ M.P.E. ⁽¹⁾	Incertidumbre (U) Uncertainty (U)	Cumplimiento Compliance
Hz	dB	dB	dB	dB	dB	
31,5	54,6	56,2	1,600	3,0	0,078	Cumple
63	67,8	68,7	0,900	2,0	0,078	Cumple
125	77,9	78,6	0,700	1,5	0,078	Cumple
250	85,4	85,9	0,500	1,5	0,078	Cumple
500	90,8	92,1	1,300	1,5	0,078	Cumple
1000	94,0	94,0	0,000	1,0	0,078	Cumple
2000	95,2	94,8	-0,400	2,0	0,078	Cumple
4000	95,0	94,6	-0,400	3,0	0,078	Cumple
8000	92,9	88,2	-4,700	5,0	0,078	Cumple
16000	87,4	77,4	-10,000	+ 5,0 ; - ∞	0,078	Cumple

Ponderación C

C-weighting

Frecuencia Frequency	Valor Patrón Standard Value	Indicación Ítem Item Reading	Error de Medición Measurement Error	E.M.P. ⁽²⁾ M.P.E. ⁽¹⁾	Incertidumbre (U) Uncertainty (U)	Cumplimiento Compliance
Hz	dB	dB	dB	dB	dB	
31,5	91,0	92,1	1,100	3,0	0,078	Cumple
63	93,2	93,9	0,700	2,0	0,078	Cumple
125	93,8	94,2	0,400	1,5	0,078	Cumple
250	94,0	94,2	0,200	1,5	0,078	Cumple
500	94,0	94,1	0,100	1,5	0,078	Cumple
1000	94,0	94,0	0,000	1,0	0,078	Cumple
2000	93,8	93,6	-0,200	2,0	0,078	Cumple
4000	93,2	92,8	-0,400	3,0	0,078	Cumple
8000	91,0	86,5	-4,500	5,0	0,078	Cumple
16000	85,5	75,5	-10,000	+ 5,0 ; - ∞	0,078	Cumple



Escanee este QR
para descargar
informe original
con firma
electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CGC-3801-002-25

Respuesta de Ponderación Temporal

Time Weighting Response

Ponderación Temporal	Valor Patrón	Indicación Ítem	Error de Medición	E.M.P. ⁽²⁾	Incertidumbre (U)	Cumplimiento
Time Weighting	Standard Value	Item Reading	Measurement Error	M.P.E. ⁽²⁾	Uncertainty (U)	Compliance
	dB/s	dB/s	dB/s	dB/s	dB/s	
Fast	94,2	94,3	0,10	+ 3,8 ; -3,7	0,26	Cumple
Slow	91,1	91,3	0,20	+ 0,8 ; -0,7	0,39	Cumple

Pruebas Eléctricas

Electrical Tests

Resultados de Ponderación Frecuencial

Frequency Weighting Results

Ponderación A

A-weighting

Frecuencia	Valor Patrón	Indicación Ítem	Error de Medición	E.M.P. ⁽²⁾	Incertidumbre (U)	Cumplimiento
Frequency	Standard Value	Item Reading	Measurement Error	M.P.E. ⁽²⁾	Uncertainty (U)	Compliance
Hz	dB	dB	dB	dB	dB	
31,5	54,6	56,2	1,600	3,0	0,078	Cumple
63	67,8	68,7	0,900	2,0	0,078	Cumple
125	77,9	78,6	0,700	1,5	0,078	Cumple
250	85,4	85,9	0,500	1,5	0,078	Cumple
500	90,8	92,1	1,300	1,5	0,078	Cumple
1000	94,0	94,0	0,000	1,0	0,078	Cumple
2000	95,2	94,8	-0,400	2,0	0,078	Cumple
4000	95,0	94,6	-0,400	3,0	0,078	Cumple
8000	92,9	88,2	-4,700	5,0	0,078	Cumple
16000	87,4	77,4	-10,000	+ 5,0 ; - ∞	0,078	Cumple

Ponderación C

C-weighting

Frecuencia	Valor Patrón	Indicación Ítem	Error de Medición	E.M.P. ⁽²⁾	Incertidumbre (U)	Cumplimiento
Frequency	Standard Value	Item Reading	Measurement Error	M.P.E. ⁽²⁾	Uncertainty (U)	Compliance
Hz	dB	dB	dB	dB	dB	
31,5	91,0	92,1	1,100	3,0	0,078	Cumple
63	93,2	93,9	0,700	2,0	0,078	Cumple
125	93,8	94,2	0,400	1,5	0,078	Cumple
250	94,0	94,2	0,200	1,5	0,078	Cumple
500	94,0	94,1	0,100	1,5	0,078	Cumple
1000	94,0	94,0	0,000	1,0	0,078	Cumple
2000	93,8	93,6	-0,200	2,0	0,078	Cumple
4000	93,2	92,8	-0,400	3,0	0,078	Cumple
8000	91,0	86,5	-4,500	5,0	0,078	Cumple
16000	85,5	75,5	-10,000	+ 5,0 ; - ∞	0,078	Cumple



Escanee este QR
para descargar
informe original
con firma
electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CGC-3801-002-25

Resultados de Linealidad

Linearity Results

Prueba de 1000 Hz

1000 Hz Test

Nivel de señal Aplicada Applied signal level	Nivel Esperado Expected Level		Nivel Leído Read Level	Desviación Deviation		Tolerancia Linealidad de Nivel Tolerance	Incertidumbre (U) Uncertainty (U)	Cumplimiento Compliance
	Relativa Er	Diferencial Ed		Relativa Er	Diferencial Ed			
	Relative Er	Differential Ed		Relative	Differential			
dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	
94	-	-	94,1	-	-	-	0,078	-
35	35,1	-	35,2	0,1	-	1,1	0,078	Cumple
36	36,1	36,2	36,3	0,2	0,1	1,1	0,078	Cumple
37	37,1	37,3	37,1	0,0	-0,2	1,1	0,078	Cumple
38	38,1	38,1	38,2	0,1	0,1	1,1	0,078	Cumple
39	39,1	39,2	39,1	0,0	-0,1	1,1	0,078	Cumple
40	40,1	40,1	40,1	0,0	0,0	1,1	0,078	Cumple
45	45,1	45,1	45,0	-0,1	-0,1	1,1	0,078	Cumple
55	55,1	55,0	55,0	-0,1	0,0	1,1	0,078	Cumple
65	65,1	65,0	65,1	0,0	0,1	1,1	0,078	Cumple
75	75,1	75,1	75,1	0,0	0,0	1,1	0,078	Cumple
85	85,1	85,1	85,2	0,1	0,1	1,1	0,078	Cumple
95	95,1	95,2	95,3	0,2	0,1	1,1	0,078	Cumple
105	105,1	105,3	105,1	0,0	-0,2	1,1	0,078	Cumple
115	115,1	115,1	115,2	0,1	0,1	1,1	0,078	Cumple
125	125,1	125,2	125,1	0,0	-0,1	1,1	0,078	Cumple
135	135,1	135,1	135,1	0,0	0,0	1,1	0,078	Cumple
136	136,1	136,1	136,0	-0,1	-0,1	1,1	0,078	Cumple
137	137,1	137,0	137,0	-0,1	0,0	1,1	0,078	Cumple
138	138,1	138,0	138,0	-0,1	0,0	1,1	0,078	Cumple
139	139,1	139,0	138,8	-0,3	-0,2	1,1	0,078	Cumple
140	140,1	139,8	139,8	-0,3	0,0	1,1	0,078	Cumple

Prueba de 4000 Hz

4000 Hz Test

Nivel de señal Aplicada Applied signal level	Nivel Esperado Expected Level		Nivel Leído Read Level	Desviación Deviation		Tolerancia Linealidad de Nivel Tolerance	Incertidumbre (U) Uncertainty (U)	Cumplimiento Compliance
	Relativa Er	Diferencial Ed		Relativa Er	Diferencial Ed			
	Relative Er	Differential Ed		Relative	Differential			
dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	
95	-	-	95,3	-	-	-	0,078	-
36	36,3	-	36,2	-0,1	-	1,1	0,078	Cumple
37	37,3	37,2	37,2	-0,1	0,0	1,1	0,078	Cumple
38	38,3	38,2	38,1	-0,2	-0,1	1,1	0,078	Cumple
39	39,3	39,1	39,2	-0,1	0,1	1,1	0,078	Cumple
40	40,3	40,2	40,3	0,0	0,1	1,1	0,078	Cumple
41	41,3	41,3	41,1	-0,2	-0,2	1,1	0,078	Cumple
46	46,3	46,1	46,2	-0,1	0,1	1,1	0,078	Cumple
56	56,3	56,2	56,1	-0,2	-0,1	1,1	0,078	Cumple
66	66,3	66,1	66,1	-0,2	0,0	1,1	0,078	Cumple
76	76,3	76,1	76,0	-0,3	-0,1	1,1	0,078	Cumple
86	86,3	86,0	86,0	-0,3	0,0	1,1	0,078	Cumple
96	96,3	96,0	96,0	-0,3	0,0	1,1	0,078	Cumple
106	106,3	106,0	105,8	-0,5	-0,2	1,1	0,078	Cumple
116	116,3	115,8	115,8	-0,5	0,0	1,1	0,078	Cumple
126	126,3	125,8	125,7	-0,6	-0,1	1,1	0,078	Cumple
136	136,3	135,7	135,8	-0,5	0,1	1,1	0,078	Cumple
137	137,3	136,8	136,7	-0,6	-0,1	1,1	0,078	Cumple
138	138,3	137,7	137,7	-0,6	0,0	1,1	0,078	Cumple
139	139,3	138,7	138,8	-0,5	0,1	1,1	0,078	Cumple
140	140,3	139,8	139,7	-0,6	-0,1	1,1	0,078	Cumple
141	141,3	140,7	140,6	-0,7	-0,1	1,1	0,078	Cumple



Escanee este QR
para descargar
informe original
con firma
electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CGC-3801-002-25

Prueba de 8000 Hz

8000 Hz Test

Nivel de señal Aplicada	Nivel Esperado		Nivel Leído	Desviación		Tolerancia Linealidad de Nivel	Incertidumbre (U)	Cumplimiento
	Expected Level			Deviation				
	Relativa Er	Diferencial Ed		Relativa Er	Diferencial Ed			
Applied signal level	Relative Er	Differential Ed	Read Level	Relative	Differential	Tolerance	Uncertainty (U)	Compliance
dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	
92,9	-	-	93,2	-	-	-	0,078	-
33,9	34,2	-	34,1	-0,1	-	1,1	0,078	Cumple
34,9	35,2	35,1	35,1	-0,1	0,0	1,1	0,078	Cumple
35,9	36,2	36,1	36,0	-0,2	-0,1	1,1	0,078	Cumple
36,9	37,2	37,0	37,1	-0,1	0,1	1,1	0,078	Cumple
37,9	38,2	38,1	38,2	0,0	0,1	1,1	0,078	Cumple
38,9	39,2	39,2	39,0	-0,2	-0,2	1,1	0,078	Cumple
43,9	44,2	44,0	44,1	-0,1	0,1	1,1	0,078	Cumple
53,9	54,2	54,1	54,0	-0,2	-0,1	1,1	0,078	Cumple
63,9	64,2	64,0	64,0	-0,2	0,0	1,1	0,078	Cumple
73,9	74,2	74,0	73,9	-0,3	-0,1	1,1	0,078	Cumple
83,9	84,2	83,9	83,9	-0,3	0,0	1,1	0,078	Cumple
93,9	94,2	93,9	93,9	-0,3	0,0	1,1	0,078	Cumple
103,9	104,2	103,9	103,7	-0,5	-0,2	1,1	0,078	Cumple
113,9	114,2	113,7	113,7	-0,5	0,0	1,1	0,078	Cumple
123,9	124,2	123,7	123,6	-0,6	-0,1	1,1	0,078	Cumple
133,9	134,2	133,6	133,7	-0,5	0,1	1,1	0,078	Cumple
134,9	135,2	134,7	134,6	-0,6	-0,1	1,1	0,078	Cumple
135,9	136,2	135,6	135,6	-0,6	0,0	1,1	0,078	Cumple
136,9	137,2	136,6	136,7	-0,5	0,1	1,1	0,078	Cumple
137,9	138,2	137,7	137,6	-0,6	-0,1	1,1	0,078	Cumple
138,9	139,2	138,6	138,5	-0,7	-0,1	1,1	0,078	Cumple

Resultados de Indicación de Sobrecarga

Overload Indication Results

Frecuencia <i>Frequency</i>	Nivel de Entrada <i>Entry Level</i>	Lectura Esperada <i>Expected Reading</i>	Indicación ítem <i>Item Reading</i>	Error de Medición <i>Measurement Error</i>	E.M.P. ⁽¹⁾ <i>M.P.E. ⁽²⁾</i>	Incertidumbre (U) <i>Uncertainty (U)</i>	Cumplimiento <i>Compliance</i>
Hz	dB	dB	dB	dB	dB	dB	
1000	135,0	135,0	135,2	0,200	1,5	0,078	Cumple
800	135,8	135,2	135,3	0,100	1,5	0,078	Cumple
630	136,9	135,2	135,4	0,200	1,5	0,078	Cumple
500	138,2	135,2	135,4	0,200	1,5	0,078	Cumple
400	139,8	135,2	135,5	0,300	1,5	0,078	Cumple
315	141,6	135,2	135,4	0,200	1,5	0,078	Cumple

Información sobre Declaración de Conformidad

Information about Statement of Conformity

Regla de Decisión (Aceptación Conservadora): De acuerdo con los requisitos de la Norma IEC 61672-1:2013, el ítem de calibración se acepta como conforme cuando las desviaciones medidas respecto a los objetivos de diseño no exceden los correspondientes errores máximos permitidos y la incertidumbre de medida no excede la correspondiente incertidumbre de medida máxima permitida para una probabilidad de cobertura del 95%.

Declaración de Conformidad: De acuerdo a los resultados reportados en este certificado, el ítem de calibración CUMPLE con el requisito especificado de error máximo permitido (emp) e incertidumbre máxima permitida.

Decision Rule (Conservative Acceptance): According to the requirements of IEC 61672-1:2013, the calibration item is accepted as conforming when the measured deviations from the design targets do not exceed the corresponding maximum permissible errors and the measurement uncertainty does not exceed the corresponding maximum permissible measurement uncertainty for a coverage probability of 95%.

Statement of Conformity: According to the results reported in this certificate, the calibration item MEETS the specified requirement of maximum permissible error (mpe) and maximum permissible uncertainty.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017



Escanee este QR
para descargar
informe original
con firma
electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CGC-3801-002-25

Notas

Notes

- El Error Máximo Permitido (emp) y la incertidumbre máxima permitida fueron proporcionados por la Norma Internacional IEC 61672-1:2013. Clase 2.
 - De acuerdo con ISO 17025 e ISO 14253-1, se debe tomar en cuenta la incertidumbre de la medición cuando se realiza declaración de conformidad contra los requisitos del cliente o especificaciones metrológicas.
 - La indicación del patrón y el error de medición (mejor estimación del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).
- The Maximum Permitted Error (emp) and maximum permitted uncertainty were provided by the International Standard IEC 61672-1:2013. Class 2.
- In accordance with ISO 17025 and ISO 14253-1, measurement uncertainty must be taken into account when making declarations of conformity against customer requirements or metrological specifications.
- The standard reading and the measurement error (best estimate of the true value) are shown with the same number of digits as the reported uncertainty (see GUM 7.2.6).

FO.PEC.51-03 Rev. 05



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017



Escanee este QR
para descargar
informe original
con firma
electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CGC-3801-002-25

Cliente:
Customer

EMPRESA PÚBLICA DE
HIDROCARBUROS DE ECUADOR
EP PETROECUADOR

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los estándares nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Dirección:
Address

Av. Alpallana E8- 86 y Av. 6 de
Diciembre (esquina), Edif. Alpallana

Teléfono:
Phone Number

(02) 3942000 - 3938500

Persona de Contacto:
Contact Person

M.sc. Alica Caizaluisa Barros

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el cliente y/o usuario es responsable de definir el período de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva o exactitud de medición.

Objeto:
Item

SONÓMETRO



Escanee este QR y encuentre:
Etiqueta electrónica
Certificados originales en pdf
Historio de Intervenciones
Documentos relevantes, manuales, fotografías

This calibration certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)

Marca:
Manufacturer

QUEST TECHNOLOGIES

Modelo:
Model

2900

No. de Serie:
Serial Number

CDE070014

Identificación:
Identification

308918

In order to ensure measurements, the customer and/or user is responsible for defining the calibration period according to the manufacturer's recommendation, use, drift analysis or measurement accuracy.

Ubicación del Objeto⁽¹⁾:
Item Location

NO ESPECIFICA

Fecha de Recepción:
Date of Receipt

2025-06-05

Fecha de Calibración:
Calibration Date

2025-06-10

Próxima Fecha de Calibración:
Due Date

2026-06

Técnico Responsable:
Responsible Technician

Dario Carpio

Persona que Autoriza / Fecha de Emisión:
Person authorizing / Date of Issue

Ing. Savino Pineda / 2025-06-11

Gerente Técnico

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ
Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=1103187462-030625142241, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2025-06-11 12:21:01



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017



Escanee este QR
para descargar
informe original
con firma
electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CGC-3801-002-25

Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom - Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.

La versión en inglés del certificado de calibración no es una traducción vinculante. Si algún asunto da lugar a controversia, se debe utilizar el texto original en español.

This certificate may not be reproduced other than in full except with the written approval of the Elicrom - Calibration laboratory. The results contained in this certificate relate only to the item calibrated, at the time and under the conditions in which the calibration was performed.

The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matter gives rise to controversy, the Spanish original text must be used.

Incertidumbre de medida

Measurement Uncertainty

La incertidumbre expandida de medición reportada (intervalo de confianza), se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k , que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

The reported expanded uncertainty of the measurement (confidence interval), was evaluated based on the document JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", and is stated as the combined standard uncertainty of the measurement multiplied by the coverage factor k , which for a t (Student's) distribution corresponds to a confidence level of approximately 95.45%.

Equipamiento Utilizado

Equipment Used

Identificación <i>ID Number</i>	Nombre <i>Name</i>	Marca <i>Manufacturer</i>	Modelo <i>Model</i>	No. de Serie <i>Serial Number</i>	Vence Cal. <i>Due Date</i>	N° Certificado <i>N° Certificate</i>
ELP.PC.033	CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN ACÚSTICO	BRÜEL & KJÆR	4226	3282793	2026-07-04	CDK2404358
EL.PT.1412	CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN	TRANSMILLE	3041A	L1577L19	2026-11-23	AC-29479
EL.PT.1366	BARÓMETRO DIGITAL	CONTROL COMPANY	6530	192445056	2025-10-24	CGC-6334-042-24
EL.PT.365	TERMOHIGRÓMETRO	CENTER	342	190601459	2026-03-21	CGC-1492-020-25



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017



Escanee este QR
para descargar
informe original
con firma
electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CGC-3801-002-25

Calibración

Calibration

Tipo:	2	División de Escala:	0,1 dB
Type		Scale Interval	
Unidad de Medida:	dB	Intervalo de Medición ⁽²⁾ :	20 dB a 140 dB
Unit of Measurement		Measurement Range	
Lugar de Calibración:	Lab. De Eléctrica Y Óptica (Elicrom)		
Calibration Site			
Método de Calibración:	Comparación Directa Con Calibrador Multifunción Y Calibrador Acústico Patrón		
Calibration Method			
Documento de Referencia:	IEC 61672-1:2013		
Reference Document			
Procedimiento de Calibración:	PEC.EL.51		
Calibration Procedure			

Condiciones Ambientales:	Temperatura del Aire	20,6 °C ± 0,5 °C
Environmental Conditions	Air Temperature	
Pruebas Acústicas	Humedad Relativa del Aire	55,6 %hr ± 1,1 %hr
Acoustic Tests	Air Relative Humidity	
	Presión Atmosférica	1008 hPa ± 1 hPa
	Atmospheric pressure	

Condiciones Ambientales:	Temperatura del Aire	21,3 °C ± 0,7 °C
Environmental Conditions	Air Temperature	
Pruebas Eléctricas	Humedad Relativa del Aire	52,1 %hr ± 1,3 %hr
Electrical Tests	Air Relative Humidity	
	Presión Atmosférica	1008 hPa ± 1 hPa
	Atmospheric pressure	

Observaciones

Observations

- ⁽¹⁾ Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.
⁽²⁾ Información tomada de las especificaciones del objeto de calibración (proporcionada por el fabricante).
⁽¹⁾ Information provided by the customer. Elicrom is not responsible for such information.
⁽²⁾ Information taken from the specifications of the calibration item (provided by the manufacturer).

Declaración de Trazabilidad Metrológica

Statement of Metrological Traceability

Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del NIST (National Institute of Standards and Technology - Estados Unidos) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).

The calibration results contained in this certificate are traceable to the International System of Units (SI) through an unbroken chain of calibrations through NIST (National Institute of Standards and Technology - United States) or other National Metrology Institutes (NMIs).



Escanee este QR
para descargar
informe original
con firma
electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CGC-3801-002-25

Resultados del Ajuste

Adjustment Results

Frecuencia de Referencia (Hz)	Valor de Referencia (dB)	Lectura Antes (dB)	¿Se realiza Ajuste?
Reference Frequency (Hz)	Reference value (dB)	As Found (dB)	Is Adjustment Done?
1000	94,0	94,0	SI

Resultados de la Calibración

Calibration Results

Pruebas Acústicas

Acoustic Tests

Frecuencia de referencia

Reference Frequency

Ponderación A

A-weighting

Frecuencia Frequency	Valor Patrón Standard Value	Indicación Ítem Item Reading	Error de Medición Measurement Error	E.M.P. ¹² M.P.E. ¹²	Incertidumbre (U) Uncertainty (U)	Cumplimiento
Hz	dB	dB	dB	dB	dB	Compliance
1000	94,0	94,0	0,00	1,0	0,14	Cumple
	104,0	104,1	0,10	1,0	0,14	Cumple
	114,0	114,2	0,20	1,0	0,14	Cumple

Ponderación C

C-weighting

Frecuencia Frequency	Valor Patrón Standard Value	Indicación Ítem Item Reading	Error de Medición Measurement Error	E.M.P. ¹² M.P.E. ¹²	Incertidumbre (U) Uncertainty (U)	Cumplimiento
Hz	dB	dB	dB	dB	dB	Compliance
1000	94,0	94,0	0,00	1,0	0,14	Cumple
	104,0	104,0	0,00	1,0	0,14	Cumple
	114,0	114,2	0,20	1,0	0,14	Cumple

Respuesta de Frecuencia a Banda de Octava

Frequency Response to Octave Band

Ponderación A

A-weighting

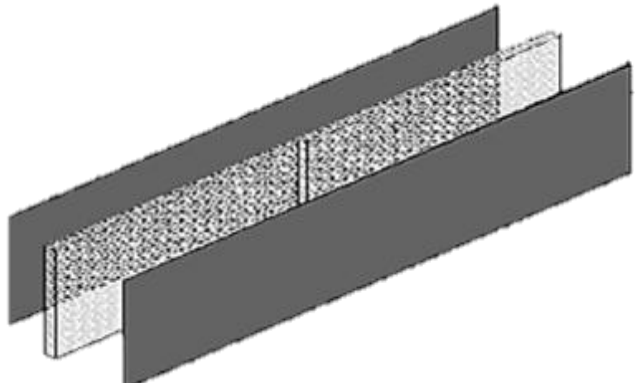
Frecuencia Frequency	Valor Patrón Standard Value	Indicación Ítem Item Reading	Error de Medición Measurement Error	E.M.P. ¹² M.P.E. ¹²	Incertidumbre (U) Uncertainty (U)	Cumplimiento
Hz	dB	dB	dB	dB	dB	Compliance
31,5	54,6	56,1	1,50	3,0	0,21	Cumple
63	67,8	68,8	1,00	2,0	0,20	Cumple
125	77,9	78,5	0,60	1,5	0,20	Cumple
250	85,4	85,8	0,39	1,5	0,17	Cumple
500	90,8	92,1	1,30	1,5	0,17	Cumple
1000	94,0	94,0	0,00	1,0	0,14	Cumple
2000	95,2	94,9	-0,30	2,0	0,20	Cumple
4000	95,0	94,7	-0,30	3,0	0,20	Cumple
8000	92,9	88,3	-4,63	5,0	0,28	Cumple
16000	87,5	77,4	-10,07	+ 5,0 ; - ∞	0,51	Cumple

Ponderación C

C-weighting

Frecuencia Frequency	Valor Patrón Standard Value	Indicación Ítem Item Reading	Error de Medición Measurement Error	E.M.P. ¹² M.P.E. ¹²	Incertidumbre (U) Uncertainty (U)	Cumplimiento
Hz	dB	dB	dB	dB	dB	Compliance
31,5	91,0	92,0	1,00	3,0	0,21	Cumple
63	93,2	93,9	0,70	2,0	0,20	Cumple
125	93,8	94,3	0,50	1,5	0,20	Cumple
250	94,0	94,3	0,29	1,5	0,17	Cumple
500	94,0	94,2	0,20	1,5	0,17	Cumple
1000	94,0	94,0	0,00	1,0	0,14	Cumple
2000	93,8	93,5	-0,30	2,0	0,20	Cumple
4000	93,2	92,9	-0,30	3,0	0,20	Cumple
8000	91,0	86,4	-4,63	5,0	0,28	Cumple
16000	85,6	75,4	-10,17	+ 5,0 ; - ∞	0,51	Cumple

Anexo 27. Ficha técnica de barreras acústicas.

		FICHA TÉCNICA			
Realizado por:	Yorleni Rodríguez Jenny De La A		Fecha de elaboración:	25/07/2026	
Aprobado por:			Ubicación:	La Libertad, Ecuador	
Revisión:			Versión:		
Datos técnicos					
Cara exterior:	Acero galvanizado, prelacado y especiales.	Aislante:	Lana de roca A2-s1-d0	Largo:	1 150 mm (± 2 mm)
Cara interior	Acero galvanizado, prelacado y especiales.	Espesores	50-200 mm	Colores:	Blanco, verde, rojo, silver.
					
Características técnicas					
El panel acústico tipo sándwich cuenta con láminas de acero galvanizado y un núcleo absorbente de lana de roca, al ser microperforada ofrece una máxima insonorización para la protección del ruido. El panel tipo sándwich de lana de roca brinda una excelente protección contra el fuego y es regulable según el grosor del panel. Además, este panel tipo sándwich ofrece una reacción al fuego, con una resistencia al fuego según los espesores y es catalogada como EI30, EI60, EI90, EI120, EI240. En la fabricación de las láminas se utilizan aceros galvanizados, aceros especiales y precalentados, cumpliendo con la EN 508-1, recubrimientos PET, plastisol, PVC, PVDF, PS50, PS55 y PS200.					

Características técnicas del panel acústico de baja densidad

Sobrecarga Kg/m2							
Espesor	30	60	80	100	120	150	200
50	5,07	3,22	2,45	1,96	1,64	1,30	1,05
60	5,25	3,40	2,75	2,50	2,06	1,60	1,20
80	5,99	4,07	3,35	2,91	2,64	2,11	1,35
100	7,14	4,85	3,95	3,53	3,22	2,64	1,55
120	8,20	5,70	4,50	4,12	3,85	3,05	1,90
150	9,10	7,30	6,08	5,60	5,12	4,25	2,80
200	11,00	9,80	8,15	7,55	6,25	5,60	4,00

Dimensiones, pesos y características térmicas

Espesor	Ancho útil (mm)	Long. Max. Recomendada (m)	Peso kg/m2	Coef. Transmitancia térmica W/m2k	Resistencia al fuego
50	1.150	7,00	11,90	0,690	A2-s1-d0
60	1.150	7,00	12,80	0,592	A2-s1-d0
80	1.150	9,00	14,60	0,455	A2-s1-d0
100	1.150	10,00	16,40	0,370	A2-s1-d0
120	1.150	11,00	18,20	0,308	A2-s1-d0
150	1.150	12,00	20,90	0,253	A2-s1-d0
200	1.150	12,00	25,40	0,192	A2-s1-d0

Comportamiento acústico

Espesor	Rw (dB)	Ra (dbA)
50	≥ 31	≥ 30,6
60	≥ 31	≥ 30,6
80	≥ 34	≥ 34,2
100	≥ 34	≥ 34,2
120	≥ 34	≥ 34,2
150	≥ 34	≥ 34,2
200	> 34	> 34,2