



Desarrollo de un manual de procedimientos de operación y de mantenimiento de un tubo de impedancia acústica utilizado en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH

Development of a manual of operation and maintenance procedures for an acoustic impedance tube used in the Materials Laboratory of the Faculty of Mechanics of ESPOCH

Desenvolvimento de um manual de procedimentos de operação e manutenção de um tubo de impedância acústica utilizado no Laboratório de Materiais da Faculdade de Mecânica da ESPOCH

Denis Colcha ^I

denisosw94@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-4989-845X>

Fabián Bastidas-Alarcón ^{II}

fabian.bastidas@epoch.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-3238-4072>

Andrés Noguera-Cundar ^{III}

andres.noguera@epoch.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-6763-9288>

Lidia del Rocío Castro-Cepeda ^{IV}

lidia.castro@unach.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-0471-2879>

Geoconda Marisela Velasco-Castelo ^{IV}

geoconda.velasco@epoch.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8120-1549>

Correspondencia: denisosw94@gmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 29 de mayo de 2024 * **Aceptado:** 19 de junio de 2024 * **Publicado:** 16 de julio de 2024

- I. Investigador externo, Riobamba, Ecuador.
- II. ESPOCH, Riobamba, Ecuador.
- III. ESPOCH, Riobamba, Ecuador.
- IV. Facultad de Ingeniería, UNACH, Riobamba, Ecuador.
- V. ESPOCH, Riobamba, Ecuador.

Resumen

El laboratorio de materiales de la facultad de mecánica de la ESPOCH, posee algunos equipos tecnológicos que están disponibles para la realización de prácticas y experimentos, uno de estos equipos es “El tubo de impedancia acústica” mismo que no cuenta con un manual de operación y mantenimiento, lo cual tiene como resultado acciones de mal uso y operaciones de cuidado o conservación inadecuadas, por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue elaborar un manual de operación y de mantenimiento del tubo de impedancia acústica del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Mecánica ESPOCH. La metodología utilizada tiene su fundamento en obtener información inicial de las partes principales del módulo de pruebas, para posteriormente evaluar el estado técnico de cada una de ellas, utilizando un analizador de vibraciones VibraCheck que determinó la frecuencia natural y se verificó que el dispositivo es útil y confiable para los ensayos a realizar, luego se ubicó el equipo de manera adecuada en el laboratorio revisando parámetros de seguridad relevantes para los estudiantes. El manual de operación resultante especifica los pasos necesarios para el correcto funcionamiento incluye un análisis de criticidad para facilitar la toma de decisiones, una programación en LabVIEW y Matlab para asegurar ajustar parámetros según los ensayos realizados con diferentes materiales, mientras que el manual de mantenimiento asegura la disponibilidad y confiabilidad operativa del equipo. En este contexto se concluye que, la implementación de un manual ha optimizado la operación del equipo en el laboratorio, asegurando su adecuado funcionamiento y prolongando su vida útil.

Palabras clave: Manual de operación; Manual de mantenimiento; Impedancia acústica; Análisis de criticidad; Historial de averías.

Abstract

The materials laboratory of the ESPOCH mechanical faculty has some technological equipment that is available for carrying out practices and experiments, one of this equipment is “The acoustic impedance tube” which does not have an operation manual and maintenance, which results in actions of misuse and inadequate care or conservation operations, therefore, the objective of this research was to develop an operation and maintenance manual for the acoustic impedance tube of the Materials Laboratory of the Faculty of ESPOCH Mechanics. The methodology used is based on obtaining initial information from the main parts of the test module, to subsequently evaluate the technical status of each of them, using a VibraCheck vibration analyzer that determined the

natural frequency and verified that the device is useful and reliable for the tests to be carried out, then the equipment was located appropriately in the laboratory, reviewing relevant safety parameters for the students. The resulting operation manual specifies the steps necessary for correct operation, includes a criticality analysis to facilitate decision making, programming in LabVIEW and Matlab to ensure adjustment of parameters according to the tests carried out with different materials, while the maintenance manual ensures the availability and operational reliability of the equipment. In this context, it is concluded that the implementation of a manual has optimized the operation of the equipment in the laboratory, ensuring its proper functioning and prolonging its useful life.

Keywords: Operation manual; Maintenance manual; Acoustic impedance; Criticality analysis; Failure history.

Resumo

O laboratório de materiais da faculdade de mecânica da ESPOCH possui alguns equipamentos tecnológicos que estão disponíveis para a realização de práticas e experiências, um desses equipamentos é o “Tubo de impedância acústica” que não possui manual de operação e manutenção, o que resulta em ações de utilização indevida e cuidados inadequados ou operações de conservação, pelo que, o objetivo desta investigação foi desenvolver um manual de operação e manutenção do tubo de impedância acústica do Laboratório de Materiais da Faculdade de Mecânica da ESPOCH. A metodologia utilizada baseia-se na obtenção de informação inicial das principais partes do módulo de teste, para posteriormente avaliar o estado técnico de cada uma delas, utilizando um analisador de vibrações VibraCheck que determinou a frequência natural e verificou que o dispositivo é útil e fiável para os testes a realizar, de seguida o equipamento foi localizado adequadamente no laboratório, revendo parâmetros de segurança relevantes para os alunos. O manual de operação resultante especifica os passos necessários para o correto funcionamento, inclui uma análise de criticidade para facilitar a tomada de decisão, programação em LabVIEW e Matlab para garantir o ajuste dos parâmetros de acordo com os testes realizados com diferentes materiais, enquanto o manual de manutenção garante a disponibilidade e operacionalidade fiabilidade do equipamento. Neste contexto, conclui-se que a implementação de um manual veio otimizar o funcionamento do equipamento no laboratório, garantindo o seu bom funcionamento e prolongando a sua vida útil.

Palavras-chave: Manual de operação; Manual de manutenção; Impedância acústica; Análise de criticidade; Histórico de avarias.

Introducción

Mediante el Trabajo de Integración Curricular denominado “Utilización de un tubo de impedancia basado en la norma UNE EN-ISO 10534-2 para la determinación del coeficiente de absorción acústica para materiales aislantes, aplicados en actividades de mantenimiento”, del autor Jimmy Leonel Aguinda Criollo realizado en el año 2022, estableció una metodología para la construcción del tubo de impedancia acústica según los parámetros especificados en la norma. El cual será de mucha utilidad en el área del mantenimiento, el equipo se encuentra en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

Es esencial que el sistema pueda medir la presión acústica en dos puntos de micrófono diferentes y calcular la función de transferencia "H" entre ellos, es recomendable que el rango dinámico del analizador sea de al menos 65 dB, donde se pueda considerar la longitud de onda parámetro importante que permite conocer la separación entre dos puntos de la onda en fase que se generan entre dos máximos o mínimos consecutivos de la onda, la longitud de onda y la frecuencia son magnitudes inversamente proporcionales. Considerar que las ondas de sonido audibles tienen una longitud de onda entre menos de 2 y alrededor de 17 cm.

El sonido es una perturbación que se propaga en el aire. Imaginamos un tubo lleno de aire con un pistón en un extremo. Dentro del tubo hay muchas pequeñas partículas de aire. Al principio, el aire en el tubo no se mueve, o, en términos técnicos, está en equilibrio. El equilibrio es dinámico, las moléculas se mueven caóticamente en todas direcciones debido a la agitación térmica, y están homogéneamente repartidas en el tubo.

El sonido se define como una perturbación que se propaga a través del aire. Esto significa que el sonido se transmite mediante ondas que se desplazan a través del medio aéreo. Para considerar como ejemplo se puede imaginar un tubo lleno de aire con un pistón en uno de sus extremos, en su interior hay una multitud de diminutas partículas de aire que inicialmente está en reposo, o, en términos técnicos, se encuentra en equilibrio. Este equilibrio es dinámico lo que representa que las moléculas se mueven de manera caótica en todas direcciones debido a la agitación térmica y están distribuidas de manera uniforme a lo largo de este elemento.

La absorción acústica es la conversión de energía de una onda sonora en energía térmica. Cuando una onda acústica llega a un material, parte de su energía es reflejada, otra parte es absorbida como energía calorífica, y el resto la atraviesa. La cantidad de energía que se convierte en calor varía según la capacidad de absorción de sonido del material.

El coeficiente de absorción acústica expresa las propiedades absorbentes de sonido de un material en diferentes frecuencias. El coeficiente de absorción acústica se calcula como la proporción de energía sonora absorbida y la energía sonora incidente. Es sin dimensiones y va de 0 (reflexión total) a 1 (absorción total).

El empleo de un manual de operación y mantenimiento ayuda a proteger y conservar los elementos del equipo llamado tubo de impedancia, disminuyendo costos y aumentando su vida útil y de trabajo de manera eficiente para los ensayos que se realizaran con el mismo, para lo cual se desarrolla un procedimiento metodológico para elaborar estos documentos para el tubo de impedancia acústica, mediante la revisión de trabajos de investigación, estudios previos realizados y bibliografía específica.

Los manuales de operación y mantenimiento se fundamentan en varias normativas a tomar en cuenta para su posterior implementación, con lo cual se ha logrado a través del tiempo un correcto uso y funcionamiento de sistemas, equipos y herramientas, empeladas en distintas áreas, como la construcción, diseño y fabricación de elementos de máquinas entre otros.

Metodología

El tubo de impedancia acústica fue diseñado en materiales de acero inoxidable y cuenta con varios elementos que permiten realizar análisis de impedancia acústica con el fin de poder determinar la capacidad de absorción acústica de distintos materiales en condiciones de laboratorio para su estudio y de la misma manera con la elaboración de manuales con los que se le podrá dar el uso adecuado y el mantenimiento correspondiente, equipo utilizado en la escuela de Mantenimiento Industrial de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

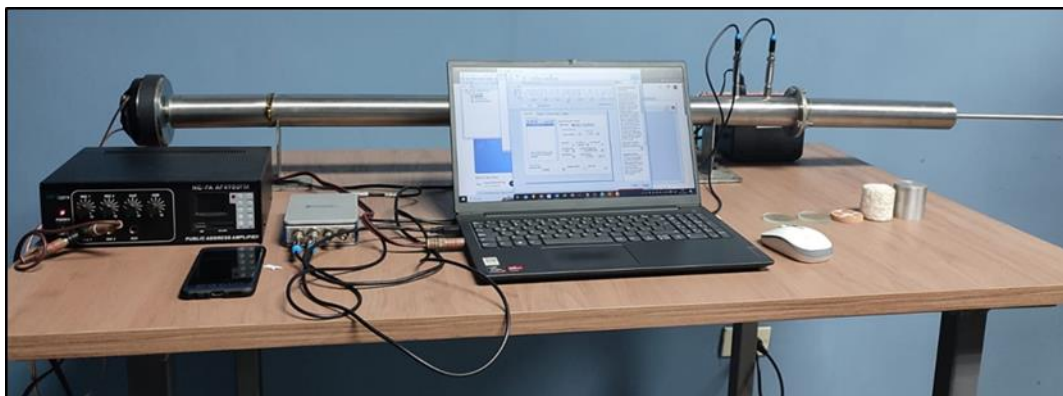
Datos técnicos del tubo de impedancia acústica

Se detalla información correspondiente a las partes principales del equipo

Tabla 1: Datos técnicos del tubo de impedancia acústica

INFORMACIÓN INICIAL.				
Código del tubo de impedancia acústica			FAME-EI-TI01	
Equipo		Tubo de impedancia acústica		
Ubicación: ESPOCH, Facultad de Mecánica, Laboratorio de Materiales				
PARTES PRINCIPALES DEL MÓDULO DEL TUBO DE IMPEDANCIA ACÚSTICA				
#	Nombre	Cantidad	Marca	Característica
1	Tubo de acero inoxidable	1		AISI-304
2	Tarjeta de adquisición de datos	1	National Instruments	Ni USB-9234
3	Micrófonos	2	PCB Piezotronics	¼ Tipos de micrófonos de condensador 130F20
4	Altavoz	1	EM3	ESM6
5	Amplificador	1		

Figura 1: Partes del tubo de impedancia acústica



Diagnóstico de componentes del tubo de impedancia acústica

Previo a la elaboración de los manuales de operación y mantenimiento del tubo de impedancia acústica es necesario poner en marcha el equipo y realizar la verificación de su buen funcionamiento por medio de ensayos.

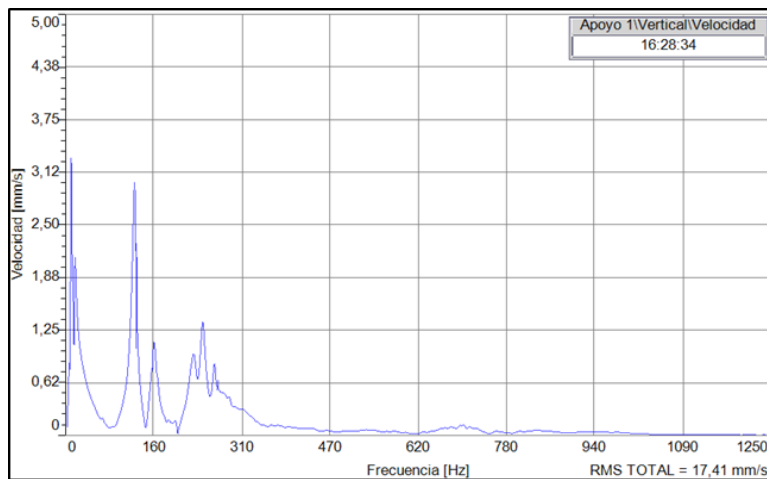
Usando un analizador de vibraciones VibraCheck se podrá determinar la frecuencia natural del módulo en el cual se realizarán los ensayos con los distintos materiales.

Figura 2: Análisis vibracional del tubo de impedancia acústica



La frecuencia natural se la expresa por medio de ondas en las cuales se aprecia los picos tanto de 1x como 2x sucesivamente, estos nos permiten hallar la frecuencia en la cual operará sin errores y posterior permitirá modificar detalles para su correcto funcionamiento.

Figura 3: Frecuencia natural del tubo de impedancia acústica 1x



Al verificar la correcta operación del equipo se procede a indicar que el dispositivo es útil y confiable para las pruebas que se van a realizar en éste, siendo el siguiente paso la implementación de los manuales de operación y de mantenimiento correspondiente.

Ubicación del banco de pruebas (tubo de impedancia acústica)

Para la ubicación del módulo de trabajo se tomó en cuenta las dimensiones del laboratorio en el cual funcionará y de tal manera tener un área adecuada para su instalación y posterior uso.

Figura 4: Puesto de trabajo del tubo de impedancia acústica



Diseño del manual de operación necesario para el manejo del tubo de impedancia acústica

Es necesario implementar un manual de operación, como también de los pasos necesarios para el correcto funcionamiento del equipo, ya que su incorrecta manipulación desembocaría en fallas de análisis o daños en cada uno de los elementos que conforman el tubo de impedancia, siendo estos de difícil reemplazo ya sea por su elevado costo o su difícil acceso en el mercado.

Figura 4: Operación del tubo de impedancia acústica

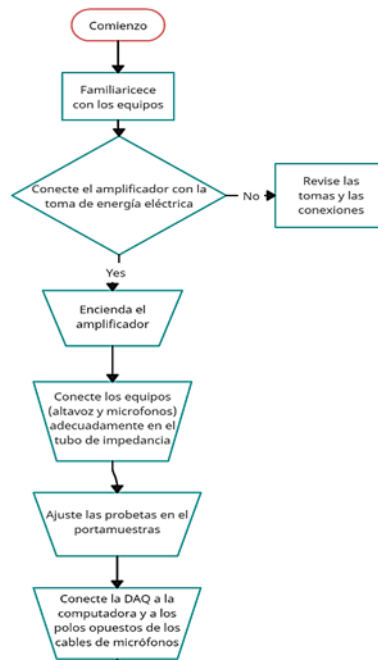
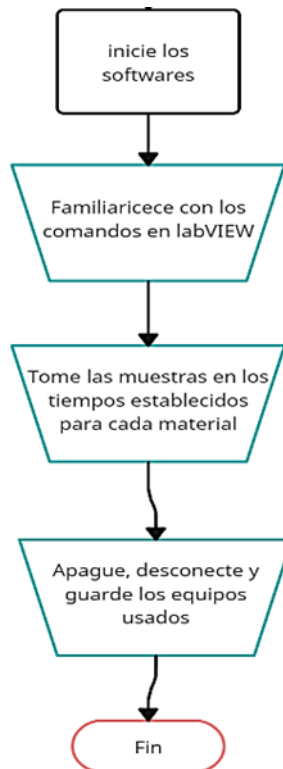


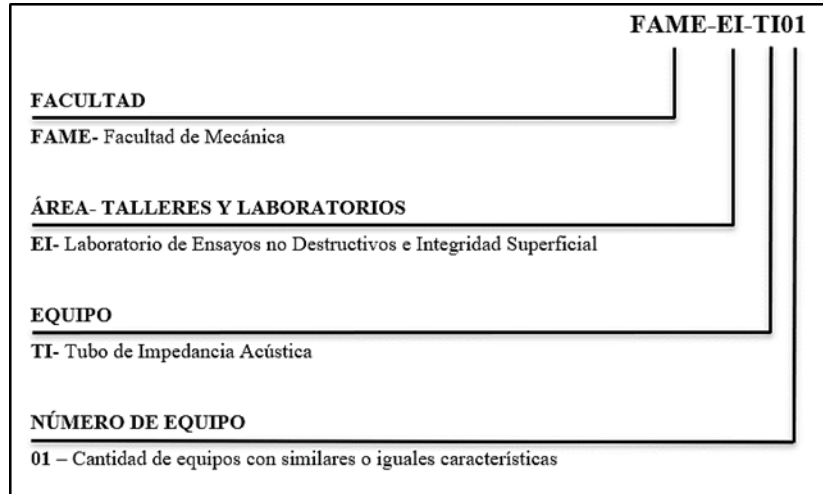
Figura 5: Manejo de la interfaz del tubo de impedancia acústica



Manual de mantenimiento para el tubo de impedancia acústica

Se entiende como manual a una guía en la que se ejecutan acciones técnicas, operativas y de mantenimiento de los equipos y elementos que conforman un equipo, taller o laboratorio, con la finalidad de asegurar su disponibilidad y confiabilidad operativa del equipo.

Figura 6: Codificación técnica del tubo de impedancia acústica



Determinación del estado de criticidad de los elementos del tubo de impedancia acústica

Para el análisis de criticidad se utiliza la metodología semicuantitativa, que es de fácil manejo, en la que se emplea la frecuencia de fallos y criterios de evaluación enfocados en identificar el grado de impacto en las áreas: operacionales, verifica la flexibilidad operacional, evalúa el impacto en los costos de mantenimiento y el impacto en la seguridad humana y el ambiente. Se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 2: Elementos de muy alta criticidad


ZONA DE CRITICIDAD MA: MUY ALTA CRITICIDAD	
Código	Descripción
FAME-EI-TI01	Tarjeta de adquisición de datos NI-USB-9234
FAME-EI-TI01	Micrófonos

Tabla 3: Elementos de baja criticidad

ZONA DE CRITICIDAD B: BAJA CRITICIDAD	
Código	Descripción
FAME-EI-TI01	Tubo de acero inoxidable AISI-304
FAME-EI-TI01	Altavoz
FAME-EI-TI01	Cableado de adquisición

Ficha técnica del tubo de impedancia acústica

Tabla 4: Ficha técnica del tubo de impedancia acústica

Tubo de Impedancia Acústica	Ficha 1-2			
DATOS TÉCNICOS – PARTES PRINCIPALES	Inventario:01			
	Manuales de Fabricante: No			
ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA	Sección: Taller de fundición			
EQUIPO	DATOS TÉCNICOS			
	Marca	Modelo	Serie	
	No	No	No	
	Color	País de origen	Serie	
	Plata	Ecuador	01	
	Características Generales			
	Diámetro del tubo ext: 50.8mm int: 48,8mm			
	Capacidad: 3000 Hz			
	Datos técnicos De la DAQ			
	Marca	NI	Modelo	9234
	Capacidad	102 dB	Frecuencia	25.6 kHz

Banco de tareas de mantenimiento

Tabla 5: Tareas de mantenimiento del tubo de impedancia acústica

 		TAREAS DE MANTENIMIENTO					
Versión: 2024		TUBO DE IMPEDANCIA ACÚSTICA					
#	Tareas	Ide.	Superficie	#	Tareas	Ide.	Superficie
1	LIMPIEZA EXTERNA	a	Equipo	2	LIMPIEZA INTERNA	a	Tubo de acero inoxidable
		b	Mixtos				
#	Tareas	Ide.	Superficie	#	Tareas	Ide.	Superficie
3	INSPECCIÓN	a	Externa	4	AJUSTES	a	Internos
		b	Interna			b	Externos
#	Tareas	Ide.	Superficie	#	Tareas	Ide.	Superficie
5	PRUEBAS FUNCIONALES	a	Completa	6	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	a	Bocines
		b	Por partes			b	Acoples
						c	Pintura

Resultados y Discusión

Para entender de manera concreta cómo opera y los pasos necesarios para el mantenimiento del tubo de impedancia acústica, se da una guía, esto ayudará de manera que los estudiantes y personal que realice pruebas en el equipo lo realicen adecuadamente con el tiempo necesario para cada ensayo.

Presentación del manual de operación

El propósito de esta guía es proporcionar las herramientas y la información necesarias para operar adecuadamente el banco de pruebas denominado tubo de impedancia acústica. Para la operación se presentan siete pasos fundamentales, que garantiza el correcto manejo apoyado de los estándares presentes en normas internacionales como la UNE EN ISO 10534-2 esto permitirá preservar la vida útil del equipo.

Este manual aplica desde la ubicación de cada uno de los equipos en las posiciones correspondientes, pasando por las instalaciones y conexiones necesarios entre ellos para poder realizar las mediciones.

Posterior se realizará la toma de mediciones por parte de los estudiantes, con el uso de los programas previamente instalados, y conociendo el uso del interfaz y cada uno de sus respectivos comandos y teniendo en cuenta las variables necesarias que se pueden modificar con cada uno de los elementos que se analicen

Tabla 6: Guía para el uso del tubo de impedancia acústica

GUÍA DE OPERACIÓN PARA EL TUBO DE IMPEDANCIA ACÚSTICA		Ficha 2-2	
ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA		Aplica a:	
SECCIÓN: LABORATORIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS E INTEGRIDAD SUPERFICIAL		FAME-EI-TI01	
DESCRIPCIÓN: Se le llama tubo de impedancia acústica, al equipo que consiste en un tubo hueco con un porta muestras unidos por una brida, contiene 2 bocines en los cuales se conectan dos micrófonos piezoeléctricos, en uno de sus extremos está conectado a un altavoz que emite las señales a estudiar, las cuales pasan por un amplificador hacia una DAQ que mediante programación transfiere esta información hacia los micrófonos y hasta un ordenador para la simulación y análisis.			
SEGURIDAD:	PROCESO	DESCRIPCIÓN	CONTROL
Utilice mandil y equipo auditivo de seguridad correspondiente para el uso del tubo de impedancia		Conecte el amplificador a la fuente de energía eléctrica cómo también al cortapicos.	Asegurarse que los polos del amplificador coincidan mediante color con los del altavoz para su correcto funcionamiento
		El tubo de impedancia funciona en conjunto con un ordenador un amplificador. Los	Realice pruebas en el equipo con ruido blanco antes de los ensayos

	<pre> graph TD Start([Comienzo]) --> Familiarize[Familiaricece con los equipos] Familiarize --> Connect{Conecte el amplificador con la toma de energía eléctrica} Connect -- No --> Revise[Revise las tomas y las conexiones] Revise --> Connect Connect -- Yes --> Encienda[/Encienda el amplificador/] Encienda --> Conecta[Conecte los equipos (altavoz y microfones) adecuadamente en el tubo de impedancia] Conecta --> Ajuste[/Ajuste las probetas en el portamuestras/] Ajuste --> ConectaDAQ[Conecte la DAQ a la computadora y a los polos opuestos de los cables de microfones] ConectaDAQ --> Inicia[inicie los softwares] Inicia --> FamiliarizeLab[Familiaricece con los comandos en labVIEW] FamiliarizeLab --> Toma[Tome las muestras en los tiempos establecidos para cada material] Toma --> Apague[/Apague, desconecte y guarde los equipos usados/] Apague --> Fin([Fin]) </pre>	<p>equipos deben estar encendidos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conecte el amplificador al altavoz, luego la DAQ con los micrófonos en el tubo de impedancia y por último mediante un cable de transmisión de datos al ordenador desde la DAQ • Abra LabVIEW y Matlab • Abra la aplicación desarrollada para los análisis • Coloque las instrucciones necesarias de frecuencia y de amplitud. • Ingrese las muestras en el porta muestras con una película lubricante (vaselina). 	<p>Con la operación de los equipos evitar generar ruidos externos para que los ensayos funcionen de manera adecuada. Al realizar el manejo del software guardar los ensayos de manera adecuada como se muestra en la guía para no tener inconvenientes. Al procesar las señales darse cuenta de las variaciones entre uno y otro material.</p>
--	---	---	--

		<ul style="list-style-type: none">• Arranque el programa y tome las muestras necesarias.• Apague y desconecte los equipos, guárdelos y manténgalos seguros.	
--	--	--	--

Determinación de las muestras de ensayo

Para realizar los ensayos en el tubo de impedancia acústica se debe tener en cuenta algunos parámetros correspondientes a cada material con el que se va trabajar, como: densidad, volumen y masa.

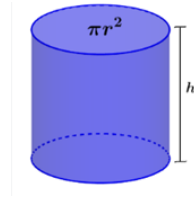
Material: Bloque

Figura 7: Bloque



Densidad ρ : 1.75 g/cm^3

Volumen: $v = \pi r^2 * h$



$$v = [\pi (24.4)^2 * 20] \text{ mm}^3$$

$$v = 37.40757 \text{ mm}^3$$

$$v = 3.74075 \text{ cm}^3$$

Masa Total: $m = v * \rho$

$$m = 3.74075 \text{ cm}^3 * 1.75 \text{ g/cm}^3$$

$$m = 6.546 \text{ g}$$

Material: Ladrillo

Figura 8: Ladrillo



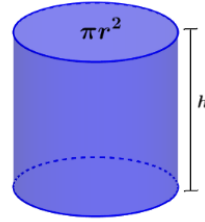
Densidad ρ : 1.95 g/cm^3

Volumen: $v = \pi r^2 * h$

$$v = [\pi (24.4)^2 * 40] \text{ mm}^3$$

$$v = 74.8153 \text{ mm}^3$$

$$v = 7.4815 \text{ cm}^3$$



Masa Total: $m=v*\rho$
 $m= 7.48153\text{cm}^3 * 1.95 \text{ g/cm}^3$
 $m=14.586 \text{ g}$

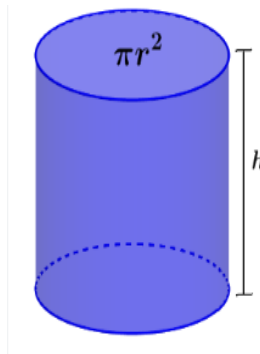
Material: Cerámica

Figura 9: Cerámica (Baldosa)



Densidad ρ : 0.23 Kg/m^3

Volumen: $v= \pi r^2 * h$
 $v=[\pi (24.4)^2 * 0.5] \text{mm}^3$
 $v = 33.5189 \text{ mm}^3$
 $v= 3.3518 \text{cm}^3$



Masa Total: $m=v*\rho$
 $m= 3.3518\text{cm}^3 * 23 \text{ g/cm}^3$

m=7.07 g

Análisis de los ensayos realizados

Figura 10: Impedancia vs frecuencia micrófono 1

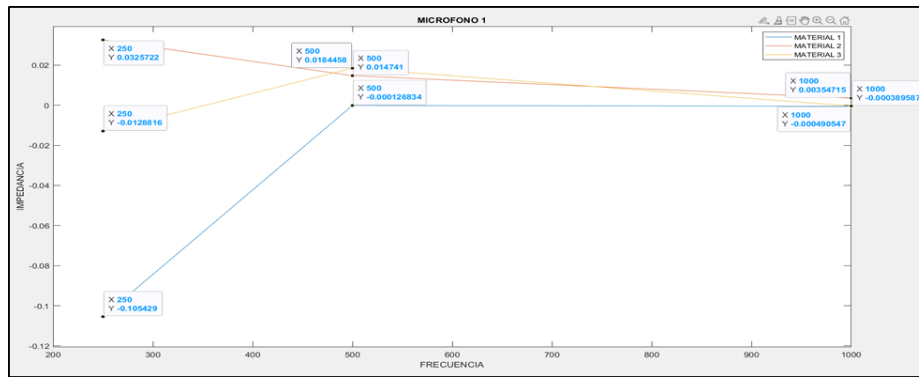


Tabla 7: Impedancia acústica micrófono 1

Material	F(Hz)	$Z\left(\frac{\text{Pa}\cdot\text{s}}{\text{m}}\right)$
bloque	250	-0.1054
	500	-0.00001
	1000	0.0004
Ladrillo	250	0.0325
	500	0.0146
	1000	0.0035
Cerámica	250	-0.0128
	500	0.0184
	10000	-0.0003

Figura 11: Impedancia vs frecuencia micrófono 2

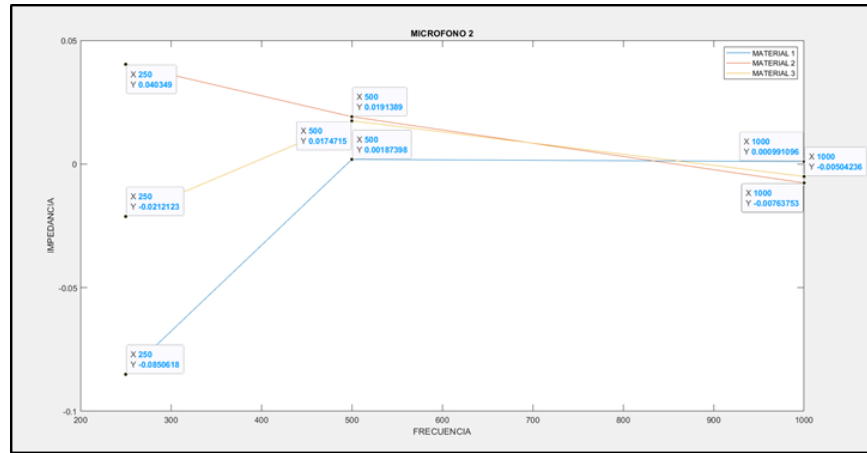


Tabla 8: Impedancia acústica micrófono 2

Material	F(Hz)	$Z(\frac{P*s}{m})$
bloque	250	-0.0850
	500	0.0018
	1000	0.0009
Ladrillo	250	0.0403
	500	0.0191
	1000	-0.0076
Cerámica	250	-0.0212
	500	0.0174
	10000	-0.0050

Mantenimiento del tubo de impedancia acústica

Tabla 9: Plan de mantenimiento del tubo de impedancia acústica

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	Área:	Elemento: Tubo de acero inoxidable AISI-304	Facilitador	Página Pág: 1-1
	Ensayos no destructivos	Código:	Auditor	
	Sistema:	Realizado por:	Fecha de la auditoria:	
	Tubo de Impedancia Acústica	Autor	1/08/2023	

Función	N	Falla Funcional	Modo de Fallo Nivel 1	Efecto de Falla		Consecuencia
1 Producir ondas planas entre la fuente y la muestra	A	No producir ondas planas entre la fuente y la muestra	Tubo obstruido por acumulación de polvo y humedad	Evidente	Atasca miento de la muestra	
				Afectaciones	Afectación a la toma de datos	
				Tiempo de parada	La parada promedio es de 20 min para realizar la limpieza del tubo	
				Tarea correctiva	Limpieza interior del tubo	
				Probabilidad de ocurrencia	1 mes	

Conclusiones

Un proceso adecuado de revisión bibliográfica con información relacionada a los métodos y técnicas para la elaboración de manuales de operación y mantenimiento de tubos de impedancia

acústica ha permitido generar un documento que abarca datos técnicos, pasos para el funcionamiento y recomendaciones de mantenimiento y seguridad.

El manual de operación implementado detalla los pasos a seguir de manera consecutiva y precisa para la correcta operación del equipo, el formato resulta útil para los estudiantes, optimizando los procesos y evitando la inadecuada manipulación del mismo.

El modelo resultante incluye varios campos de aplicación útiles para fomentar un correcto desenvolvimiento, limpieza y reparación de cada uno de los elementos que conforman el banco de pruebas, obteniéndose historiales de falla y procedimientos con la finalidad de preservar el equipo en las mejores condiciones posibles.

Los ensayos realizados, utilizaron tres tipos de materiales: bloque, ladrillo y cerámica, arrojando resultados de impedancia en base a frecuencias de 250, 500, 1000 Hz, mismas que son soportables por el oído humano. Mediante la base de datos realizada en LabVIEW y Matlab analizando y comparando las impedancias de cada uno de los materiales, se ha obtenido como resultado el nivel de disipación de ruido tanto para el micrófono uno y el micrófono dos en los distintos materiales.

Referencias

1. ACURIO, David. Desarrollo de manuales de operación, seguridad y mantenimiento de los equipos del laboratorio de motores de combustión interna y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica. Riobamba-Ecuador. 2017. pág. 6. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9201/1/15T00680.pdf>
2. AGUINDA, Jimmy. Utilización de un tubo de impedancia basado en la norma UNE EN-ISO 10534-2 para la determinación del coeficiente de absorción acústica para materiales aislantes, aplicados en actividades de mantenimiento [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica. Riobamba-Ecuador. 2022. págs. 1-104. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/20876/1/25T00536.pdf>
3. AMAZON. EMB Monitor de estudio, 5" x 5" x 3 (ESM6). Amazon [en línea] 2023. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/ESM6-EMB-Monitor-estudio/dp/B00CIATOFM>.

4. CASTAÑEDA, Jaime. “Medición del coeficiente de absorción del sonido”. *Scientia Et Technica*, vol. 10, núm. 25 (2018). págs. 101-106.
5. CEDINOX. Acero inoxidable. CEDINOX [en línea]. 2022. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.cedinox.es/es/acero-inoxidable/que-es-el-acero-inoxidable/>
6. CORRALES, Andrés. Implantación de un sistema de gestión de la calidad según ISO 9001 [en línea]. Madrid-España: Universidad de Madrid. 2022. pág. 16. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: https://oa.upm.es/44096/1/PFC_ANDRES_CORRALES_OJEADO.pdf
7. FLORES, Mario. “Base de datos de coeficientes de absorción sonora de diferentes materiales”. *Acoustics and Vibrations (A)* [en línea], 2016, 32(34). págs. 2901-2908. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: <https://cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/view/4527>
8. MEJÍA, Diego. Diseño e implementación de un manual de operación y mantenimiento para los laboratorios de electrotecnia, electrónica, máquinas eléctricas y vibraciones, de la Facultad de Mecánica (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica. Riobamba-Ecuador. 2018. págs. 2-89. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3142/1/15T00560.pdf>
9. MONTERROSO, Ana. Diseño e implementación de un manual de seguridad e higiene industrial, para la planta de operación de Prolacsa [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Guatemala. 2007. pág. 26. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1788_IN.pdf
10. NTX DISTRIBUTION. ¿Qué es un amplificador de audio y para qué sirve? NTX DISTRIBUTION [en línea]. 2022. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.ntxdistribution.com/post/qué-es-un-amplificador-de-audio-y-para-qué-sirve#:~:text=Son%20dispositivos%20electrónicos%20que%20permiten,su%20aplicación%20en%20diferentes%20ámbitos...>
11. PIEZOTRONICS, PCB. ICP Electret Array Microphone. PCB PIEZOTRONICS AN AMPHENOL COMPANY [en línea]. 2023. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.pcb.com/products?m=130f20>

12. SALAZAR, María. Percepción de riesgos y clima de seguridad en estudiantes usuarios de laboratorios académicos en instituciones de educación superior de Sonora [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo, A.C. Sonora-México. 2018. pág. 24. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/791/1/Salazar%20Escoboza%20MA_2018_MDR.pdf
13. SARABIA, Arnay. Estudio de la precisión en la determinación del coeficiente de absorción acústica en tubo de impedancia [en línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid-España. 2014. págs. 1-151. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: https://oa.upm.es/32511/1/tesis_master_hector_arnay_sarabia.pdf
14. TORNER RUBIES, M. Tubo de impedancia en medio acuático. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena-Colombia. 2018.
15. WILSON, Margaret “Six views of embodied cognition”. *Psychonomic bulletin y review*. vol. 9, núm. 4 (2002), págs. 625-636.

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).