

Actividades experimentales para el estudio de las cualidades del sonido y el fenómeno de la refracción

Leidy Yohanna Arévalo Pulido

2014146003

Línea de profundización:

La Actividad Experimental para la Enseñanza de la Física

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física

Bogotá D.C.

2019

Actividades experimentales para el estudio de las cualidades del sonido y el fenómeno de la refracción

Leidy Yohanna Arévalo Pulido

Trabajo de grado para optar al título de Licenciatura en Física

Asesores

Marina Garzón Barrios

José Francisco Malagón Sánchez


Universidad Pedagógica Nacional de Colombia

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física

Bogotá D.C.

2019


 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Revolución y Educación</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 6	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de Grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Actividades experimentales para el estudio de las cualidades del sonido y el fenómeno de la refracción
Autor(es)	Arévalo Pulido, Leidy Yohanna
Director	Garzón Barrios, Marina; Malagón Sánchez, José Francisco
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2019. 106 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	REFRACCIÓN DEL SONIDO; VELOCIDAD DEL SONIDO; ENSEÑANZA DE LA FÍSICA; FRECUENCIA DE RESONANCIA


2. Descripción
<p>El presente trabajo es el resultado de una reflexión sobre la enseñanza de la física con estudiantes de grado once.</p> <p>En términos generales, la finalidad de este trabajo es llevar al aula de clase una secuencia de actividades experimentales que le permitan a los estudiantes tener herramientas suficientes para abordar el fenómeno del sonido, y a través de ello identificar las características que le asignan al fenómeno del sonido cuando realizan actividades experimentales.</p> <p>Por otra parte, el trabajo profundiza en la actividad experimental que permite comprender el fenómeno de la refracción del sonido, para esto fue necesario diseñar las actividades experimentales, el equipo y material de laboratorio para poder hablar de lo que se entiende por sonido y bajo qué características se puede hablar de este fenómeno antes de abordar el fenómeno de la refracción del sonido.</p>

3. Fuentes
<p>¿Qué es Audacity? (n.d.). Retrieved April 5, 2018, from Cibercolegio U.C.N; Católica del norte website: http://www.ucn.edu.co/Biblioteca Institucional Cemav/Centro-Ayudas/c-software/documentos/AUDACITY.pdf</p> <p>Arias, P. G. (2015). <i>Propagación del sonido en exteriores en condiciones de niebla</i> (Universidad de Valladolid). Retrieved from https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/17451/1/Tesis1049-160623.pdf</p> <p>Ayala, M. M., Malagón, J. F., & Sandoval, S. (2011). <i>Magnitudes, medición y fenomenologías</i>. 24, 43–54.</p> <p>Belén, A., & Martínez, Á. (2013). <i>Desarrollo de actividades sobre el sonido e influencia en las ideas previas</i>. Universidad de Valladolid.</p> <p>Brito, K. Y. U. (2009). EXPERIMENTO: UNA HERRAMIENTA FUNDAMENTAL PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA. <i>Noviembre</i>, 4(1), 35–40. Retrieved from http://comunidad.udistrital.edu.co/geaf/files/2012/09/2009Vol4No1-009.pdf</p>

Bruner, J. S. (1995). *Desarrollo cognitivo y educación* (segunda). Retrieved from

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Revolución y Educación</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 2 de 6	

- http://www.terras.edu.ar/biblioteca/1/CRRM_Bruner_Unidad4.pdf
 Características y funciones de Audacity. (n.d.). Retrieved April 5, 2018, from <http://audacity.org.es/funciones/>
- Coronado, G. R. P. (2014). *Propuesta didáctica para la enseñanza aprendizaje del fenómeno de la refracción de las ondas mecánicas y su aplicación para el estudio del interior de la tierra*. Universidad Nacional de Colombia.
- Cros, A., & Ferrer-roca, C. (2011). Física por un tubo . Mide la velocidad del sonido en el aire y diviértete con los tubos sonoros. *Revista Eureka*, 8, 393–398.
- Díaz, E.; Elórtégui, N.; Esparza, M.; Fernández, J.; Martín, M.; Moreno, T. ., & Pérez, J.; Recuenco, A.; Rodríguez, F. (1990). Unidad ondas. Retrieved from Grupo Blas Cabrera Felipe website: http://www.grupoblascabrera.org/webs/ficheros/02_Unidades/Ondas.pdf
- Finn, B. S. (1964). Laplace and the Speed of Sound. *Isis*, 55(1), 7. <https://doi.org/10.1086/349791>
- Fourty, A. L. (2011). experimentos para el aula-laboratorio Módulo 2 sonido. Retrieved November 21, 2017, from <https://es.slideshare.net/noemidesmedt/mdulo-2-sonido2011>
- Fourty, D. A. L. (n.d.). *El sonido*.
- Franklin, A. (1999). The Roles of Experiment *. *Physics in Perspective*, 1, 35–53.
- Ganot, A. (1862). *Tratado elemental de física experimental y aplicada y de meteorología* (tercera). Retrieved from https://sirio.ua.es/libros/BEducacion/tratado_elemental_fisica/index.htm
- Ganot, A. (1885). *Tratado elemental de física* (19th ed.). Paris.
- Ganot, A. (1897). *Tratado elemental de física* (21st ed.; 1897 Librería de la Vda. de Ch. Bouret, Ed.). Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=XRNDAAAIAAJ&q=inauthor:%22Adolphe+Ganot%22&dq=inauthor:%22Adolphe+Ganot%22&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjLj6Lg3fTmAhURnawKHcWzAowQ6wEIMjAB>
- Ganot, A. (2003). *Tratado elemental de Física Tratado elemental de Física*.
- Helmholtz, Hermann von. (1895). On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music. Retrieved September 11, 2018, from <https://archive.org/details/onsensationsofto00helmrich>
- Hugh D. Young, R. A. F. (2009). *Física Universitaria* (Decimosegu, Vol. 1). Retrieved from <https://es.slideshare.net/guillermoacevedovivanco/fisica-universitariasearszemansky12vaedicionvol1-60840960>
- Malagón Sánchez, F., Sandoval Osoriol, S., & Ayala Manrique, M. M. (2013). *LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL : CONSTRUCCIÓN DE FENOMENOLOGÍAS Y PROCESOS DE FORMALIZACIÓN*. (36), 119–138.
- Malagon Sanchez, J. F., Ayala Manrique, M. M., & Sandoval Osorio, S. (2013). *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización un sentido para la enseñanza de las ciencias*. Bogota: JAVEGRAF.
- Murguía Gutiérrez, M. G., Lozano Guzmán, Alejandro Gómez Ramírez, R., & García Olguín, M. (2007). Manual de experimentos “la ciencia si puede ser divertida.” Retrieved April 24, 2018, from CONCYTEQ ciencia y tecnología para niños, gobierno del estado de queretaro secretaria de educacion, USEBEQ website: <http://www.concyteq.edu.mx/PDF/Experimentos para Primaria-CONCYTEQ-USEBEQ.pdf>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Dependencia del Poder Judicial</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 3 de 6	

Paul G. Hewitt. (2007). *física conceptual* (decima). Retrieved from <https://pperalta.files.wordpress.com/2016/10/fc3adsica-conceptual-hewitt.pdf>

Piñol, Nuria. Abellán, Javier. Molina, R. G. (2009). Se “ ve ”, se siente ... el sonido está presente. *ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES*, (3), 8Prensky, M. (2001). Nativos digitales, inmigrantes digitales. *MCB University Press*, 9(6), 7. Retrieved from https://issuu.com/aprenderapensar/docs/nativos_digitales_1

Rayleigh Strutt, J. W. (1877). The Theory of Sound. *The Theory of Sound*, pp. v–vi. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139058087>

Rayleigh Strutt, J. W. (1896). *The Theory Of Sound* (2nd ed.). New york: Dover publications.

Schurmann, P. F. (1946). *historia de la física* (ed II, vol). Buenos Aries: Nova.

Segura, L. E. (n.d.). Medida de la velocidad de propagación en líquidos en el rango de las bajas frecuencias ultrasónicas. *Tecniacustica*, 1–7.

Tippens, paul E. (n.d.). *física conceptos y aplicaciones* (septima). Retrieved from <https://es.slideshare.net/EzioCordovaHernandez/fisica-conceptos-y-aplicaciones-7ma-edicion-tippens>

Tirso de Olazabal. (1998). *Acustica musical y organologia*. Buenos Aries: Ricordi.


Varela, D., Bustamante, Á., Dueñas, J., & Vinasco, M. (2017). Guía para prácticas experimentales de física U. de La Salle. Retrieved February 17, 2020, from Universidad de la Salle website: <http://catalogo.aseuc.org.co/guia-para-practicas-experimentales-de-fisica-ondas-y-termodinamica-basica-fisica.html>

Velasco, S., Roman, F. L., Gonzalez, A., & White, J. A. (2004). A computer-assisted experiment for the measurement of the temperature dependence of the speed of sound in air. *Am. J. Phys.*, 72(2), 276–279. <https://doi.org/10.1119/1.1611479>

4. Contenidos

En el **capítulo I, titulado planteamiento del problema y primeros antecedentes teóricos**, se problematiza este fenómeno del sonido y se presenta un marco general de la actividad experimental que hicieron algunos científicos para determinar la velocidad del sonido. Se presenta una revisión de los textos educativos más utilizados para abordar determinado fenómeno, y se establece un panorama alrededor de las actividades experimentales que se utilizaron en el aula de clase. Durante este capítulo se presenta la pregunta de investigación, los objetivos y las características generales de esta propuesta.

En el **capítulo II, titulado organización de las cualidades del sonido**, se presentan algunos aspectos de la obra *On the sensations of tones as a physiological basis for the theory of music*, de (Helmholtz, Hermann von, 1895), quien organiza las características perceptibles del sonido, en este capítulo se resalta la diferencia entre que se entiende por sonido y ruido, y se precisa qué es y a qué se le considera fuente sonora. Se presenta, además, la primera secuencia de actividades que se propone para el aula y el análisis que se hace a la respuesta que se obtienen de los estudiantes, en torno a las características descritas en este capítulo.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Revolución y Liberación</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 4 de 6	

En el **capítulo III, clasificación del sonido según Helmholtz y actividades de aula**, se dan a conocer las características que permiten hacer una clasificación del sonido, la cual se hace según el volumen o intensidad, el tono y el timbre, identidades que permiten hacer una distinción entre sonidos débiles, fuertes, graves, agudos, así como reconocer las fuentes que genera cada uno de los sonidos y, por otro lado, identificar que cada fuente sonora tiene una representación en particular, representaciones que se pueden obtener de las vibraciones de una fuente sonora. Al igual que en capítulo anterior aquí también se da a conocer la segunda secuencia de actividades que se proponen para el aula y el análisis de esta.


En el **capítulo IV, refracción del sonido**, se presenta el diseño del montaje experimental que permite percibir y caracterizar el fenómeno de la refracción del sonido y las diferentes consideraciones que se hicieron para su construcción. En este capítulo se presenta los datos que se obtuvieron durante la práctica, así como el análisis de estos datos. Al igual que las conclusiones obtenidas en torno a la medición y las características de la refracción.

5. Metodología

Se realiza inicialmente un reconocimiento de las características y propiedades del fenómeno del sonido, así como del fenómeno de refracción mediante la revisión de los estudios ya realizados sobre este fenómeno, de manera tal que brindara información para el diseño del montaje experimental que permitiera evidenciar la variación de la velocidad del sonido a diferentes temperaturas. Se diseña una secuencia de actividades experimentales al rededor del fenómeno del sonido las cuales se llevaron al aula, para evidenciar la caracterización que hacen los estudiantes. Por otra parte, se realiza un análisis a los datos que se obtienen del montaje diseñado para evidenciar el fenómeno de la refracción del sonido.

6. Conclusiones

Las diferentes secuencias de actividades experimentales que llevé al aula, así como las que se proponen para el estudio del fenómeno de refracción del sonido, me permitieron reconocer la importancia de la actividad experimental en el aula de clase, permite la organización de experiencias, así como en los procesos de construir magnitudes al igual que formas de medida. También la actividad experimental propicia la construcción y ampliación de una base fenomenológica a partir de hechos de observación que son luego estructurados para dar una organización conceptual del fenómeno. Desde este punto de vista el experimento juega el papel de organizador y formalización en la enseñanza de las ciencias porque con el trabajamos habilidades como la descripción, construcción de relaciones, asignar cualidades durante el desarrollo de una experiencia estamos haciendo una formalización del fenómeno. El experimento es un ente transformador de las experiencias.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Revolución y Liberación</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 4 de 6	

Las diferentes secuencias permitieron que los estudiantes llegaran a caracterizar el fenómeno a partir de las experiencias y los conocimientos que ellos ya tenían, así como el uso de su propio lenguaje para dar construcción a las características del sonido. Cabe resaltar que a medida que los estudiantes avanzaban en el desarrollo de las actividades, sus habilidades de describir, identificar y clasificar mejoraban con el paso de las sesiones, así como el interés por las diferentes actividades.

Las actividades desarrolladas permitieron:

- Generar experiencias de fenómenos físicos que no son comunes en el aula de clase, experiencias que no solo son gratificantes para el aprendizaje del estudiante sino también para el maestro en formación.
- Formalizar el fenómeno a partir de un lenguaje propio de los estudiantes.
- Identificar que las fuentes sonoras producen diferentes sonidos.
- Reconocer que las vibraciones producidas por una fuente sonora se pueden representar.
- Clasificar el sonido en débiles, fuertes, agudos y graves dependiendo de las identidades de volumen o intensidad, tono y timbre.

Durante la experiencia de la toma de datos para evidenciar la variación de la velocidad del sonido, se puede concluir que:

- Los registros que se obtienen de las grabaciones haciendo uso del programa Audacity permite evidenciar que existe una diferencia en las amplitudes, es decir en los decibeles que este registra, cada vez que se hace pasar la frecuencia a diferentes temperaturas, así como también se evidencia que después de un tiempo las amplitudes de esta frecuencia se vuelven constantes. Este comportamiento no solo lo podemos evidenciar a partir de la gráfica que nos da el programa sino cuando escuchamos la grabación de la frecuencia, al inicio de la grabación su intensidad es mayor y después esta disminuye y se mantiene constante, este comportamiento en la intensidad de la frecuencia se debe a la distancia a la que se encuentre el cuerpo sonoro, la densidad del aire que se encuentra próximo a la fuente sonora y la proximidad de la fuente con otro cuerpo.
- Dependiendo del número de frecuencias de resonancia que se logran obtener en las gráficas de decibeles (dB) vs frecuencia (Hz), es decir los picos, estos permitieron hacer al cálculo de la velocidad para cada una de las frecuencias y así obtener una velocidad promedio, uno de los factores a los que se le atribuye que no se logra obtener varios picos en la graficas de decibels (dB) vs frecuencia (Hz) era la temperatura a la que nos encontramos.

Al hacer una comparación entre las frecuencias de resonancia, es decir los picos, cuando estas se encuentran en diferentes temperaturas se evidencia que, aunque es la misma frecuencia para el cálculo, algunos de los picos cambian, es decir que las frecuencias de resonancia se ven afectadas por los cambios de temperatura.

Elaborado por:	Arévalo Pulido, Leidy Yohanna
Revisado por:	Garzón Barrios, Marina; Malagón Sánchez, José Francisco

Fecha de elaboración del Resumen:	07	12	2019
--	----	----	------

Agradecimientos

Me gustaría agradecer en estas líneas a todas las personas que me acompañaron en esta etapa de mi vida profesional.

En primer lugar, doy gracias a Dios por permitirme tener tan grata experiencia de comenzar y finalizar esta carrera y aunque no ha sido sencillo el camino, este ha estado acompañado de nuevas experiencias y de nuevo aprendizaje.

Quiero agradecer a la profesora Marina Garzón Barrios y al profesor José Francisco Malagón por acompañarme en el desarrollo de este trabajo de grado con su sabiduría.

A cada uno de los docentes que con su conocimiento han hecho participe de este proyecto.

A mi mamá Carmen Rosa Pulido, a mi tía María Pulido y hermano Andrés León que siempre ha estado incondicional para apoyarme en cada decisión y proyecto.

A mis compañeros y amigos que han estado a mi lado apoyándome en cada momento y con los que he compartido alegrías y tristezas.

Gracias a mi pareja de vida Andrés Mauricio Rojas por que ha estado en todo momento apoyándome desde que nos conocimos, siempre has estado para darme la mano para finalizar con éxito cada uno de mis proyectos.

Muchas gracias a todas las personas que han estado en mi camino...

Leidy Yohanna Arévalo Pulido

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PRIMEROS ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. ¿Cuáles son los estudios científicos sobre el sonido?	3
1.3. ¿Cómo se aborda el fenómeno del sonido y su refracción en los libros de texto? ..	5
1.4. ¿Cuáles son las propuestas para la enseñanza en las investigaciones universitarias?	6
1.5. Preguntas y motivaciones que orientan la investigación	6
1.6. ¿Por qué hacer énfasis en la actividad experimental?.....	7
1.7. La actividad experimental en el aula de clases	7
1.8. Población con la cual se desarrolló la propuesta	10
1.9. Objetivos	10
1.10. Justificación	10
1.11. Antecedentes experimentales para el estudio y enseñanza del fenómeno del sonido.....	11
1.12. Metodología de investigación en el aula.....	12
CAPÍTULO II. ORGANIZACIÓN DE LAS CUALIDADES DEL SONIDO.....	13
2.1. Caracterización de las sensaciones que puede percibir nuestro oído.....	13
2.2. Caracterización de la fuente y el medio de propagación	14
2.3. Representación de un sonido	15
2.4. Actividades sobre la fuente sonora y el medio de propagación.....	17
2.5. Análisis y conclusiones secuencia 1.	18
CAPITULO III. CLASIFICACIÓN DEL SONIDO SEGÚN HELMHOLTZ Y ACTIVIDADES DE AULA.....	26
3.1. Fuerza, tono y calidad	26
3.1.1. Identidad entre fuerza – volumen y amplitud.....	27
3.1.2. Identidad entre tono, frecuencia y número de oscilaciones... ..	28
3.1.3. Identificando la Relación entre tono y frecuencia con el uso del disco de sirena.....	29
3.1.4. Identidad entre calidad de tono (timbre), fuente sonora y armónicos	30

3.2. Actividades que se proponen para el estudio sobre volumen, tono y timbre, en el aula.....	31
3.3. Análisis y resultado secuencia 2	32
CAPÍTULO IV. REFRACCIÓN DEL SONIDO	38
4.1. Tubos sonoros	38
4.1.1. Leyes que rigen la vibración de los tubos sonoros.....	41
4.2. Montaje experimental para el estudio del fenómeno de refracción	42
4.3. Procedimiento para la toma de datos	44
4.4. Propuesta de actividades para el aula.	50
CONCLUSIONES FINALES	52
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS I. ANÁLISIS DE LA SECUENCIA I.....	56
ANEXO II. ANÁLISIS DE LA SECUENCIA 2	65
ANEXO III. UNIDAD DIDÁCTICA	76
SECUENCIA 1. ¿QUÉ SE NECESITA PARA PRODUCIR SONIDO?	76
Sesión 1. Fuente sonora.....	76
Sesión 2. El diapasón y sus vibraciones.....	79
Sesión 3. El reloj fuera y dentro del agua	80
SECUENCIA 2. ¿CÓMO RELACIONAR LOS EFECTOS SENSORIALES DEL SONIDO CON LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS ONDAS?.....	81
Sesión 1. El volumen.....	81
Sesión 2. El tono.....	82
Sesión 3. El timbre	85
SECUENCIA 3. ¿CÓMO MEDIR LA VELOCIDAD DEL SONIDO?.....	87
Sesión 1. Tubos sonoros.....	87
Sesión 2. Nodos y vientres. Tubo de Kundt.....	92
Sesión 3. Medición de la velocidad del sonido	93

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es el resultado de una reflexión sobre la enseñanza de la física con estudiantes de grado once.

En términos generales, la finalidad de este trabajo es llevar al aula de clase una secuencia de actividades experimentales que le permitan a los estudiantes tener herramientas suficientes para abordar el fenómeno del sonido, y a través de ello, identificar las características que le asignan al fenómeno del sonido cuando realizan actividades experimentales.

Por otra parte, el trabajo profundiza en la actividad experimental que permite comprender el fenómeno de la refracción del sonido, para esto fue necesario diseñar las actividades experimentales, el equipo y material de laboratorio para poder hablar de lo que se entiende por sonido y bajo qué características se puede hablar de este fenómeno antes de abordar el fenómeno de la refracción del sonido.

A continuación, se presenta cada uno de los capítulos que componen el trabajo, los capítulos II, III y IV están constituidos de un marco teórico, el cual permite identificar qué factores son necesarios para generar un sonido y que propiedades permiten caracterizarlo, toda esta organización del marco teórico conlleva a la generación de un apartado de secuencia de enseñanza las cuales aportan a los estudiantes experiencias para hablar del fenómeno del sonido.

En el **capítulo I, titulado planteamiento del problema y primeros antecedentes teóricos**, se problematiza el fenómeno del sonido y se presenta un marco general de la actividad experimental que hicieron algunos científicos para determinar la velocidad del sonido. Se presenta una revisión de los textos educativos más utilizados para abordar determinado fenómeno, y se establece un panorama alrededor de las actividades experimentales que se utilizaron en el aula de clase. Durante este capítulo se presenta la pregunta de investigación, los objetivos y las características generales de esta propuesta.

En el **capítulo II, titulado organización de las cualidades del sonido**, se presentan algunos aspectos de la obra *On the sensations of tones as a physiological basis for the theory of music*, de (Helmholtz, Hermann von, 1895), quien organiza las características perceptibles del sonido, a partir de en este capítulo se resalta la diferencia entre que se entiende por sonido y ruido, y se precisa qué es y a qué se le considera fuente sonora. Se presenta, además, la primera secuencia de actividades que se propone para el aula y el análisis que se hace a la respuesta que se obtienen de los estudiantes, en torno a las características descritas en este capítulo.

En el **capítulo III, clasificación del sonido según Helmholtz y actividades de aula**, se da a conocer las características que permiten hacer una clasificación del sonido, clasificación que se hace según el volumen o intensidad, el tono y el timbre, identidades que permiten hacer una clasificación entre sonidos débiles, fuertes, graves, agudos, así como reconocer las fuentes que genera cada uno de los sonidos y, por otro lado, identificar que cada fuente sonora tiene una representación en particular, representaciones que se pueden obtener de las vibraciones de una fuente sonora. Al igual que en

capítulo anterior aquí también se da a conocer la segunda secuencia de actividades que se proponen para el aula y el análisis de esta.

En el **capítulo IV, refracción del sonido**, se presenta el diseño del montaje experimental que permite percibir y caracterizar el fenómeno de la refracción del sonido y las diferentes consideraciones que se hicieron para su construcción. En este capítulo se presenta los datos que se obtuvieron durante la práctica, así como el análisis de estos datos. Al igual que las conclusiones obtenidas en torno a la medición y las características de la refracción.

Finalmente se concluye que las actividades experimentales generan nuevas experiencias en los estudiantes que le permiten abordar el fenómeno del sonido llegando a caracterizarlo a partir de la fuente sonora, así como las vibraciones que genera cada fuente y reconociendo que cada fuente tiene una representación en particular, además que pueden hacer una clasificación del sonido.

Por otro lado, este trabajo permite reflexionar sobre el fenómeno de la refracción del sonido y las consideraciones que se deben tener en cuenta para determinar un valor para la velocidad del sonido a diferentes temperaturas, algunas de las consideraciones que se hacen durante el desarrollo de la actividad experimental es identificar que la refracción es un fenómeno que afecta la propagación del sonido y que es evidente al obtener velocidades diferentes, al hacer pasar una frecuencia por un medio al cual se le han cambiado sus propiedades cuando este se somete a un cambio de temperatura, al igual que reconocer que el fenómeno de refracción para el sonido no se comporta igual que el de la luz, es decir que el sonido no sufre esa desviación en el medio.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PRIMEROS ANTECEDENTES TEÓRICOS

1.1. Planteamiento del problema

Cuando vemos un rayo después de un tiempo escuchamos el trueno, cuando desde lejos observamos que una persona golpea un objeto o lo deja caer, podemos apreciar la diferencia de tiempo que hay entre el golpe y el sonido que llega a nuestros oídos. Estas experiencias nos permiten pensar que el sonido no es instantáneo, que éste tarda en llegar de la fuente al receptor, lo que sugiere que el sonido se desplaza y tiene una velocidad de desplazamiento. Sin embargo, cuando sostenemos una conversación con otra persona cara a cara o por teléfono, pareciera que lo que esa persona nos dice llega a nuestros oídos instantáneamente, aquí ya no es tan evidente que el sonido se desplace, y son más las experiencias que nos llevan a pensar que el sonido se produce al mismo tiempo que lo escuchamos. Esto suscita la necesidad de estudiar la velocidad del sonido, y a su vez, el fenómeno que se conoce como la refracción del sonido que describe su propagación en un medio cuando éste se encuentra a diferentes temperaturas, o el cambio de la velocidad del sonido cuando pasa de un medio a otro.

Estos cambios de velocidad del sonido no son fáciles de evidenciar, por eso es necesario identificar las diferentes investigaciones y actividades experimentales que se hicieron sobre la velocidad del sonido, e identificar qué consideraciones se hicieron para afirmar que la velocidad del sonido es constante cuando se desplaza en un mismo medio o que la velocidad del sonido depende de diferentes variables y establecer un valor determinado para su medida.

1.2. ¿Cuáles son los estudios científicos sobre el sonido?

Al hacer una revisión de la literatura sobre la velocidad del sonido y el fenómeno de la refracción, se evidencia la riqueza de la actividad experimental para establecer su medida y su vínculo con la temperatura. A continuación, se presentan algunas de estas narraciones sintetizadas en la siguiente tabla:

Científicos	Experiencias sobre la velocidad del sonido
Francis Bacon (1561-1626)	Como lo señala (Finn, 1964), Francis Bacon sugirió que se podía tener una medida para la velocidad del sonido al hacer la siguiente experiencia: Si un hombre se ubica en una torre con una campana y una luz, y hay un segundo hombre que se encuentra ubicado a una determinada distancia del primero; entonces, el primer hombre hace una señal con la campana y la luz, simultáneamente, el segundo hombre podrá registrar el lapso de tiempo entre las dos señales, y se obtendrá una medida de la velocidad del sonido.
Marin Mersenne, o Marin Mersennus (1588-1648)	Según (Arias, 2015, p.164) Mersennus utilizó el fenómeno del eco para estimar la velocidad del sonido. Su experimento se basaba en la utilización de dos instrumentos musicales y un arma de fuego como fuente de sonido, con ésto, estimó que la distancia recorrida por el sonido en un segundo era igual a 230 toesas ¹ , que equivale a 448 m/s.

¹ La **toesa** era una antigua medida de longitud, francesa, equivalente a 1,949 m (194,9 cm).

<p>Agencia de Longitudes o Bureau des Longitudes de Francia 1822</p>	<p>(Ganot, 1862.p.153) indica que Bureau hizo un experimento donde se ubicaron dos estaciones en Villejuif, y Montlhéry, cerca de París. En cada una de las estaciones se disparaba un cañonazo cada determinado tiempo. Los observadores de una estación en Villejuif oyeron muy distantes los disparos que se generaban en la estación Montlhéry; pero los observadores de la estación Montlhéry no escucharon todos los disparos que se hicieron en la estación Villejuif, porque el sonido de los disparos parecía contrario la dirección del viento.</p>
<p>Pierre Simón de Laplace (1749-1827)</p>	<p>(Schurmann, 1946,pp.36-37) argumenta que Laplace aplicó el concepto sobre los gases al estudio de la velocidad del sonido en su quinto y último volumen de la mecánica celeste, velocidad para la cual Newton había establecido la célebre fórmula:</p> $v = \sqrt{\frac{p}{\delta}} = \sqrt{\frac{pg}{D}}$ <p>Donde v es la velocidad de propagación del sonido, p la presión del gas, δ su masa, D su densidad y g la aceleración de la gravedad. Se evidenció que esta fórmula daba resultados inferiores a la realidad y Laplace atribuyó este error al hecho de que Newton estudiaba la propagación de las vibraciones sonoras consideradas como isotérmicas mientras deben considerarse como adiabáticas.</p>
<p>Félix Savart (1791-1841)</p>	<p>Schurmann, (1946,p.174) también dice que Savart llegó demostrar la propagación del sonido en los líquidos en 1826; para esto colocó en la superficie de un agua tranquila, discos cubiertos de arena, y producía en el fondo del agua un sonido que le hacía observar inmediatamente las vibraciones en los discos.</p>
<p>Jean Baptiste Biot (1774-1862)</p>	<p>Schurmann, (1946, p.72) dice que Biot emitió un sonido en un extremo de un largo tubo (de las cañerías de la ciudad de París) que se percibe en el extremo dos sonidos, siendo el primero percibido, propagado por el tubo mismo, y el segundo por el aire en él contenido. Por un simple cálculo puede establecer la velocidad de propagación del sonido en el metal del tubo.</p>
<p>Juan Daniel Colladon (1802-1893)</p>	<p>(Schurmann, 1946,p.234) da a conocer que Colladon dispuso de dos botes a una distancia de 13487 metros o sea en los bordes más apartados del lago. De uno de los barcos colgaba una campana y del otro una trompa acústica. Al golpear la campana se encendía automáticamente una cierta cantidad de pólvora en el puente del primer barco, de modo que el observador colocado en el segundo barco observaba el momento de emisión del sonido con un cronómetro y también el de percepción. Colladon estableció así que el sonido se propaga con una velocidad de 1,435 metros por segundo en el agua a la temperatura de 8°.</p>

Sin embargo, es posible apreciar que estas narraciones no presentan los procedimientos mediante los cuales los científicos asignan cualidades al sonido, a su propagación en diferentes medios como en los gases, líquidos y sólidos. Tampoco profundizan en los procedimientos para determinar la medida en diferentes medios, y no permiten identificar cuáles fueron los criterios que llevaron a los científicos a determinar la forma como viaja ese sonido en cada uno de estos medios.

1.3. ¿Cómo se aborda el fenómeno del sonido y su refracción en los libros de texto?

En la revisión bibliográfica de algunos textos de uso frecuente en la enseñanza -entre los cuales se destacan: Física Conceptual de Paul G. Hewitt; Física Conceptos y Aplicaciones de Paul E. Tippens; Física Universitaria de Hugh D. Young, y Física para Ciencias e Ingeniería de Serway- se puede identificar que:

- Los libros de texto abordan la naturaleza del sonido², las propiedades físicas de la onda como la intensidad, frecuencia y la calidad de la onda donde estas propiedades se pueden relacionar con los efectos sensoriales que percibimos como el volumen, tono y timbre (Tippens, s. f.p.449). así como los medios donde se puede propagar el sonido, como el aire o cualquier sustancia elástica ya sea sólida, líquida o un gas.
- Estos textos, carecen de descripciones sobre la actividad científica que lleva a determinar las características del sonido, y omiten los experimentos o los procesos que realizaron los científicos que estudiaron el tema.

Por ejemplo, cuando Paul G. Hewitt, (2007) presenta el fenómeno de refracción del sonido en su texto Física Conceptual lo hace de la siguiente manera:

“Las ondas sonoras se desvían cuando algunas partes de sus frentes viajan a distintas rapidezces. Esto sucede en vientos erráticos o cuando el sonido se propaga a través de aire a diferentes temperaturas³. Un ejemplo de esto es cuando estamos en un día caluroso, el aire que se encuentra cercano a la superficie del suelo va a estar más caliente que el resto y al estar más caliente este aire la velocidad del sonido va a aumentar, y las ondas sonoras se van a apartar del suelo, lo que hace que el sonido no se propague bien. Lo que no pasa en un día frío o en la noche, cuando el aire cerca al suelo esté más frío, que el resto del aire, entonces la velocidad del sonido va a disminuir, causando que los frentes de las ondas que tiene mayor rapidez hagan una flexión hacia el suelo, haciendo que el sonido se pueda escuchar a distancias grandes. Éste fenómeno de refracción no solo lo podemos evidenciar en el aire sino también en el agua, ya que en el agua también hay una variación de temperatura.(Paul G. Hewitt, 2007.p.385)”

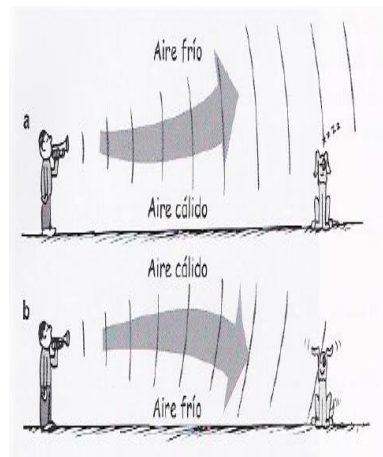
² Naturaleza del sonido: donde se da a conocer que la mayoría de los sonidos son ondas producidas por las vibraciones de los objetos materiales como instrumentos musicales (Física conceptual, pág. 396), y el término sonido es utilizado de dos formas; los fisiólogos lo definen en términos de las sensaciones auditivas producidas por perturbaciones longitudinales en el aire, y los físicos se refieren a las perturbaciones por sí mismas y no a las sensaciones que producen (física conceptos y aplicaciones, pág. 442)

³ En el texto de la física universitaria de (Hugh D. Young, 2009.p 534) nos dan a conocer en la tabla 16.1 algunos valores que corresponden a la rapidez del sonido en algunos materiales, al igual que algunas temperaturas. La rapidez del sonido en el aire con una temperatura de 20°C es de 344 m/s. En el agua a una temperatura de 0°C es de 1402m/s. En el agua a una temperatura de 20°C es de 1482m/s y cuando el agua está a 100°C la rapidez del sonido va a ser de 1543m/s.

Ilustración 1: tomada de (física conceptual, pág. 385) donde se explica que:

a) *En un día caluroso: cuando el aire cercano al suelo podrá estar más caliente que el resto, y entonces aumenta la rapidez del sonido cerca del suelo. Las ondas sonoras se apartan del suelo y hace que el sonido no parezca propagarse bien.*

b) *En un día frío: cuando el aire cercano al suelo está más frío que el resto, entonces se reduce la rapidez del sonido cerca del suelo. Las ondas sonoras se acercan al suelo y hace que el sonido se pueda escuchar a distancias más grandes.*



En este texto podemos darnos de cuenta que se presenta el concepto de lo que sería el fenómeno, pero carece de la descripción de las investigaciones, y de las actividades experimentales, que se hicieron para llegar a determinadas afirmaciones como: *La velocidad del sonido puede aumentar o disminuir dependiendo de la temperatura del medio donde se propague.*

1.4. ¿Cuáles son las propuestas para la enseñanza en las investigaciones universitarias?

Al hacer una búsqueda en diferentes trabajos de grado de universidades como la Universidad Pedagógica Nacional, Universidad Nacional de Colombia, Universidades de España y Chile, para obtener más información sobre el fenómeno de refracción del sonido y de su enseñanza, se encuentra que son muy pocos los documentos que hacen énfasis en este fenómeno, y si lo hacen es para apoyarse en ese fenómeno para dar explicación a otra cosa, este es el caso de la tesis: *Propuesta didáctica para la enseñanza aprendizaje del fenómeno de la refracción de las ondas mecánicas y su aplicación para el estudio del interior de la tierra*, (Coronado, 2014), una tesis de la Universidad Nacional de Colombia que se basa en una propuesta didáctica que recopila una serie de procesos, donde el estudiante reconoce de manera experimental que existen métodos para el conocimiento del interior de la tierra basados en la sísmica de refracción; donde en la actualidad esos métodos sísmicos aprovechan la reflexión y la refracción de las ondas acústicas en el subsuelo para detectar acuíferos, cavidades, depósitos de grava, etc. Aunque utilizan la actividad experimental para el estudio de la tierra no se ve que profundicen en la importancia de utilizar el concepto de refracción, y de modo similar en el fenómeno como tal.

1.5. Preguntas y motivaciones que orientan la investigación

Esto me llevo plantear las siguientes preguntas, que orientaran la investigación:

- ✓ *¿Cómo evidenciar experimentalmente el efecto de la refracción del sonido?*
- ✓ *¿Mediante qué actividades experimentales se puede caracterizar el sonido y el fenómeno de refracción del sonido, para ser abordado en el aula de clase?*
- ✓ *¿Qué características asignan los estudiantes al fenómeno del sonido cuando realizan actividades experimentales?*

Así, el trabajo de investigación tendrá como finalidad abordar el estudio del fenómeno de la refracción del sonido mediante actividades experimentales para generar experiencias donde se pueda analizar los procesos de construcción de magnitudes físicas, y la caracterización del fenómeno, etc.

1.6. ¿Por qué hacer énfasis en la actividad experimental?

Diferentes investigadores han señalado que existen diferentes formas de ver y entender el papel que juega el experimento en la actividad científica, algunas de ellas son:

- a) La prueba de todo conocimiento es el experimento. El experimento es el único juez de la verdad científica. (Franklin, 1999.p.35)
- b) Una de sus funciones importantes es probar teorías, pero también puede exigir una nueva teoría, ya sea demostrando que la teoría aceptada es incorrecta, o exhibiendo un nuevo fenómeno que necesita explicación.(Franklin, 1999.p.35)
- c) El experimento también puede proporcionar pistas sobre la estructura o forma matemática de una teoría. También puede proporcionar evidencia de la existencia de las entidades involucradas en nuestras teorías. (Franklin, 1999.p.35)
- d) Finalmente, también puede tener vida propia, independiente de la teoría. Los científicos pueden investigar un fenómeno sólo porque parece interesante. Esto también proporcionará evidencia para una futura teoría a explicar.(Franklin, 1999.pp.35-36)
- e) Como lo afirma (Ayala, Malagón, & Sandoval, 2011) la teoría es condición de posibilidad del experimento mediante la cual se definen que efectos se van a producir, qué se va a observar y medir.
- f) Para (Malagón Sánchez, Sandoval Osoriol, & Ayala Manrique, 2013) el experimento se muestra como un espacio para establecer una relación íntima y dinámica entre la construcción de fenomenologías y el desarrollo de un proceso de formación donde el experimento es una herramienta fundamental para la enseñanza de las ciencias. El experimento se constituye en una forma de concreción de la teoría.

Estas formas de ver el experimento nos muestran que hay una relación compleja y dinámica entre la teoría y el experimento, y es esta relación la que se quiere dar a conocer y profundizar; además de mostrar la importancia que tiene la actividad experimental en los diferentes procesos de aprendizaje o construcción de conocimiento en el aula de clases.

1.7. La actividad experimental en el aula de clases

Otra razón para la utilización de la actividad experimental tiene que ver con que la experimentación puede ser provechosa para los estudiantes y para el docente como un recurso didáctico que permite abordar el formalismo de conceptos, teniendo en cuenta la observación, la medición, la descripción de las características del fenómeno, etc. Algunos autores resaltan que:

- Enfrentar “a los estudiantes al fenómeno físico sería una estrategia para que éste se formule la pregunta del porqué de ese fenómeno y que la respuesta se convierta en la motivación para la elaboración de un formalismo” (J. I. Marulanda, L. A. Gómez 2006, p.699).
- La física es una ciencia que se fundamenta en el análisis teórico y en la actividad mediante experimentos, lo cual hace que tal aspecto sea fundamental en los procesos de la enseñanza de esta ciencia. Es decir se debe pensar en ese carácter teórico–experimental como un vínculo indisoluble.(Brito, 2009, p.36).

Por lo que al llevar al aula un montaje experimental genera una motivación por el aprendizaje y comprensión del fenómeno físico. Llevar al aula un experimento poco común en las clases de física llamará más el interés de los estudiantes. Y a través del experimento se desarrollan habilidades para el uso y comprensión de la instrumentación, se promueve un pensamiento lógico formal que le va a permitir hacer análisis y discusiones más profundas en relación al fenómeno físico que se lleve al aula.

También hay autores que resaltan que:

La necesidad más urgente es dotar a nuestros alumnos de experiencia de lo que supone utilizar un modelo teórico y hacerles comprender lo que representa ser conscientes de que se está contrastando una teoría. Para ello, empleamos un buen número de conceptos teóricos bastantes sofisticados, que serán presentados de manera intuitiva, y no enunciados en términos formales, como es natural, pero que contribuirán a que los niños adquieran la experiencia de utilizar modelos alternativos.(Bruner, 1995,p.13)

Al presentar estos conceptos de forma intuitiva se le da la oportunidad al estudiante de desarrollar competencias en la tarea que está realizando, y la confianza en su capacidad de operar de forma independiente, dado que pueden dar a conocer sus capacidades de pensamiento como: la habilidad para formular preguntas, la elaboración de hipótesis muy interesantes, organizar la información de lo simple a lo complejo, la interpretación y organización que le puede dar a esas experiencias que obtiene a partir de la observación del fenómeno, y la toma de datos, Etc.

La actividad experimental en el ámbito de la enseñanza de las ciencias, como en la ciencia misma, cumple diferentes roles, (Malagon Sanchez, Ayala Manrique, & Sandoval Osorio, 2013) han señalado que:

Uno de los roles que se han examinado con detalle es el vínculo con la construcción de magnitudes y fenomenologías. En este sentido, se ha planteado que el experimento juega un papel central en la enseñanza dado que posibilita desarrollar tres aspectos que están íntimamente ligados, pero que se pueden diferenciar por el énfasis hecho. En primer lugar, el experimento permite la organización de la experiencia y los procesos vinculados a la construcción de magnitudes y formas de medida. En segundo lugar, el experimento permite proponer problemas conceptuales en torno a la organización de los fenómenos. Por último, la actividad experimental propicia la construcción o ampliación de una base fenomenológica o entramado de hechos de observación que serían estructurados a partir de una cierta organización conceptual. (Malagon Sanchez et al., 2013.p.13)

En este sentido el experimento es una herramienta organizadora y de formalización en la enseñanza porque desde que se hace un proceso de descripción, construcción de relaciones, uso de palabras, términos y una asignación de cualidades durante el desarrollo de una experiencia ya estamos haciendo una formalización del fenómeno⁴ y a medida que se vayan ampliando las experiencias del sujeto la forma como el sujeto organiza y formaliza el fenómeno también lo hace.

En otras palabras, la actividad experimental también resulta ser útil para construir el campo de efectos, relaciones y lenguajes en los cuales nos podemos ubicar para una discusión. Este **lenguaje** son las diferentes formas de referirnos al fenómeno donde este constituye un aspecto importante en la construcción de un fenómeno o fenomenología, ya que cada vez que se transforma el ámbito de las experiencias se transforma el lenguaje con el que es posible dar a conocer una experiencia a partir de un proceso de formalización donde este no necesariamente tiene que ser de una forma algebraica o expresiones matemáticas sino también la construcción de palabras, signos, dibujos, procedimientos, proposiciones que permitan empezar a llegar a una primera forma de hablar o dar a conocer un fenómeno.

También, se podría afirmar que:

- La práctica experimental tiene que ver principalmente con la construcción y comprensión de las fenomenologías en estudio, y con ello con la ampliación y organización de la experiencia de los sujetos, así como con la formalización de relaciones y con la concreción de supuestos conceptuales.(Malagón Sánchez et al., 2013)
- El experimento genera la ampliación de la experiencia y dinamiza la teorización de esa experiencia; es decir, poner en juego algunas actividades experimentales permite a la vez transformar la experiencia y elaborar explicaciones teóricas; esas explicaciones, a su vez, permiten generar nuevas experiencias y nuevas formas de desarrollarla. En este sentido es importante insistir en que no existen esquemas conceptuales que no estén articulados a alguna experiencia sensorial, incluso en la matemática que es la disciplina teórica por excelencia.(Malagón Sanchez et al., 2013.p.93)

Sabemos que la construcción, comprensión y la ampliación de las experiencias para hablar de algún fenómeno, se puede hacer a partir de la actividad experimental, entendiendo que la actividad experimental no es para la corroboración de las teorías de las ciencias, si no que se busca con la actividad experimental la organización de cualidades del fenómeno partiendo desde el modo de hablar y actuar frente a diversas situaciones y esto implica que se debe reflexionar sobre las experiencias; además:

La intención de la actividad experimental está centrada en la construcción de una base fenomenológica o de hechos de observación con los que se destacan los rasgos relevantes del fenómeno. La organización de estos permite desarrollar el proceso de construcción de las

⁴ Fenómeno: el fenómeno es aquel que aparece frente a una conciencia, asumimos que conciencia es una persona (profesor, estudiante). El fenómeno requiere alguien ante quien aparecer. El fenómeno se presenta tal como es, no oculta nada. Las explicaciones sobre lo que ocurre, solo se pueden dar en términos de una organización de lo que se percibe. El fenómeno no es estático puesto que este se aparece ante una conciencia y a medida que esta conciencia cambia el fenómeno cambia. (Malagón Sanchez et al., 2013.pp.88-89.)

magnitudes con las cuales quedan establecidos los aspectos del fenómeno que son tenidos en cuenta en su caracterización. (Malagon Sanchez et al., 2013.p.95)

Ahora por **construcción y comprensión** de fenomenologías entendemos que estas pueden en algunos casos partir desde la experiencia sensible que tiene el sujeto desde la organización que le da al mundo que le rodea y por otra parte se debe construir estas experiencias sensibles. La forma de hablar y las organizaciones que hace el sujeto en relación con el mundo ya nos está ubicando en un campo fenomenológico del estudio y las sucesivas acciones dan cuenta de los efectos que se organizan, las relaciones que se establecen y las variables que se consideran esto constituye un campo fenomenológico.

1.8. Población con la cual se desarrolló la propuesta

El propósito de realizar estas actividades experimentales es que los estudiantes de grado once del colegio I.E.D. Toberin puedan tener otra perspectiva de las clases de física a partir de la experimentación, dado que en sus clases de física es muy escasa la actividad experimental, se busca que estas actividades generen en los estudiantes experiencias que les permitan caracterizar y hablar del fenómeno físico que se va estudiar, y que el lenguaje que llegue a utilizar para hablar de ese fenómeno sea más formal y tenga significado para ellos.

Esta población se eligió porque los estudiantes que se encuentran en este nivel de formación pueden terminar de desarrollar sus procesos formativos en la parte de investigación científica, desarrollan la capacidad para pensar en forma abstracta, aprenden a procesar problemas más complejos, desarrollan y someten teorías a prueba, entienden analogías, etc.

1.9. Objetivos

Objetivo General.

Analizar las características que los estudiantes asignan al fenómeno del sonido cuando realizan actividades experimentales.

Objetivos específicos.

- ✓ Diseñar las diferentes actividades experimentales para que los estudiantes puedan caracterizar el fenómeno del sonido y el fenómeno de la refracción.
- ✓ Diseñar el equipo necesario y material de laboratorio para generar experiencias del fenómeno del sonido, la refracción del sonido y su relación con la velocidad.
- ✓ Identificar las descripciones que hacen los estudiantes para caracterizar el fenómeno del sonido, a partir de sus actividades experimentales.

1.10. Justificación

Como lo afirma el autor (Velasco, Roman, Gonzalez, & White, 2004) “la medición de la velocidad del sonido en el aire es un experimento clásico de los laboratorios de física. Donde normalmente este experimento se trabaja a temperaturas ambientes” (p.276). pero (Velasco et al., 2004) también afirma

que “los experimentos diseñados específicamente para medir la dependencia de la temperatura de la velocidad del sonido en el aire no son típicos en el laboratorio de física”(p. 277). Al no ser común este tipo de experimentos en el laboratorio se espera que el diseño de diferentes experiencias dirigidas donde los estudiantes puedan participar activamente en un proceso de aprendizaje, es decir donde sean actores y no espectadores; donde se pongan en juego sus conocimientos, que les permita ser conscientes de sus habilidades de pensamientos como la explicación, la categorización, y el lenguaje que utilizan cuando se refieren a un fenómeno físico.

En esta investigación también se utilizó el computador y software Audacity de acceso libre, porque este programa está diseñado para mostrar la grabación en forma de onda, la frecuencia, el tono, la nota musical que se está produciendo, al igual que hacer un análisis del espectro; todas estas características que tiene el programa son útiles para la determinación de la medida de la velocidad del sonido.

Estas herramientas se utilizaron como complemento a la actividad experimental diseñadas para estudiantes a los que podemos denominar nativos digitales, así como lo afirma (Prensky, 2001) “nuestros estudiantes de hoy son todos “hablantes nativos” del lenguaje digital de los ordenadores, los videojuegos e internet”(p. 2). Hay que considerar que estas herramientas tecnológicas funcionan como un apoyo para el desarrollo de diferentes áreas de la educación, no se puede esperar que estas herramientas por sí solas ayuden al proceso de aprendizaje de los estudiantes, o que estas herramientas tecnológicas reemplacen otros medios de enseñanza - aprendizaje que a lo largo de la educación han funcionado de una manera eficaz.

1.11. Antecedentes experimentales para el estudio y enseñanza del fenómeno del sonido

A continuación, se presentan algunos trabajos experimentales desde tesis y artículos que consisten en diferentes montajes para la medición de la velocidad del sonido.

Algunos de estos montajes como los que propone (Belén & Martínez, 2013; Cros & Ferrer-roca, 2011; Fourty, 2011; Piñol, Nuria. Abellán, Javier. Molina, 2009; Segura, s. f.;) cuentan con la ventaja que esta medición de la velocidad del sonido se puede hacer el aire, en fluido y en sólidos. Estos montajes se pueden llevar al aula de clase y los materiales con los que se realizan son de fácil acceso para los estudiantes, como los tubos de PVC, micrófonos, programa Audacity⁵, computador, etc. Y nos permitirán identificar qué variables se deben tener en consideración para la obtención de la velocidad del sonido; entre esas variables tenemos la longitud del tubo, la frecuencia correspondiente al sonido que puede producir el tubo, también tener en cuenta las correcciones de longitudes que se le hacen a los tubos sonoros.

Los valores que se obtienen para la velocidad del sonido en los montajes que proponen (Belén & Martínez, 2013; Cros & Ferrer-roca, 2011; Fourty, 2011; Piñol, Nuria. Abellán, Javier. Molina, 2009; Segura, s. f.;) se hacen a temperatura ambiente. Lo que no ocurre en el montaje propuesto por

⁵ Es un editor de audio gratuito. Este programa permite grabar, reproducir sonidos, importar y exportar archivos. Al igual que hace un análisis de espectrograma. Este programa está disponible para Windows, Mac, GNU/Linux. Maneja una frecuencia de muestreo de 8000 Hz hasta 38400 Hz. (“¿Qué es Audacity?,” n.d.; “Características y funciones de Audacity,” n.d.)

(Velasco et al., 2004) ya que nos permite variar la temperatura entre 15°C a 65°C, y hallar un valor para la velocidad del sonido en un gas (en este caso el aire), lo que nos llevará a tener consideraciones: el calor específico, la temperatura, la ecuación ideal de los gases etc.

1.12. Metodología de investigación en el aula

Como el objetivo de esta investigación es: Analizar las características que los estudiantes asignan al fenómeno del sonido cuando realizan actividades experimentales, en este apartado describiremos la investigación que se realizó para la elaboración de las actividades experimentales.

En la **fase exploratoria** encontré que durante el transcurso de las prácticas pedagógicas los estudiantes en sus clases de física no abordaba la actividad experimental con mucha frecuencia y durante el desarrollo de temas como el sonido, la velocidad del sonido, entre otros fenómenos ondulatorios, se impartían estos fenómenos de forma teórica y no se le mostraba al estudiante la importancia del experimento.

Para la fase de **diseño de actividades** para el estudio del fenómeno del sonido como primera medida se hizo una revisión bibliográfica de algunos autores como (Finn, 1964; Ganot, 2003; Helmholtz, Hermann von, 1895; Rayleigh Strutt, 1877) con el fin de construir un marco teórico que guiara una secuencia de actividades. Esta fase va acorde con mi primer objetivo específico.

Para la fase de **diseño del equipo** para el estudio del fenómeno de refracción del sonido se hizo una revisión bibliográfica de algunos autores que han trabajado en la actividad experimental como (Belén & Martínez, 2013; Cros & Ferrer-roca, 2011; Piñol, Nuria. Abellán, Javier. Molina, 2009; Segura, n.d.; Velasco et al., 2004) con el fin de identificar que montajes experimentales se han diseñado para el aula de clase. Esta fase va acorde con mi segundo objetivo específico.

En **fase de implementación, sistematización y análisis** se recogió la información de cada una de las sesiones realizadas, esto se hizo por medio de trabajos escritos, los cuales luego se transcribieron y se identificaron las descripciones que los grupos dieron al fenómeno del sonido. Se analizaron las descripciones que hicieron los estudiantes para caracterizar el fenómeno del sonido. Por otra parte, se hace el análisis de los datos obtenidos del montaje experimental para la refracción del sonido.

CAPÍTULO II. ORGANIZACIÓN DE LAS CUALIDADES DEL SONIDO

En este capítulo se presenta una primera organización de las cualidades del sonido, para hacer esta construcción nos basamos en algunos fragmentos⁶ del trabajo realizado por Helmholtz (1821-1894) en su libro de “On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music, publicado (1895). Se escoge a Helmholtz por su análisis desde el punto de vista de la organización de las sensaciones auditivas las cuales consisten en la diferenciación de lo que se percibe o se entiende por ruido y el sonido, al igual que nos permite evidenciar lo importante que es caracterizar que es la fuente y que papel cumple en la producción del sonido.

Por otra parte se escoge a Helmholtz porque hace una descripción del sonido que permite evidenciar una clasificación del sonido dependiendo del volumen o intensidad permitiendo relacionar esta característica con la amplitud que se puede obtener al hacer vibrar un diapason y conseguir una representación, así como las características del tono y el timbre.

A partir de esta construcción conceptual se propone una secuencia de actividades experimentales que se llevarán al aula de clase, y que tienen como propósito que los participantes puedan discutir alrededor de las siguientes preguntas:

¿Qué se necesita para poder producir un sonido? ¿Qué características debe tener la fuente que produce el sonido, el medio por donde se propaga el sonido y el órgano receptor del sonido que en este caso sería nuestro oído? ¿Cualquier sensación que sea percibida por el oído es un sonido o hay alguna forma de categorizar esas sensaciones que llegan a nuestro oído? ¿Todos los sonidos se comportan igual en diferentes medios?

2.1. Caracterización de las sensaciones que puede percibir nuestro oído

Cada órgano de nuestro sentido está diseñado para percibir diferentes sensaciones, por ejemplo: el ojo se encarga de detectar sensaciones de luz, la piel sensaciones de tacto y nuestro oído sensaciones de sonido. Entonces una “sensación sonora es, por lo tanto, una especie de reacción contra los estímulos externos, propia del oído, y excitable en ningún otro órgano del cuerpo, y es completamente distinta de la sensación de cualquier otro sentido.”(Helmholtz, Hermann von, 1895.p.7).

Estas sensaciones que llegan a nuestros oídos se pueden diferenciar entre diversos sonidos uno de ellos es el ruido y los otros los tonos musicales ejemplo del ruido son los murmullos, aullidos y el silbido del viento, las salpicaduras de agua, el balanceo y el estruendo de los carruajes, y para el tono musical son todos los tonos de los instrumentos musicales.(Helmholtz, Hermann von, 1895) Los ruidos son considerados entonces como esas sensaciones irregulares esos sonidos que no tienen una armonía y el sonido serían más armónicos. Podríamos considerar que el ruido es una superposición de diferentes sonidos que no son agradables para nuestros oídos por ejemplo el ruido del tráfico y por el lado del sonido, tendríamos el sonido producido por un instrumento musical y algunos sonidos de la naturaleza como la caída de las hojas, las olas del mar. Desde este punto de vista se puede afirmar que los sonidos son los únicos que son agradables a nuestros oídos; todo sonido que no se considere agradable a nuestros oídos se considera como un ruido.

⁶ Los fragmentos que se presentan en castellano son traducciones libres del inglés del texto (Helmholtz, Hermann von, 1895) realizadas por Yohanna Arévalo 2017- 2018.

Por otra parte (Helmholtz, Hermann von, 1895) habla de:

La naturaleza de la diferencia entre los tonos musicales y los ruidos, generalmente puede ser determinada por la observación auditiva atenta sin asistencia artificial. Percibimos que generalmente, un ruido va acompañado de una rápida alternancia de diferentes tipos de sensaciones sonoras. Pensemos, por ejemplo, en el traqueteo de un carruaje sobre adoquines de granito, las salpicaduras o la efervescencia de una cascada o de las olas del mar, el crujir de hojas en un bosque. En todos estos casos tenemos alternancias rápidas, irregulares, pero claramente perceptibles de varios tipos de sonidos, que aparecen de forma irregular. Cuando el viento aúlla la alternancia es lenta, el sonido sube y baja lenta y gradualmente. También es más o menos posible separar los sonidos que se alternan sin descanso en el caso del mayor número de otros ruidos. (Helmholtz, Hermann von, 1895.p.7)

Ahora bien, esa clasificación de que sería ruido y sonido asimismo depende mucho del oyente porque lo que puede llegar a ser un sonido agradable para esa persona para la otra puede ser un ruido. Esta clasificación de ruido y sonido también se podría decir que puede depender de la cultura donde este inmersa la persona.

2.2. Caracterización de la fuente y el medio de propagación

Para producir algún sonido son necesarios dos factores: la fuente de vibración y un medio elástico por el cual se propague la perturbación., Podemos considerar como fuente un diapasón, una cuerda que vibre. Ahora bien, la perturbación depende de las características propias del cuerpo que está vibrando, de esta forma podemos diferenciar los sonidos procedentes de distintas fuentes. Ahora podríamos considerar que toda vibración en un medio elástico genera un sonido, pero nos surgen algunas preguntas: *¿Cómo serían esas vibraciones? ¿Cómo podemos distinguir unas vibraciones de otras, se pueden caracterizar esas vibraciones? ¿Qué entendemos por medio elástico? ¿En qué medios se propaga el sonido?*

Para (Helmholtz, Hermann von, 1895)

Las vibraciones musicales de los cuerpos sólidos son a menudo visibles. Aunque pueden ser demasiado rápidos para que el ojo los siga por separado, reconocemos fácilmente que una cuerda que suena, o un diapasón, o la lengua de un tubo de caña, está vibrando rápidamente entre dos límites fijos, y la imagen regular, aparentemente inamovible que vemos, a pesar del movimiento real del cuerpo, nos lleva a concluir que los movimientos hacia delante y hacia atrás son bastante regulares. En otros casos podemos sentir los movimientos oscilantes de los sólidos sonoros. Así, el intérprete siente el temblor de la caña en la boquilla de un clarinete, oboe o fagot, o de sus propios labios en las boquillas de trompetas y trombones. (Helmholtz, Hermann von, 1895.p.8)

Aquí se pone de manifiesto que las vibraciones a menudo pueden ser percibidas por un observador y que estas vibraciones que se generan tienen un comportamiento particular que lo podemos identificar como un movimiento hacia adelante y hacia atrás. Ese movimiento oscilante se puede percibir a partir de unas vibraciones que se producen en la fuente que las generan ya sea un instrumento musical o un diapasón.

Los movimientos que proceden de los cuerpos sonoros son conducidos generalmente a nuestro oído por medio de la atmósfera. Las partículas de aire también deben ejecutar periódicamente vibraciones recurrentes, para excitar la sensación de un tono musical en nuestro oído. Este es realmente el caso, aunque en la experiencia diaria el sonido al principio parece ser algún agente, que está constantemente avanzando a través del aire, y propagándose más y más lejos.(Helmholtz, Hermann von, 1895.p.8)

Sabemos que el sonido procede en el aire desde el punto excitado y avanza en todas las direcciones hasta donde se extienda los límites de la masa del aire, un ejemplo de esto es cuando escuchamos el sonido alrededor nuestro, lo podemos percibir desde la fuente, en todas las direcciones a su alrededor, en este caso, podríamos decir que el sonido viaja en todas las direcciones porque no predomina una dirección de propagación.

2.3. Representación de un sonido

Ahora bien, para representar el sonido Helmholtz utiliza las vibraciones de una fuente sonora, en este caso un diapasón, con una pluma en su punta, cuando el diapasón se hace sonar éste dibuja sobre la superficie de la hoja los movimientos de vaivén de las vibraciones quedando representado el movimiento que genera el sonido, la hoja de papel se debe mover en sentido contrario al movimiento del diapasón; si el diapasón no se pone a vibrar o sonar y se mueve el papel bajo la pluma, en la superficie de la hoja se dibujará una línea recta, pero si se pone a vibrar dibujará una oscilación como se muestra a continuación:

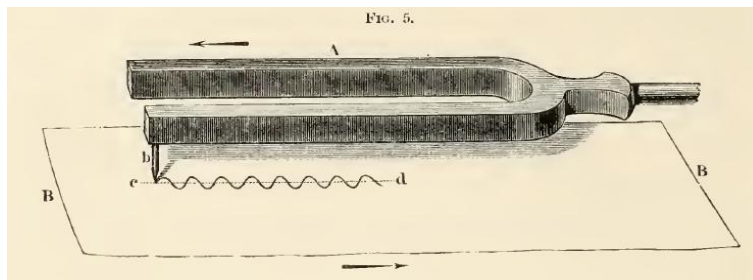


Ilustración 2. Representación de las vibraciones.(Helmholtz, Hermann von, 1895.p.20)

Hoy en día contamos con osciloscopios y programas que nos permiten apreciar con más facilidad este tipo de vibraciones, producidas por cualquier fuente sonora. Sin embargo, debemos distinguir el movimiento de las partículas individuales del aire que tienen lugar periódicamente hacia adelante y hacia atrás o movimiento ondulatorio dentro de unos límites muy estrechos, ahora si suponemos que una piedra cae en un pozo de agua tranquila, alrededor del punto donde cae la piedra se forma un anillo de ola que avanza en todas las direcciones sobre la superficie del pozo, si tomamos este ejemplo como analogía para explicar cómo es la propagación del sonido en el aire tenemos que:

Las crestas de las olas de agua corresponden en las ondas de sonido a conchas esféricas donde se condensa el aire, y los canales a conchas donde se enrareció. En la superficie libre del agua, la masa cuando se comprime puede deslizarse hacia arriba y así formar crestas, pero en el interior del mar de aire, la masa debe ser condensada, ya que no hay lugar desocupado para su escape. (Helmholtz, Hermann von, 1895.p.9)

Siguiendo esta analogía las crestas que se producen en la ola de agua representan la zona de compresión en el aire, donde hay una gran cantidad de moléculas o partículas, y los valles representan en este caso los canales de la ola representan la zona de enrarecimiento o de rarefacción del aire, donde hay menor cantidad de moléculas o partículas. En este sentido, un medio elástico (agua o aire) es cualquier material que tiene la propiedad para cambiar de forma en respuesta de una fuerza aplicada, para después volver a su forma inicial cuando es retirada esa fuerza de distorsión, es así como podemos considerar otros medios elásticos que permiten la propagación del sonido como los líquidos, sólidos.

Otros ejemplos que nos da a conocer Helmholtz para poder entender e imaginarnos cómo se comporta el medio de propagación del sonido son los siguientes:

- Tome un cordón flexible de varios pies de largo, o una cadena fina de metal, sosténgalo en un extremo y deje que el otro cuelgue hacia abajo, estirado sólo por su propio peso. Ahora, mueve la mano con la que la sostienes rápidamente hacia un lado y hacia atrás otra vez. La excursión que hemos provocado en el extremo superior de la cuerda, moviendo la mano, irá descendiendo como una especie de ola, de forma que las partes constantemente más bajas de la cuerda harán una excursión lateral, mientras que la parte superior volverá de nuevo a la posición recta de descanso.(Helmholtz, Hermann von, 1895.p.9)
- con una línea elástica larga, como un trozo grueso de tubo de goma de la India, o un resorte espiral de alambre de latón, de ocho a doce pies de largo, sujetado en un extremo, y ligeramente estirado por ser sostenido con la mano en el otro. La mano es entonces fácilmente capaz de excitar las olas que correrán muy regularmente hasta el otro extremo de la línea, se reflejará y volverá.(Helmholtz, Hermann von, 1895.p.9)

En los dos ejemplos, en el caso de la cuerda, se evidencia que cada partícula individual solo puede haberse movido horizontalmente hacia atrás y hacia adelante, y estas partículas individuales pueden que no hayan hecho parte del movimiento de la onda de la cuerda que era hacia abajo. Con estos ejemplos, se presenta una “idea mental del tipo de movimiento al que pertenece el sonido, donde las partículas materiales del cuerpo simplemente hacen oscilaciones periódicas, mientras que el temblor en sí mismo se propaga constantemente hacia adelante” (1895. P.9)

En síntesis, para producir un sonido son necesarios dos factores: una fuente de vibración y un medio elástico. Se puede considerar como fuente de vibración un diapasón o una cuerda que vibra donde esa característica de vibración se puede evidenciar a partir de un movimiento hacia adelante y hacia atrás. Y por medio elástico podemos entender como la vibración que hace las partículas del medio de propagación en este caso el aire, agua y sólido.

A continuación, se organiza en un esquema en el cual se evidencia una organización de los factores que son necesarios para producir un sonido entre los que tenemos una fuente sonora (que puede ser un diapasón o una cuerda que produzca una vibración que se caracteriza por un movimiento de vaivén) otro de los factores es el medio elástico (el aire, agua o sólidos).

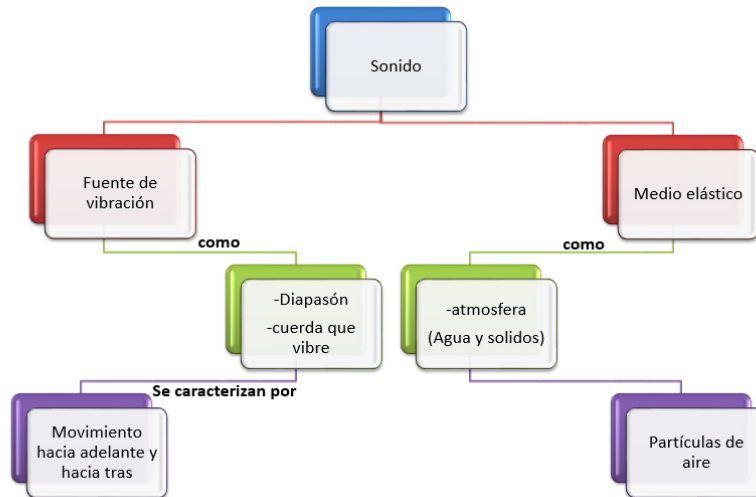


Ilustración 3. Factores para producir un sonido.

2.4. Actividades sobre la fuente sonora y el medio de propagación

A partir de los fragmentos anteriores del trabajo que ha hecho (Helmholtz, Hermann von, 1895) alrededor del sonido y de una primera organización que él hace a partir de lo que podemos percibir, observar y entender por sonido se proponen actividades con las que se busca que durante su desarrollo en el aula, los estudiantes puedan llegar hacer una clasificación del sonido al igual que puedan identificar de que depende la producción de cada sonido.

En este apartado se dará a conocer como se llevó la propuesta al aula de clase, así como los resultados más relevantes de esta primera actividad durante cada sesión. La secuencia de las sesiones que se propone tiene como finalidad que los estudiantes puedan identificar qué factores son necesarios para producir un sonido: la fuente sonora y el medio. También se permite identificar que diferentes fuentes sonoras producen sonidos diferentes.

Esta primera secuencia está dividida en tres sesiones cada sesión tiene sus respectivas preguntas al igual que objetivos particulares los cuales permitirá cumplir con la finalidad que se ha planteado al inicio de este párrafo.

Para el desarrollo de esta primera secuencia se necesitaron tres sesiones cada una de dos horas aproximadamente; se configuraron los grupos de trabajo entre 6 y 7 estudiantes, se dispuso del material de trabajo en este caso las guías orientadoras y los diferentes elementos de los montajes experimentales, y se realizaron las actividades. Se realizó el cierre de la actividad utilizando las conclusiones o ideas a las que llegaron los estudiantes durante el desarrollo de la actividad.

A continuación, se presenta en la primera tabla como está organizada la secuencia de las diferentes actividades y los objetivos de cada una de las sesiones.

Secuencias		Objetivos
Secuencia 1	Sesión 1. Primer acercamiento al sonido y sus vibraciones	Identificar que los sonidos que produce la fuente sonora en este caso los tambores son diferentes, al igual que se espera que puedan llegar a identificar qué hace que el sonido sea diferente en los tambores. También se espera que puedan evidenciar las vibraciones que se produce.
	Sesión 2. Reconociendo diferentes sonidos	Identificar que el sonido que se produce es diferente dependiendo del medio donde se encuentra la fuente sonora.
	Sesión 3. Reconociendo el sonido y vibraciones en diferentes condiciones	Visualizar las vibraciones que produce un diapasón al igual que encontrar si existe alguna diferencia entre las vibraciones y el sonido que produce el diapasón cuando se establecen diferentes condiciones.

2.5. Análisis y conclusiones secuencia 1.

Recordemos que el objetivo de esta primera secuencia es identificar qué factores son necesarios para producir un sonido: la fuente sonora y el medio, también se propone identificar que diferentes fuentes sonoras producen sonidos diferentes. Cabe recordar que la presente propuesta está guiada a partir de la construcción de todo un marco teórico que se ha dado a conocer a lo largo de este capítulo.

A continuación, se presenta una breve descripción de la sesión 1.

Secuencia 1. Actividades sobre la fuente sonora y el medio de propagación
<p align="center">Sesión 1. Primer acercamiento al sonido y sus vibraciones</p> <p>Objetivo: Identificar que los sonidos que produce la fuente sonora en este caso los tambores son diferentes, al igual que se espera que puedan llegar a identificar qué hace que el sonido sea diferente en los tambores. También se espera que puedan evidenciar las vibraciones que se produce.</p> <p>1. Experiencia.</p> <p>En la primera experiencia se hace uso de tubos de PVC de 2 y 3 pulgadas y bombas para construir diferentes tambores (Ilustración 4).</p>



Ilustración 4. Tambores de diferentes longitudes

Los estudiantes golpearán con su mano uno de los extremos de las membranas y en relación con esto se les cuestiona a los participantes de esta experiencia sobre lo que escuchan y observan en cada uno de los tubos.

Se les pide que contesten algunas preguntas

¿Qué diferencias encuentras entre los tubos? Puedes hacer una clasificación de estos tubos. ¿Qué consideraciones tendrías para hacer esta clasificación? ¿Qué le pasa a la membrana cuando la golpeas? ¿Encuentras alguna diferencia entre los sonidos que produce cada tubo?

2. Segunda experiencia

A esta primera experiencia se le hace una pequeña variación se utiliza una bolita de icopor (Ilustración 5) se pide que repitan la experiencia y nuevamente se cuestiona a los participantes sobre lo que escucha y observa, al igual que se les hace las siguientes preguntas *¿Qué le sucede a la bolita de icopor cuando golpeas los diferentes tubos? ¿Qué función crees que cumple la bolita de icopor en esta experiencia?*

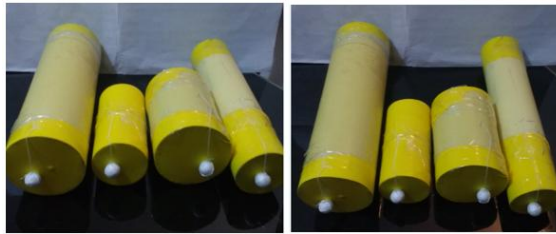


Ilustración 5. Tambores de diferentes longitudes con la bolita de icopor

Y se finaliza esa primera sesión generando preguntas que involucran las dos experiencias:


- ✓ *¿Qué consideraciones tuvieron en cuenta para realizar cada una de las experiencias?*
- ✓ *Encuentras alguna diferencia cuando golpeas el tubo cuando tiene la bolita de icopor a cuando no tiene.*
- ✓ *¿Cuándo golpeas el tubo en los dos casos, crees que existe alguna diferencia en el comportamiento de la membrana?*
- ✓ *¿Cómo es el sonido que se produce en los diferentes tubos? Encuentras alguna diferencia entre la primera y la segunda experiencia.*
- ✓ *Crees que pasa algo dentro del tubo cada vez que lo golpeas.*
- ✓ *A que conclusión pueden llegar de estas dos primeras experiencias.*


En la **Sesión 1. Primer acercamiento al sonido y sus vibraciones**: se evidenció que para contestar la pregunta *¿Qué diferencias encuentras entre los tubos?* hacían dos tipos de organización en los tubos para poder hablar del sonido; una primera organización era la longitud y el diámetro de los tubos y la segunda organización era el sonido que producían los tubos.

Los estudiantes para contestar la siguiente pregunta *¿Encuentras alguna diferencia entre los sonidos que produce cada tubo?* tuvieron algunas consideraciones en el montaje como tener la membrana del tubo bien templada, así como enumerar los tubos para dar sus respuestas. Los estudiantes llegaron a relacionar la longitud de los tubos y diámetros (o área como lo llamaban ellos) con el sonido que producían, por ejemplo: - “debido a su pequeña longitud su sonido es menos armónico y casi no se escucha” –“debido a su longitud tan grande y a su área tan corta su sonido se opaca”. También se evidenció que llegaron a utilizar las palabras **grave y agudo** para dar a entender la diferencia entre los sonidos que producían los tubos y que este sonido iba a depender de cada tubo.

Cuando hacían esta misma experiencia, pero esta vez con la bolita de icopor decían –“que no hay ninguna diferencia ya que la membrana en los dos casos es igual”, pero cuando se les preguntaba que le pasaba a la bolita de icopor decían que - “se producen vibraciones y rebotan” - “la bolita de icopor permite que observemos las ondas sonoras provocadas al golpear la membrana”.

A continuación, se presenta en la tabla las respuestas que los estudiantes dieron a esta primera sesión.

Actividad 1. Actividades sobre la fuente sonora y el medio de propagación		
<i>Sesión 1: Primer acercamiento al sonido y sus vibraciones.</i>		
	Preguntas	Respuestas de los estudiantes a las situaciones
<p>Experiencia 1. Objetivo:</p> 	<p>¿Qué diferencias encuentras entre los tubos? Puedes hacer una clasificación de estos tubos ¿qué consideraciones tendrías para hacer esta clasificación?</p>	<p>Grupo 1. “diferencia entre el tubo 1 y 2: Se pude diferenciar en que el sonido del tubo 1 es más agudo que el 2 porque es más grave, también por su forma, el primero es delgado, esto hace que el sonido recorra menos que el dos” “diferencia entre el tubo 3 y 4: podríamos decir que su diferencia es que el tubo tres es delgado y su vibración no dura tanto y en el tubo cuatro el sonido perdura más que es ancho”</p> <p>Grupo 2. “A mayor volumen y mayor diámetro del cilindro mayor propagación de onda sonora”</p> <p>Grupo 3. “su longitud y su tamaño”</p> <p>Grupo 4. “la diferencia se encuentra en sonido de acuerdo al tamaño y al diámetro”-“la clasificación de acuerdo a las características del sonido emitido por los tubos (de agudo a grave)”</p>

	<p>¿Qué le pasa a la membrana cuando la golpea? (Describe o dibuja lo que observas)</p>	<p>Grupo 1. “podríamos decir que la membrana vibra cada vez que golpea” Grupo 2. “se extrae tiene un cambio de presión” Grupo 3. “produce ondas ocasionando sonido” Grupo 4. “al golpear la membrana se sienten las vibraciones del lado contrario al golpearlo, lo mismo ocurre del lado opuesto”</p>
	<p>¿ Encuentras alguna diferencia entre los sonidos que produce cada tubo?</p>	<p>Grupol. “su intensidad va de la más aguda a las más grave, también el eco los tubos más anchos el sonido perdura y en los delgados es sonido se pierde” Grupo 2. “que algunos sonidos son graves y otros agudos” Grupo 3. “tubo 1: debido a su pequeña longitud su sonido es menos armónico y casi no se escucha” “tubo 2: por su área suena más duro y más armónico” “tubo 3: debido a su longitud tan grande y a su área tan corta su sonido se opaca” “tubo 4: tiene una mayor longitud y área ocasionado un sonido fuerte y armónico” Grupo 4. “el sonido emitido varia de agudo a grave de acuerdo a cada tubo” “ el tiempo de vibración es muy prolongado de acuerdo a las características de cada tubo”</p>
<p>Experiencia 2</p> 	<p>¿Qué le sucede a la bolita de icopor cuando golpeas a los diferentes tubos?</p>	<p>Grupo 1. “esta y produce un sonido o una onda la cual varia dependiendo del largo y ancho del tubo” Grupo 2. “se producen vibraciones y rebotan” Grupo 3. “entre más sonido se produzca ejerce una fuerza hacia la membrana haciendo que la bola de icopor rebote” Grupo 4. “de acuerdo a la fuerza aplicada la bolita tiende a elevarse y a rebotar contra la membrana”</p>

	<p>¿Qué función crees que cumple la bolita de icopor en esta experiencia?</p>	<p>Grupo 1. <i>“se podría decir que esta produce ondas las cuales dependen del tubo, así como su rebote es diferente pues gracias a esta se puede ver al mismo objeto en diferencias”</i></p> <p>Grupo 2. <i>“comprueba el desplazamiento de ondas y el cambio de presión”</i></p> <p>Grupo 3. <i>“la bola de icopor permite que observemos las ondas sonoras provocadas a golpear la membrana”</i></p> <p>Grupo 4. <i>“la bolita nos permite observar la fuerza de las ondas que se transportan dentro del tubo”</i></p>
--	---	---

<p>Preguntas de cierre sesión 1. Experiencia 1 y 2</p>	
<p>a) ¿Qué consideraciones tuvieron en cuenta para realizar cada una de las experiencias?</p>	<p>Grupo 1. <i>“tuvimos en cuenta para esta experiencia un lugar que no hubiera mucho ruido para saber cómo emitía la frecuencia del sonido, aparte de eso se tuvo en cuenta que ninguna de las dos membranas estuviera rota para que funcionara la experiencia”</i></p> <p>Grupo 2. <i>“la presión, el volumen, la fuerza, la presión del aire, el sonido y las vibraciones”</i></p> <p>Grupo 3. <i>“consideramos que es mejor estirara la membrana para provocar más sonido” “es mejor poner la bomba bien templada”</i></p> <p>Grupo 4. No respondieron.</p>
<p>b) Encuentras alguna diferencia cuando golpeas el tubo cuando tiene la bolita de icopor a cuando no tiene.</p>	<p>Grupo 1. <i>“existen algunas diferencias según el tubo que se utilicen, podemos encontrar que en algunos tubos que el rebote de la bolita de icopor era más rápida que otro, pero en si su sonido no vario y sigue siendo el mismo así no tenga la bolita de icopor”</i></p> <p>Grupo 2. <i>“detallamos cuando generamos un golpe a la membrana con la bola de icopor, el cambio de presión genera que la membrana se contraiga y cuando se suelta genera ondas que viajan por el cilindro y genera una repulsión de icopor sencillamente sin ella encima, no hay ningún cambio no de sonido”</i></p> <p>Grupo 3. <i>“nos deja observar que tanta fuerza tiene el sonido al golpearse con la membrana en la que se encuentra la bola”</i></p> <p>Grupo 4. No respondieron.</p>

<p>c) ¿Cuándo golpeas el tubo en los dos casos, crees que existe alguna diferencia en el comportamiento de la membrana?</p>	<p>Grupo 1. <i>“no haya cambio de la membrana ya que la frecuencia del sonido no varía”</i> Grupo 2. <i>“no hay ninguna diferencia”</i> Grupo 3. <i>“no haya ninguna diferencia, ya que la membrana en los dos casos es igual”</i> Grupo 4. No respondieron</p>
<p>d) ¿Cómo es el sonido que se produce en los diferentes tubos? Encuentras alguna diferencia entre la primera y la segunda experiencia.</p>	<p>Grupo 1. <i>“el sonido es parecido mas no igual ya que si hay diferencia entre los sonidos de la primera experiencia y segunda, deducimos que el cambio del sonido se debe a lo largo y ancho del tubo”</i> Grupo 2. <i>“logramos concluir que por el volumen varia el sonido a mayor volumen mayor sonido”</i> Grupo 3. <i>“entre más grande y ancho el sonido es más grave entre más pequeño y delgado el sonido es más agudo”</i> Grupo 4. No respondieron</p>
<p>e) Crees que pasa algo dentro del tubo cada vez que lo golpeas.</p>	<p>Grupo 1. <i>“sus vibraciones, la intensidad de cada una y la frecuencia en la que viaja cada una, sucede un fenómeno que dándose un buen uso es toda una melodía”</i> Grupo 2. No respondió Grupo 3. <i>“si, porque se provoca una onda sonora”</i> Grupo 4. No respondieron</p>
<p>f) A que conclusión pueden llegar de estas dos primeras experiencias.</p>	<p>Grupo 1. <i>“en una diferenciamos la intensidad de sonido que hace cada uno de los cuatro tubos, si suena fuerte o leve, el tiempo el que mantiene cada uno la vibración y también ver lo que la intensidad provoca con las bolitas de icopor según cada tubo”</i> Grupo 2. No respondieron Grupo 3. <i>“pudimos observar que las ondas de sonido tienen cierta fuerza, ayudada por el ancho y el volumen del tubo”</i> Grupo 4. No respondieron.</p>

En esta **primera sesión** se evidenció que los diferentes grupos hacían una clasificación de los tubos que según la longitud y según el diámetro, por ejemplo: si el tubo tiene una longitud pequeña el sonido es débil y no durará mucho el sonido, y si la longitud del tubo es grande el sonido es fuerte y su sonido durará más. Aunque no llegaron a llamar a los tubos como fuentes sonoras si identificaron que cada uno de esos tubos tenía un sonido propio.

Los estudiantes identificaban que es por la producción de una onda sonora que se producía dentro del tubo, y consideraban que la presión y el volumen del tubo hacían que el sonido fuera diferente. Se evidenció que los estudiantes utilizaban las palabras **sonidos graves** y **sonidos agudos** para hacer

una clasificación del sonido que escuchaban, así como otros estudiantes utilizaban débil y fuerte para hacer esa misma clasificación, aquí los estudiantes hacían esta clasificación para poder hablar de las diferencias que escuchaban en los sonidos. También se evidenció que los estudiantes tenían en cuenta algunas consideraciones sobre la configuración del tubo como que la membrana estuviera bien templada.

De la misma manera se hicieron los análisis de las respuestas de los estudiantes para la sesión 2 *reconociendo diferentes sonidos* y la sesión 3 *reconociendo el sonido y vibraciones en diferentes condiciones*. Las respuestas de los estudiantes se pueden observar en la tabla del ANEXO I PÁG. 56.

En la **segunda sesión** se evidenció que los diferentes grupos hacían una distinción entre los sonidos que se producían cuando el reloj se encontraba dentro y fuera del agua, cuando el reloj se encontraba fuera del agua su sonido es más claro y fuerte, lo que no pasaba cuando este se encontraba dentro del agua su sonido era opaco y de poca claridad, una de las razones por las que perdía claridad el sonido era por la presión que el agua hacía sobre el reloj, otros grupos se referían a que este cambio en el sonido era porque no había interferencia y que su sonido era constante en las dos experiencias solo que en una el sonido era más fuerte que en la otra.

En esta segunda sesión los estudiantes identificaron que el sonido es diferente cuando este se encuentra bajo diferentes medios de propagación, por lo tanto, esta actividad permite reconocer que algunas características del sonido cambian, aunque aún los estudiantes no han llegado a las actividades del volumen, durante esta sesión logran identificar que el sonido es débil o fuerte en diferente medio en este caso cuando el reloj está fuera del agua y dentro del agua.

En la **tercera sesión** se evidenció que los diferentes grupos podían identificar en las diferentes experiencias el sonido que se generaba con el diapasón era diferente, así como las vibraciones, esta diferencia la relacionaban con el golpe que se le daba al diapasón con el martillo, así como dependiendo de la superficie en la cual se colocara el diapasón.

Esta secuencia de actividades por lo tanto permite reconocer que algunas características del sonido cambiaban si a la fuente sonora se les sometía a diferentes circunstancias, pero, aunque esta fuente sonora se someta a estos cambios las vibraciones y el sonido siguen existiendo con mayor o menor intensidad de vibración y de sonido.

En las preguntas de cierre de esta primera actividad se puede evidenciar que algunos grupos pudieron llegar a identificar que se necesita de algún “objeto” que produzca sonido. Al igual que es necesario de un medio de propagación y dependiendo del medio los sonidos van a ser diferentes, así como el sonido no se propaga con una misma intensidad. Los estudiantes en esta parte dieron a conocer como era cada uno de los sonidos que pudo escuchar durante las diferentes experiencias algunos llegaron a hacer una organización entre ellos.

A continuación, presentaremos la síntesis de los alcances logrados por los estudiantes a lo largo de esta primera secuencia:

- Identificaron y clasificaron los sonidos que se generaban en las diferentes actividades.
- Clasificar los sonidos bajo determinados criterios como diámetros, longitudes.
- Identificar e evidenciar las vibraciones que se producían en algunas de las actividades.
- Formular expresiones y explicaciones que les permiten hacer una construcción teórica como:
 - Grupo 1.** *“en una diferenciamos la intensidad de sonido que hace cada uno de los cuatro tubos, si suena fuerte o leve, el tiempo el que mantiene cada uno la vibración y también ver lo que la intensidad provoca con las bolitas de icopor según cada tubo”*
 - Grupo 4.** *“la bolita nos permite observar la fuerza de las ondas que se transportan centro del tubo”*
 - Grupo 3.** *“tubo 2: por su área suena más duro y más armónico”*
“tubo 3: debido a su longitud tan grande y a su área tan corta su sonido se opaca”
 - Grupo 2.** *“logramos concluir que por el volumen varia el sonido a mayor volumen mayor sonido”*
 - Grupo 3.** *“produce un sonido “fuerte” al acercarlo al oído e igualmente produce vibración la cual hace posible el sonido”*

Recordemos que este capítulo se trata de la organización de las cualidades del sonido y algunas de las respuestas de los estudiantes nos permiten evidenciar que con su propio lenguaje pueden identificar, clasificar al igual que hacer construcciones teóricas en la cual se evidencia que es importante tener en cuenta las características de la fuente sonora (longitud y diámetros de los tubos) y que cada fuente sonora, así como el medio en el cual se propaga el sonido genera un sonido en particular, es decir, cada sonido es único. Estas actividades lograron mostrar que una fuente sonora produce vibraciones y aunque algunas veces no las podemos ver, en las actividades se sugiere una bolita de icopor como detector de las vibraciones para aquellos casos en los que solo se podía escuchar el sonido.

Además, durante el desarrollo de las diferentes actividades se evidenció que a algunos estudiantes se les dificultaba registrar por medio de la escritura sus respuestas, al tener esta dificultad el proceso de descripción de lo que observaban y escuchaban en las diferentes actividades carecen de información detallada de todo el desarrollo de las actividades, es decir se pierde la descripción de que hicieron, como lo hicieron, que consideraciones tenían durante cada una de las actividades. También se evidencio que algunos estudiantes durante la discusión en grupo llegaban a dar una mejor descripción de las actividades y conclusiones de lo que pasaba en cada actividad, pero cuando se les pedía que transcribieran esas discusiones les costaba pasar esas ideas.

Por otra parte, los estudiantes para poder hablar del sonido que producía cada fuente sonora y dar una clasificación a esos sonidos recurren a usar expresiones como sonidos graves, agudos o sonidos débiles y fuertes, así mismo como la intensidad y el volumen de estos sonidos, aspectos que seguiremos abarcando en el siguiente capítulo el cual trata de como relacionar esas características en particular, volumen intensidad, tono y timbre a partir de la representación de las vibraciones que produce una fuente sonora.

CAPITULO III. CLASIFICACIÓN DEL SONIDO SEGÚN HELMHOLTZ Y ACTIVIDADES DE AULA

En este capítulo se hizo una construcción conceptual de la clasificación que Helmholtz organiza sobre el sonido. A partir de esa clasificación del sonido discutiremos aquello que entendemos por fuerza, tono y calidad que hoy en día reconocemos como: volumen, tono y timbre; a esta clasificación se le asignan propiedades físicas que nos permiten hablar del sonido como una onda.

Esta construcción conceptual nos permite desarrollar una secuencia de actividades experimentales para abordar y discutir la clasificación del sonido, de igual manera, para asignar propiedades físicas propias de una onda al sonido.

3.1. Fuerza, tono y calidad

Para hablar de las cualidades del sonido Helmholtz considera necesario explicar las tres diferencias principales entre los tonos musicales: **fuerza, tono, calidad de tono**. Veámos la siguiente cita:

Primero, nosotros, reconocemos fácilmente que la fuerza de un tono musical aumenta y disminuye con la extensión o la llamada amplitud de las oscilaciones de las partículas del cuerpo sonoro. Cuando tocamos una cuerda, sus vibraciones son al principio lo suficientemente grandes para que podamos verlas, y su tono correspondiente es el más alto. Las vibraciones visibles se hacen cada vez más pequeñas y, al mismo tiempo, disminuye el volumen. La misma observación puede hacerse en las cuerdas excitadas por un arco de violín, y en las cañas de los cañaverales, y en muchos otros cuerpos sonoros. La misma conclusión resulta de la disminución de la sonoridad de un tono cuando aumentamos nuestra distancia del cuerpo sonoro al aire libre, aunque el tono y la calidad permanecen inalterados; pues es sólo la amplitud de las oscilaciones de las partículas de aire la que disminuye a medida que aumenta su distancia del cuerpo sonoro. Por lo tanto, la sonoridad debe depender de esta amplitud, y ninguna otra de las propiedades del sonido lo hace. (Helmholtz, Hermann von, 1895.p.10)

Interpretamos que cuando Helmholtz nos habla de **la fuerza de un tono** se está refiriendo al volumen del sonido, que puede ser de mayor o menor intensidad, es decir, que esta característica permite diferenciar los sonidos débiles de los fuertes, o como habitualmente decimos, nos permite diferenciar si un sonido tiene mayor volumen que otro. También nos pone de presente que dependiendo de la distancia a la que nos encontremos de la fuente sonora, este volumen o intensidad con la que escuchamos ese sonido va a variar: entre más cerca nos encontremos de la fuente sonora el sonido será de mayor volumen o intensidad, pero si nos alejamos de la fuente sonora, el sonido será más tenue o su volumen o intensidad va a disminuir, aunque cambie la posición del oyente respecto a la fuente sonora.

En este caso, dos cualidades permanecerán sin cambio, **el tono y la calidad del tono**, por ejemplo, si se produce la nota Do mediante nuestra fuente sonora que es un violín, se escuchará siempre el mismo **tono** Do, independientemente de la distancia en la que nos encontremos.

Por otra parte, sabremos diferenciar que la fuente que produce el sonido es un violín y no una guitarra o una flauta; esta característica se denomina **la calidad del tono**, en otras palabras, es la calidad del

tono la característica que nos permite diferenciar la fuente sonora. No se necesita tener estudios en música para poder diferenciar el sonido que generan algunos instrumentos, es decir que somos capaces de identificar si el instrumento que está sonando es de cuerda o de viento puesto que nuestro oído reconoce diferentes matices del sonido.

La fuerza y el tono fueron las dos primeras diferencias que encontramos entre los tonos musicales; la tercera fue la calidad del tono, que ahora tenemos que investigar. Cuando oímos notas de la misma fuerza y el mismo tono sonar sucesivamente en un pianoforte, un violín, un clarinete, un oboe o una trompeta, o por la voz humana, el carácter del tono musical de cada uno de estos instrumentos, a pesar de la identidad de fuerza y tono, es tan diferente que por medio de él reconocemos con la mayor facilidad cuál de estos instrumentos fue utilizado. Las variedades de calidad de tono parecen ser infinitamente numerosas. No sólo conocemos una larga serie de instrumentos musicales que podrían producir una nota del mismo tono; no sólo diferentes instrumentos individuales de la misma especie, y las voces de diferentes cantantes individuales muestran ciertos matices más delicados de calidad de tono, que nuestro oído es capaz de distinguir; sino que a veces las notas del mismo tono pueden sonar en el mismo instrumento con varias variedades cualitativas. A este respecto, los instrumentos “arqueados” (es decir, los de tipo violín) se distinguen por encima de todos los demás. (Helmholtz, Hermann von, 1895.p.19)

En resumen, la fuerza del sonido está en relación con su volumen, el tono con la frecuencia y la calidad de tono con “aquella peculiaridad que distingue el tono musical de un violín del de una flauta o el de un clarinete, o el de la voz humana, cuando todos estos instrumentos producen la misma nota en el mismo tono”. (Helmholtz, Hermann von, 1895). Esta definición que Helmholtz asigna para calidad de tono es la que hoy en día utilizamos para referirnos al timbre.

A hora bien a partir de la representación de las vibraciones, que mencionamos anteriormente, a las vibraciones que produce una fuente sonora en nuestro caso un diapasón, también podemos empezar a relacionarlas con esa representación, e identificar en ellas, algunas propiedades como el volumen y la amplitud, el tono y la frecuencia, y también la calidad del tono y la fuente sonora.

3.1.1. Identidad entre fuerza – volumen y amplitud

Para poder asignar una representación a la fuerza o lo que llamaremos volumen o intensidad en una fuente sonora utilizaremos un diapasón con una frecuencia de 440 Hz, para obtener la representación del sonido emitido por el diapasón se utilizó el programa Audacity.

Se tomó el sonido que genera el diapasón de 440 Hz, el cual se cambiara la intensidad del golpe con el cual se hace sonar, se observará la representación que éste genera cuándo se mantienen constante dos cualidades del sonido, una de ellas es el tono, es decir, este se mantendrá bajo la misma frecuencia, y otra, la calidad del tono, ya que estaremos utilizando el mismo instrumento.

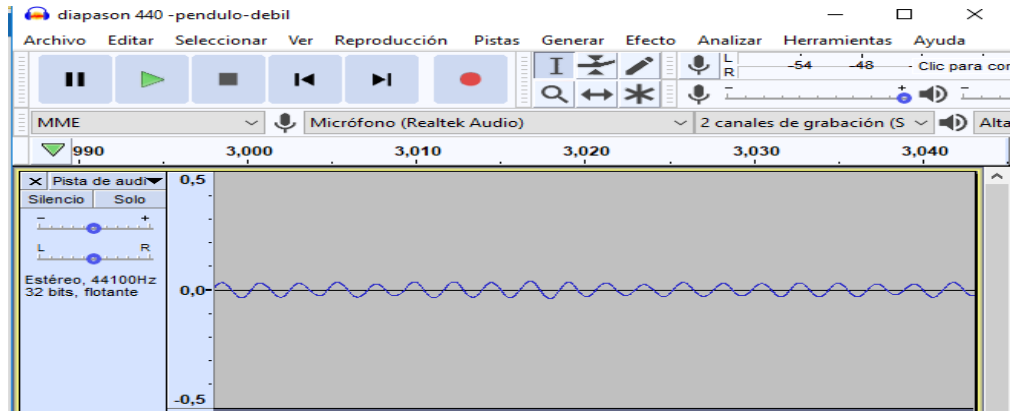


Ilustración 6. Diapasón de frecuencia de 440 el cual se golpeó suave



Ilustración 7. Diapasón de frecuencia de 440 el cual se golpeó fuerte

Las representaciones que se obtuvieron muestran que cambia la distancia entre la línea horizontal hasta la cima, denominada la amplitud de la onda, este cambio se debe a que en la primera ilustración el golpe que se le da al diapasón es suave, mientras que en la segunda el golpe es más fuerte. - Así dependiendo de la fuerza con la que se genere el golpe podemos ver que las amplitudes del sonido cambian, asimismo, y lo que escuchamos en un volumen o intensidad distinta en el sonido, de este modo, si el volumen o la intensidad del sonido es mayor, entonces, las amplitudes de ese sonido van a ser más grandes en la representación.

En este sentido lo que se observa en las diferentes representaciones del diapasón con frecuencia de 440 Hz es que las amplitudes son diferentes cuando se aumenta el volumen o se disminuye el volumen; cabe aclarar que cuando hablamos de las amplitudes en las representaciones hacemos referencia al tamaño de las crestas y valles que se observan en la imagen.

3.1.2. Identidad entre tono, frecuencia y número de oscilaciones...

La segunda cualidad del sonido que queremos representar es la del tono, para este caso se mantendrán constantes el volumen y el timbre, es decir se van a mostrar las representaciones correspondientes de los sonidos generados por diferentes diapasones que tienen diferentes frecuencias.

La segunda diferencia esencial entre los diferentes tonos musicales consiste en su tono. La experiencia diaria nos muestra que los tonos musicales del mismo tono se pueden producir en los más diversos instrumentos por medio de los más diversos artificios mecánicos, y con los más diversos grados de sonoridad. Todos los movimientos del aire así excitados deben ser periódicos, porque de otra manera no excitarían en nosotros la sensación de un tono musical. Pero el tipo de movimiento dentro de cada período puede ser cualquier cosa, y, sin embargo, si la duración del tiempo periódico de dos tonos musicales es la misma, tienen el mismo tono. Por lo tanto: El tono depende únicamente de la duración de cada vibración o, lo que es lo mismo, del número de vibraciones realizadas en un momento dado. (Helmholtz, Hermann von, 1895.p.11)

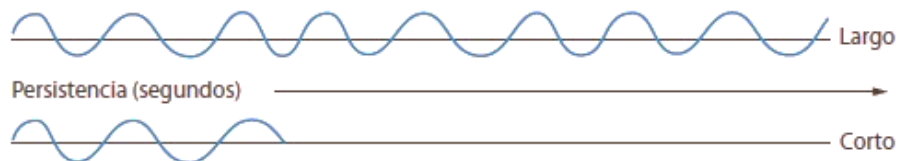


Ilustración 8. Imagen relación tono frecuencia.

Cuando escuchamos un sonido podemos tomar el tiempo en el que este permanece sonando por lo que estamos acostumbrados a tomar un segundo como unidad de tiempo, y en consecuencia podemos referiremos por el número de tono [o frecuencia] de un tono, el número de vibraciones que las partículas de un cuerpo sonoro realizan en un segundo de tiempo. Así como Helmholtz lo da a conocer es evidente que encontramos el tiempo periódico o período de vibración, es decir, el tiempo que está ocupado en la realización de una sola vibración hacia atrás y hacia adelante, dividiendo un segundo de tiempo por el número de tono. Por ende, se dice que los tonos musicales son más altos, cuanto mayor sea su número de tonos, es decir, cuanto más cortos sean sus períodos de vibración. (Helmholtz, Hermann von, 1895.p.11)

3.1.3. Identificando la Relación entre tono y frecuencia con el uso del disco de sirena

Como se ha dicho, el sonido que produce una fuente sonora está determinado por la frecuencia. - Sin embargo, es difícil establecer un vínculo entre tono y frecuencia, por esto, se propone utilizar “la sirena” como instrumento que permita evidenciar este vínculo, para la cual se describe el funcionamiento del disco de sirena:

“A” es un disco delgado de cartón u hojalata, que puede colocarse en rotación rápida alrededor de su eje “b” por medio de una cadena “f y f”, que pasa sobre una rueda más grande. En el margen del disco hay perforados una serie de agujeros a distribuidos a intervalos iguales: de estos hay doce en la figura; una o más series similares de agujeros, a distancias iguales, se introducen en círculos concéntricos (hay uno de los ocho agujeros en la figura), “c” es un tubo que se dirige sobre uno de los agujeros.

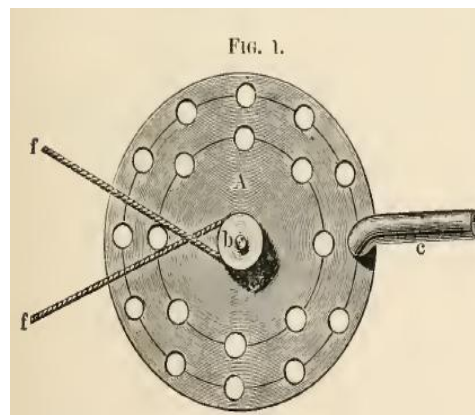


Ilustración 9. Sirena

Ahora, al poner el disco en rotación y soplar a través del tubo c, el aire pasará libremente. Cada agujero del disco deja pasar una sola bocanada de aire. Si el disco hace una sola revolución y el tubo se dirige al círculo exterior de agujeros, tenemos doce bocanadas correspondientes a los doce agujeros que se encuentran en el extremo del círculo, pero si el tubo se dirige al círculo interior tenemos solo ocho bocanadas. Si el disco se hace girar diez veces en un segundo, el círculo exterior producirá 120 pitadas o interrupciones del aire. Esta sirena nos permite relacionar el sonido que se produce con la frecuencia con la que esta se ponga a girar, al igual que dependiendo de la cantidad de agujeros el sonido va a cambiar al igual que la frecuencia con la que pasa el aire por cada agujero.

3.1.4. Identidad entre calidad de tono (timbre), fuente sonora y armónicos

Ahora bien, si se quisiera identificar las diferentes calidades que puede producir un instrumento cuando produce un tono, es necesario comenzar a tomar en cuenta las propiedades físicas del sonido: la amplitud de las vibraciones que produce la fuente sonora determina la fuerza o intensidad (volumen), y la frecuencia con la que se produce un tono. Por esta razón, la calidad del tono, es decir, el timbre no está determinado por el tono (frecuencia) y volumen (intensidad). Helmholtz lo expone en la siguiente cita:

Al preguntar a qué diferencia física externa en las ondas de sonido corresponden las diferentes calidades de tono, debemos recordar que la amplitud de la vibración determina la fuerza o intensidad, y el período de vibración el tono. Por lo tanto, la calidad del tono no puede depender de ninguno de los dos. La única hipótesis posible, por lo tanto, es que la calidad del tono debe depender de la manera en que se realiza el movimiento dentro del período de cada vibración. (Helmholtz, Hermann von, 1895.p.19)

Aquí se aclara que la calidad del tono es decir el timbre va a depender de la fuente sonora puesto que cada fuente sonora tiene sus propias características, aun cuando estas fuentes sonoras estén generando el mismo tono o se encuentren sonando bajo la misma frecuencia. Un ejemplo de esto consiste en identificar que dos instrumentos diferentes como un violín o flauta se encuentran sonando bajo la misma nota. Aunque para saber con exactitud que nota está produciendo cada uno de los instrumentos, necesitaríamos tener algún tipo de estudio de música o una especialización, pero lo que si podemos identificar es el tipo de instrumento que está sonando. Al igual que en nuestra experiencia diaria podemos identificar el timbre de voz de las personas con las que convivimos.

En síntesis, hasta el momento se han definido ciertas cualidades del sonido de las cuales podemos obtener sus representaciones y a su vez podemos hacer relaciones que nos permiten hablar del sonido como una onda sonora, sin tener que abordar el concepto de onda; podemos relacionar la clasificaciones que propone Helmholtz de fuerza, tono y calidad que son percepciones sensibles que tenemos con las representaciones del sonido, es decir por **fuerza** entendemos que es el **volumen** que este a su vez tiene que ver con la **intensidad** donde se hace referencia a la **amplitud** de la onda, y el **tono** lo podemos relacionar con qué tan agudo o grave es un sonido y este tono está ligado con la **frecuencia** que produce un instrumento o la fuente sonora, y por **calidad** lo entendemos como **timbre** que este tiene que ver con la cualidad que nos permite diferenciar que instrumento está sonando aunque estos instrumentos se encuentre sonando con la misma **frecuencia**.

A continuación, se muestra la siguiente ilustración donde se pretende resumir lo que se ha dicho anteriormente

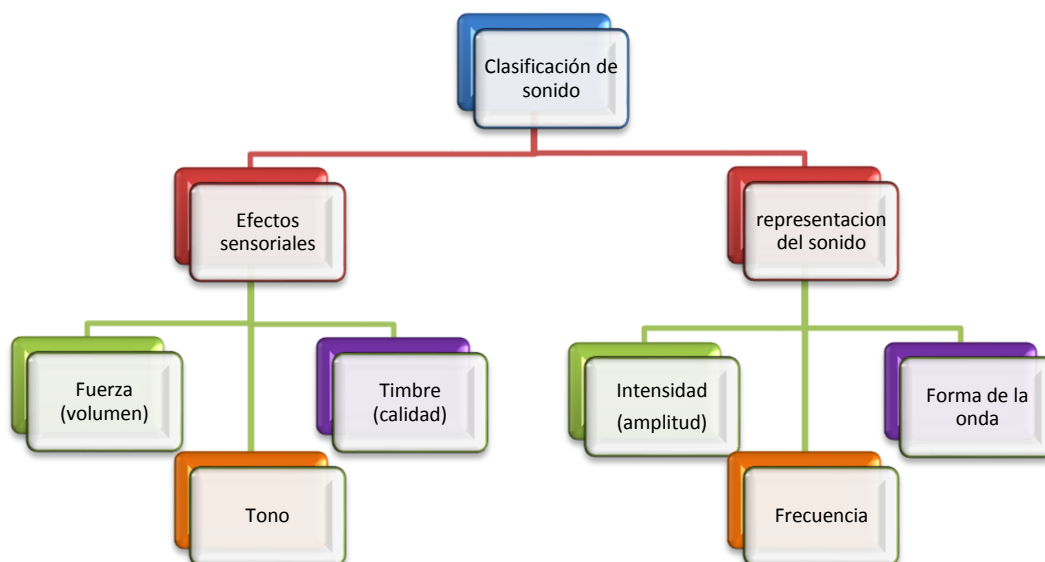


Ilustración 10. Clasificación del sonido.

3.2. Actividades que se proponen para el estudio sobre volumen, tono y timbre, en el aula

Las actividades que se proponen tienen como finalidad que los estudiantes identifiquen algunas características que nos permitan diferenciar un sonido de otro, y que así puedan clasificar de estos sonidos. -Para esto, es necesario identificar y reconocer qué se entiende por volumen, tono y timbre y cómo esta clasificación del sonido permite asignar características ondulatorias.

En este apartado se da a conocer la secuencia de actividades propuestas para que los estudiantes puedan clasificar los sonidos según su volumen, tono y timbre. También se presentará la forma cómo se llevó la propuesta al aula de clase, y los resultados más relevantes de esta segunda secuencia de actividades durante cada sesión.

La secuencia dos está dividida en tres sesiones, cada una de ellas tiene diferentes experiencias, la primera sesión se abordará el concepto de volumen, la segunda el concepto de tono y la tercera sesión se abordará el concepto de timbre.

Cada una de las sesiones tienen sus correspondientes preguntas las cuales nos llevarán a contestar algunas preguntas que nos permitirán cerrar la secuencia y concluir el tema, algunas de ellas son: *puedes hacer alguna clasificación de los sonidos que se producen en las diferentes experiencias, puedes establecer alguna relación entre los sonidos de cada una de las experiencias.*

A continuación, se presenta como está organizada la secuencia de actividades y los objetivos para cada una de las sesiones.

¿Cómo relacionar los efectos sensoriales del sonido con las propiedades físicas de las ondas?		
Secuencia		Objetivos
Secuencia 2	Sesión 1. Volumen	Identificar la relación entre las vibraciones y el sonido que se genera.
	Sesión 2. Tono	Clasificar los sonidos que se producen, identificar qué consideraciones son necesarias para hacer esa clasificación. Establecer un vínculo entre tono y frecuencia
	Sesión 3. Timbre	Reconocer las representaciones que tiene cada sonido

3.3. Análisis y resultado secuencia 2

Recordemos que el objetivo de esta segunda secuencia es identificar como se puede clasificar el sonido según su volumen o intensidad, tono y timbre, cabe resaltar que esta propuesta está guiada a partir de la construcción de todo un marco teórico que se ha dado a conocer a lo largo de este capítulo.


A continuación, se presenta una breve descripción de la sesión 1


¿Cómo relacionar los efectos sensoriales del sonido con las propiedades físicas de las ondas?	
Sesión 1. El volumen	
<p>Durante esta sesión se hará uso del montaje de los tubos que se realizó en la primera actividad en uno de los extremos del tubo de PVC se ubicara un baffle, se reproducirán diferentes notas musicales (para nuestro caso se utilizó la app Fecuecy generator) se cuestionara al participante <i>sobre lo que observa cada vez que sube o baja el volumen del baffle</i>. Luego en el extremo del tubo se coloca la bolita de icopor y se repite el mismo procedimiento se cuestiona a los participantes <i>sobre lo que observa cada vez que sube y baja el volumen ¿Qué le pasa la bolita de icopor? ¿Cómo puedes relacionar lo que le pasa a la bolita de icopor cuando bajas o subes el volumen del baffle?</i></p> <p>El objetivo de esta actividad es identificar que existe una relación entre las vibraciones que se observa en la membrana y el sonido producido por el baffle, es decir se espera que los participantes puedan identificar que entre más vibraciones se observen en la membrana del tubo de pvc mayor va a hacer el volumen el cual está relacionado con la intensidad.</p>	

En la **sesión 1. El volumen**: Se evidenció que para contestar la pregunta *¿Qué observas cada vez que comienzas a aumentar el volumen de la nota que se está produciendo en el baffle?* los estudiantes contestaban que las vibraciones del sonido aumentaban a medida que se aumentaba el volumen del baffle y cuando bajaban el volumen las vibraciones disminuían.

Los estudiantes para contestar la pregunta *¿Cómo explicarías lo que está pasando cuando bajan y suben el volumen del baffle?* identifican que las vibraciones que se observaban en la membrana dependían del volumen del baffle. Ellos afirman que entre más alto estuviera el volumen con mayor frecuencia se observaban las vibraciones lo que no pasaba cuando el volumen se comenzaba a bajar, la frecuencia con la que vibraba la membrana disminuía, relacionaron que cuando se bajaba el volumen del baffle el sonido es más grave. Durante el desarrollo de la experiencia los estudiantes tuvieron en cuenta organizar los tubos por sus tamaños, para hacer registrar sus respuestas.

A continuación, se presenta en la siguiente tabla las respuestas que los estudiantes dieron a esta primera sesión.

Secuencia 2. ¿Cómo relacionar los efectos sensoriales del sonido con su representación		
<i>Sesión 1. El volumen</i>		
	Preguntas	Respuestas de los estudiantes a las situaciones
<p><i>Experiencia 1. Sin bolita de icopor</i></p> 	<p>¿Qué observas cada vez que comienzas a aumentar el volumen de la nota que se está produciendo?</p>	<p>Grupo 1. <i>“a las vibraciones de sonido aumenta a medida que el volumen del sonido va aumentando. También se produce cuando se le coloca el tubo de PVC se escucha con más eco con profundidad y aumenta en las ondas”</i></p> <p>Grupo 2. <i>“tubo 1. Con la frecuencia 176,44 produce vibraciones muy leves con el tubo más alto y ancho”</i> <i>“tubo 2. Con la frecuencia 176,44 produce vibraciones medio altas en el tubo pequeño ancho”</i> <i>“tubo 3. Con la frecuencia 176,44 produce vibraciones muy altas con el tubo bajo delgado”</i> <i>“tubo 4. 176,44 produce vibraciones extremadamente atas en el tubo alto delgado”</i></p> <p>Grupo 3. <i>“esta en un punto medio ya que va variando su sonido a medida que aumentamos la frecuencia”</i></p> <p>Grupo 4. <i>“se observa que a medida de que aumenta el volumen se produce una vibración”</i></p>
	<p>¿Qué observas cuando ahora haces todo lo contrario?</p>	<p>Grupo 1. <i>“al disminuir el volumen del sonido las vibraciones en el tubo disminuyen las ondas provocando que se pierda el sonido en la profundidad”</i></p> <p>Grupo 2. <i>“tubo 1. Con la frecuencia 176,44 no produce vibraciones al bajar el volumen alto y ancho”</i> <i>“tubo 2. Con la frecuencia 176,44 las vibraciones se mantienen en el tubo pequeño y ancho”</i> <i>“tubo 3. Con la frecuencia 176,44 produce vibraciones muy bajas”</i> <i>“tubo 4. Con la frecuencia 176,44 se mantiene igual menos cuando baja todo el volumen por las ondas, por el volumen y por el tamaño y forma de los tubos las vibraciones cambian”</i></p> <p>Grupo 3. <i>“al reducir la frecuencia el sonido es más grave”</i></p> <p>Grupo 4. <i>“en esta actividad se ve todo lo contrario al primer punto ya que ejerce una vibración y un volumen más pasivo haciendo como objetivo final que no sea mucho la diferencia de lo que se quiere producir”</i></p>
		<p>Grupo 1. <i>“la frecuencia del sonido varia por el volumen que tiene ya sea si sube o baja; cuando cambia el volumen las vibraciones son más intensas o no” (aquí los estudiantes colocaron uno tras otro los tubos) “ya</i></p>

	<p>¿Cómo explicarías lo que está pasando?</p>	<p>cuando se le colocan más tubos dentro de estos las vibraciones se vuelven más intensas ya que se agrupan en un lugar más cerrado”</p> <p>Grupo 2. “Tubo 1. cambia el sonido al colocarlo, el tubo en el baffle en el tubo alto y ancho” “tubo 2. El sonido no cambia solo el tubo vibra en el tubo pequeño ancho” “tubo 3. No cambia el sonido y no vibra en el tubo pequeño delgado” “tubo 4. Cambia el sonido y vibra bastante”</p> <p>Grupo 3. “según la frecuencia del sonido y el área de los tubos el sonido es agudo o grave, además que genera una vibración”</p> <p>Grupo 4. No respondió.</p>
<p>Experiencia 2. Con bolita de icopor</p> 	<p>¿Qué le ocurre a la bolita de icopor cuando aumentas o disminuyes el volumen del baffle?</p> <p>¿Cómo puedes explicar lo que sucede?</p>	<p>Grupo 1. “Al colocar la bolita de icopor e ir aumentando el sonido, se puede observar como la vibración aumenta por lo cual la bolita empieza a rebotar contra el caucho del globo y mientras el sonido aumenta más frecuentemente será la vibración y viceversa si va disminuyendo por bajar su volumen o intensidad menor será la vibración; para explicar este hecho yo pienso que es debido a las ondas que entre el baffle por el sonido y este choca con el extremo con el caucho del globo produce la vibración”</p> <p>Grupo 2. “el impacto del sonido en los tubos de pequeño tamaño cambia”</p> <p>Grupo 3. Con este grupo se cambió la bolita de icopor por arena puesto que este grupo pregunto si esta misma experiencia se podía realizar con otra cosa que no fuera la bolita de icopor “desde lo que se pudo percibir cada tubo una reacción diferente dependiendo su tamaño y frecuencia, además que cada tubo formo una distinta forma, en algunas se concentró la tierra y en otros se expandió la tierra”</p> <p>Grupo 4. “tubo 1. Pequeño y delgado. La bolita está más cerca al borde, pero a medida que se aumenta el volumen la bolita deja de rebotar” “tubo 2. Grande. la bolita que está más larga hace que a medida que aumenta el volumen rebota más la bolita, si se acorta la bolita a la misma medida que el tubo 1 la bolita sigue rebotando con una menor intensidad, pero se detiene como la del tubo 1 (pequeño y delgado)” “tubo 3. Pequeño y grueso. La bolita está ubicada en el centro del tubo, y se puede observar que a medida que sube el volumen hay una mayor intensidad de la rebotación de la bolita, si llegamos al límite del volumen la bolita pierde el control dejando de rebotar en el tubo”</p>

	<p><i>“tubo 4. Grande y delgado. La bolita llega al otro extremo del tubo, pues se nota que al subir el volumen la bola tiene una mínima rebotación en el tubo, pero si se acorta la bola en la mitad del tubo, tiene una mayor intensidad en sus rebotación”</i></p>
<p>Encuentras alguna diferencia en las dos situaciones</p>	<p>Grupo 1. <i>“pues no encuentro ninguna diferencia ya que en las 2 situaciones el volumen es el mismo y no cambia el sonido con respecto a la bolita de icopor, siempre el sonido es el mismo con o son la bolita de icopor, en la vibración cambia ya que la bolita absorbe la vibración y por eso se mueve”</i></p> <p>Grupo 2. <i>“no porque solo afecta al colocar la bolita porque podemos percibir mejor la vibración”</i></p> <p>Grupo 3. No respondió.</p> <p>Grupo 4. <i>“al momento de aumentar el volumen a si mismo aumenta el movimiento de la bola, de lo contrario si disminuye el volumen disminuye el movimiento o se detiene”</i></p>
<p>¿Qué criterios tomaste en cuenta para realizar esta experiencia?</p>	<p>Grupo 1. <i>“el primer criterio tomado fue determinar la frecuencia en Hertz, luego con que volumen escucharía, sucesivamente con los tubos de PVC se observó la frecuencia en la que pasaba las ondas a la matriz y de qué forma vibraba. Se cambió el tamaño de los tubos y de esta manera se determinaron algunas conclusiones para cada volumen del tubo de PVC”</i></p> <p>Grupo 2. <i>“el volumen, las vibraciones, frecuencia, el tamaño y la forma del tubo”</i></p> <p>Grupo 3. No respondió</p> <p>Grupo 4. <i>“el orden que se le dio a cada tubo, dependiendo de su tamaño”</i> <i>“las bolas que se hallaban en cada tubo dependiendo si era larga o pequeña”</i> <i>“el volumen como característica principal pues de él dependía que ocurría en cada objeto”</i></p>

En esta primera sesión se evidenció que los diferentes grupos relacionaron el volumen con las vibraciones que se generaban en cada uno de los tubos, por ejemplo: *“al momento de aumentar el volumen a si mismo aumenta el movimiento de la bola, de lo contrario si disminuye el volumen disminuye el movimiento o se detiene”* al igual que pudieron identificar que estas vibraciones podían ser más intensas dependiendo si el volumen aumentaba o disminuía o como ellos afirman que dependiendo de la frecuencia del volumen las vibraciones iban a cambiar, además estas vibraciones cambiaban dependiendo de las características del tubo, por ejemplo: *“Al colocar la bolita de icopor e ir aumentando el sonido, se puede observar como la vibración aumenta por lo cual la bolita empieza a rebotar contra el caucho del globo y mientras el sonido aumenta más frecuentemente será la vibración y viceversa si va disminuyendo por bajar su volumen o intensidad menor será la vibración; para explicar este hecho yo pienso que es debido a las ondas que entre el bafle por el sonido y este choca con el extremo con el caucho del globo produce la vibración”*

Los estudiantes para esta sesión tuvieron en cuenta los tamaños y las formas de los tubos, así como la longitud que deberían tener el hilo con el que se unía la bolita de icopor ya que si la bolita de icopor no tenía la misma condición durante la experiencia lo que observaban iba a cambiar. Por otra parte, otros estudiantes relacionaron la frecuencia con la que sonaba el sonido con el sonido que generaba, por ejemplo: *“al reducir la frecuencia el sonido es más grave”, “según la frecuencia del sonido y el área de los tubos el sonido es agudo o grave, además que genera una vibración”*

De la misma manera se hicieron los análisis de las respuestas de los estudiantes para la sesión 2 **El tono** y la sesión 3 **El timbre**. Las respuestas de los estudiantes se pueden observar en la tabla del ANEXO II PÁG.65

En la **sesión 2** del tono se pudo evidenció que los diferentes grupos hacían una clasificación de los sonidos que podían escuchar la cual realizar puesto que organizaron los diferentes vasos y botellas dependiendo de la cantidad de agua que cada recipiente tenía, en algunos grupos esa organización iba del que tenía más agua al que menos agua contenía, al hacer esa organización lograron clasificar entre sonidos graves y agudo.

Para el caso de las botellas y los vasos cuando se golpeaban se pudo identificar que los grupos mantenían la misma clasificación entre más agua tenía el recipiente este iba a generar un sonido grave mientras que el recipiente con menos agua genera un sonido agudo, por ejemplo: *“entre menos contenido tenga el vaso produce un sonido más agudo”, “se puede hacer una clasificación que va del más agudo al más grave teniendo en cuenta el agua que contenga el vacío, a menor cantidad de agua el sonido será agudo y a mayor cantidad del sonido se torna más grave”*

Mientras que cuando se soplaba la botella esa organización cambiaba, el recipiente con mayor agua producía un sonido agudo y el menos lleno un sonido grave, por ejemplo: *“los sonidos se tornan más graves cuando la botella se encuentra vacía o con menor cantidad de agua al contrario o cuando la botella se encuentra más llena su sonido es más agudo puede cambiar según la cantidad de agua que se encuentre en la botella” “sucede que, al tener mayor o menor cantidad de agua, los sonidos varían entre grave y agudo. Entre más agua agudo el sonido, entre menos agua; más grave el sonido”*

Durante la experiencia de la sirena los estudiantes llegaron a afirmar que *“a medida que van aumentando los orificios va cambiando el sonido que produce, se vuelve más frecuencia. El sonido es generado por la distancia entre un orificio y otro, entre más juntos mayor frecuencia y viceversa”, “denotamos que, al girar nuevamente el sistema mecánico, al escuchar detenidamente, las aberturas generadas al interior del círculo, generan ruidos sonoros, al haber aberturas el aire que está en el medio entra en contacto y genera una perturbación del sonido debido a la fuerza generada (tercera ley de newton)”*, en esta experiencia se evidencia que relacionan la cantidad de los agujeros con el sonido que genera, así como entre más gire el círculo más frecuente será el paso del aire por cada uno de los agujeros.

En esta sesión los estudiantes lograron a identificar y relacionar que dependiendo de la cantidad de agua el sonido iba a ser diferente y que los podían clasificar entre agudos y graves, así como algunos

grupos lograron identificar y relacionar en la actividad del disco de icopor que dependiendo de la cantidad de los orificios la frecuencia con la que se iba a entrecortar el aire era mayor.

En *la Sesión 3. El timbre*. En la primera **experiencia** algunos estudiantes encontraron dificultades cuando se les pedía si podían hacer alguna representación del sonido de las experiencias que realizaron en las sesiones anteriores, para algunos estudiantes les era difícil dar una representación a esas experiencias y otros grupos afirmaban que esas representaciones eran como la de una onda, pero al preguntarles si esa representación era la misma para cada una de las experiencias ellos decían que no y nuevamente al preguntarles en que cambiarían esas representaciones, para ellos era más fácil decir que eran agudo o graves que realizar una representación de que era un sonido agudo o grave.

Algunos estudiantes cuando realizaban la experiencia de los vasos con agua. Representaban la forma de una onda para algunos tenían picos pronunciados cuando se referían a tonos agudos, y cuando tenían picos menos pronunciados se referían a sonidos graves, y para representar que había pequeños sonidos, ellos dibujaban unas pequeñas ondas a las cuales llamaban residuos del sonido.

Durante el desarrollo de toda esta experiencia se pone de presente que las representaciones que hacen los estudiantes involucran de una forma u otra la amplitud y la longitud de la onda para cada una de las actividades que realizaron, aunque no llegaron a caracterizar esa representación identificando que sería un valle, una cresta y la amplitud de la onda, si tienen claro que cada sonido tiene una representación en particular y que esto depende de si es grave o agudo el sonido, al igual que si el volumen aumenta mayor va a ser su amplitud que cuando este tiene un menor volumen, así como lo dan a entender cuando se les pregunta *si puede identificar si existe una diferencia cuando se hace sonar una guitarra, flauta, violín y una trompeta* los estudiantes dan a conocer que si se puede hacer esa identificación puesto que se puede reconocer si el instrumento que está sonando es de viento o de cuerda, al igual que los pueden llegar a clasificar.

Por otro lado de estas experiencias se puede rescatar las diferentes formas que tienen los estudiantes para hablar de un fenómeno en particular, bien sea utilizando dibujos, escritos así como el utilizar sus propio lenguaje para dar a conocer lo que esta pensando. Recordemos que apartir de asignar experiencia a los estudiantes podemos brindarles un lenguaje que le permita hablar de un fenómeno, y que no es necesario que el estudiante utilice lenguaje científico o terminos de fenomenos que él ya conosca si en realidad no ha interiorizado ese conocimiento.

CAPÍTULO IV. REFRACCIÓN DEL SONIDO

En los capítulos anteriores se habló del fenómeno del sonido en el cual se definieron las características del sonido como el volumen o intensidad, tono y timbre, y se señaló cómo era la relación de cada una de ellas con su representación. Es importante recordar esta relación para poder hablar del fenómeno de la refracción del sonido, puesto que para nosotros es claro que no podemos dejar de lado las características del sonido para abordar y dar a conocer su íntima relación con el fenómeno de la refracción.

Se resalta que el trabajo experimental y el análisis de las características de la refracción del sonido se hará mediante la representación que se obtiene con ayuda del programa Audacity, mediante el cual se busca evidenciar cuáles de las características del sonido variarían al cambiar la temperatura. También cabe resaltar que a lo largo de la historia se han hecho diferentes investigaciones para demostrar el vínculo de la velocidad del sonido con la temperatura como se mostró detalladamente el capítulo 1 pág. (3-4).

Ahora bien, en este capítulo nosotros abordaremos inicialmente la resonancia de los tubos abiertos y que propiedades deben tener estos tubos y los elementos necesarios para la comprensión de la refracción del sonido.⁷

4.1. Tubos sonoros

Antes de abordar las leyes que rigen los tubos sonoros y los sonidos producidos por un tubo cerrado y uno abierto, es necesario definir que son los tubos sonoros:

Son aquellos que contienen una columna gaseosa capaz de producir sonido al ser al ser convenientemente excitada. El cuerpo sonoro es la columna gaseosa, y no el tubo que la contiene; en efecto, este tiene la importante función de definir la forma de aquella pero fuera de esto, influye relativamente poco sobre los fenómenos sonoros.(Tirso de Olazabal, 1998.p.109)

Entiéndase que cuando se habla de columna gaseosa nos referimos a la columna de aire que el tubo sonoro contiene, esta columna de aire es el único cuerpo sonoro. También (Ganot, 1885) afirma que: el material de los tubos no tiene influencia sobre el sonido; este es el mismo, cuando las dimensiones son iguales, sea que los tubos estén hechos con madera, vidrio ó metal : lo único que se modifica es el timbre.(Ganot, 1885.p.328)

(Tirso de Olazabal, 1998) también afirma que las columnas en los tubos sonoros se comportan como:

Una cuerda musical, y en efecto en ambos casos las vibraciones son debidas a las formaciones de una onda estacionaria; por lo tanto, las columnas de aire son vibrante poseen nodos, o sea puntos donde las vibraciones son nulas, y un vientre, equidistantes de los anteriores, donde

⁷ En este capítulo se deja plasmada la propuesta de aula, la cual no se llevó acabo debido a las fechas programadas para las practicas pedagógicas 2018-2 y 2019-.

las vibraciones alcanzan su máxima amplitud; la distancia que hay entre dos nodos o dos vientres consecutivos será siempre media longitud de onda. (Tirso de Olazabal, 1998.p110).

Además como nos da a conocer (Tirso de Olazabal, 1998) las vibraciones de las columnas de aire son longitudinales, en las cuales los nodos serán, puntos de condensación y los vientres puntos de rarefacción, en los extremos cerrados siempre se producen nodos y en los extremos abiertos se producen vientres. (Tirso de Olazabal, 1998) también afirma que una columna de aire puede vibrar con toda su longitud o dividida en segmentos iguales como pasa en las cuerdas, para una longitud completa el sonido que se obtiene se llama fundamental y cuando es dividida esa longitud se le llama armónicos.

Estos tubos sonoros se pueden clasificar de acuerdo al número de aberturas que este tenga, según la forma, (entiéndase por forma como ya sean cilíndricos, cónicos y prismáticos), y según la excitación de la columna aérea (estos se clasifican en tubos de embocadura, lengüeta y de boquilla). Para la acústica se les llama a los tubos cerrados a los que posee una sola abertura, y los abiertos los que poseen una o más aberturas.

Sabemos que un tubo abierto solo puede haber vientres de vibración, por lo tanto el tubo producirá su fundamental cuando vibre con un nodo único en su centro como no lo da a conocer (Tirso de Olazabal, 1998.pp.109-111)

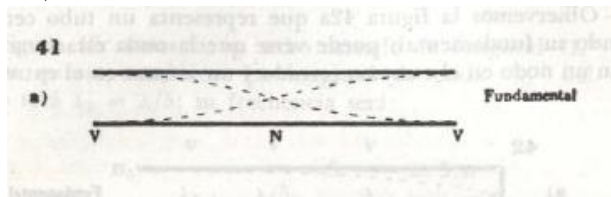


Ilustración 11. Vibraciones de un tubo abierto. Imagen tomada de (Tirso de Olazabal, 1998.p.111)

En la primera ilustración se puede ver que si "L" es la longitud del tubo, podemos escribir: $\lambda = 2 * L$ (donde "λ" es la longitud de la onda de la fundamental). Como $n = \frac{v}{\lambda}$ y "n" es la frecuencia de la fundamental y "v" la velocidad del sonido, podemos decir que:

$$n = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2L}$$

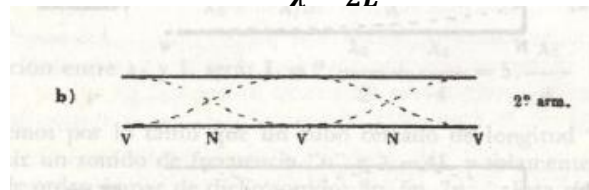


Ilustración 12. Segundo armónico de un tubo abierto (Tirso de Olazabal, 1998.p.111)

Cuando el tubo produce su segundo armónico (ilustración 12), la longitud de onda "λ₂" de dicho sonido será: $\lambda_2 = \frac{\lambda}{2}$; su frecuencia n₂ será: $n_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{\lambda/2} = 2 * \frac{v}{\lambda} = 2 * n$

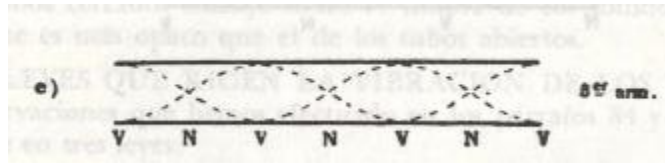


Ilustración 13. Tercer armónico (Tirso de Olazabal, 1998.p.111)

Cuando el tubo produzca su tercer armónico (ilustración 13), la longitud de la onda " λ_3 " será de $\lambda/3$ y su frecuencia " n_3 " será: $n_3 = 3 * n$. Vemos que teóricamente un tubo abierto de longitud " L " puede producir un sonido de frecuencia $n = \frac{v}{2L}$ y todos los armónicos de dicho sonido ($2n, 3n, 4n \dots$). (Tirso de Olazabal, 1998,p.111)

Ahora bien, para un tubo cerrado como se muestra en la ilustración 14, produciendo su armónico fundamental; puede verse que la onda estacionaria se forma con un nodo en el extremo cerrado y un vientre en el extremo abierto pues este es el único modo de vibración posible a esta clase de tubo. En las condiciones de la ilustración 15, es evidente que $\lambda = 4 * L$ por lo tanto, la frecuencia " n " de la fundamental será: $n = \frac{v}{4L}$

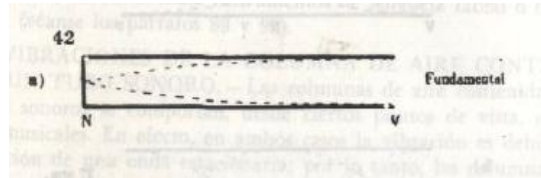


Ilustración 14. Vibración de un tubo cerrado. Armónico fundamental. (Tirso de Olazabal, 1998.p.112)

Luego de la fundamental, se produce en primer lugar el tercer armónico; su longitud de onda " λ_3 " será: $\lambda_3 = \frac{\lambda}{3}$; su frecuencia " n_3 " será: $n_3 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{v}{\lambda/3} = 3 * \frac{v}{\lambda} = 3 * n$

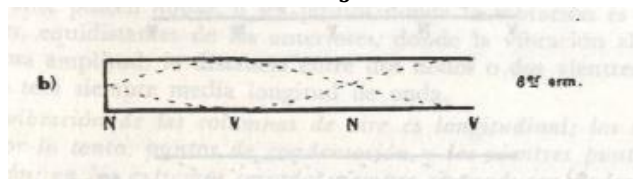


Ilustración 15. Vibraciones de un tubo cerrado. Tercer armónico. (Tirso de Olazabal, 1998.p.112)

La ilustración 15 muestra el tubo cerrado produciendo su tercer armónico donde puede verse que:

$$L = \frac{\lambda_3}{2} + \frac{\lambda_3}{4} = 3 \frac{\lambda_3}{4}$$

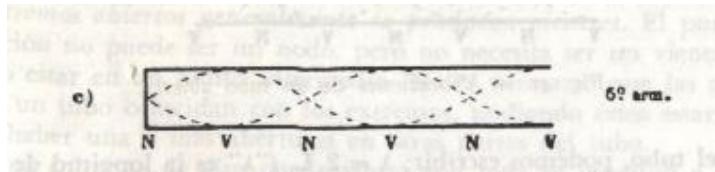


Ilustración 16. Vibración de un tubo cerrado. Quinto armónico

La ilustración 16 muestra un tubo cerrado de longitud " L " produciendo su quinto armónico. La longitud de onda " λ_5 " será: $\lambda_5 = \frac{\lambda}{5}$; su frecuencia será:

$$n_5 = \frac{v}{\lambda_5} = \frac{v}{\lambda/5} = 5 * \frac{v}{\lambda} = 5 * n$$

La relación entre " λ_5 " y " L " sera: $L = 2 \frac{\lambda_5}{2} + \frac{\lambda_5}{4} = 5 \frac{\lambda_5}{4}$

Vemos por lo tanto que un tubo cerrado de longitud " L " puede producir un sonido de frecuencia " n " y $\lambda = 4L$ y solamente los armónicos de orden impar de dicho sonido: **3n, 5n, 7n** ...estas características de los tubos cerrados influyen sobre el timbre de los sonidos que producen que es más opaco que el de los tubos abiertos. (Tirso de Olazabal, 1998, pp.111-113)

4.1.1. Leyes que rigen la vibración de los tubos sonoros.

Antes de abordar las leyes que rigen las vibraciones de los tubos cabe resaltar que actores como (Ganot Adolphe, 1885; Helmholtz, Hermann von, 1895; Tirso de Olazabal, 1998) señalan que estas se determinaron a partir de la experimentación, es decir que para llegar a estas leyes hacían vibrar dos tubos de la misma especie es decir que los dos tubos tengan las mismas características en materiales y forma, uno de estos debe ser el doble del otro, así del tubo más corto se obtiene la octava del tubo más largo.

Primera ley: la frecuencia correspondiente al sonido fundamental que puede producir un tubo varía inversamente a la longitud del mismo: $n_1/n_2 = L_2/L_1$: por lo tanto un tubo cuya longitud es la mitad o el doble que la de otro, producirá su octava aguda o grave respectivamente.

Segunda ley: el sonido fundamental emitido por un tubo cerrado " n " es la octava grave del sonido fundamental emitido por un tubo abierto " n_a " de la misma longitud: si " L " es la longitud de ambos tubos. Sabemos que para la fundamental en el tubo cerrado tendremos $\lambda_c = 4L$; mientras que para la fundamental en el tubo abierto tendremos: $\lambda_a = 2L$ o sea que $\lambda_c = 2\lambda_a$; como $n_c/n_a = \lambda_a/\lambda_c$ tendremos: $n_c = n_a/2$

Tercera ley: los tubos abiertos emiten la serie completa de los armónicos correspondientes a su longitud; los tubos cerrados emiten solo los armónicos de orden impar. (Tirso de Olazabal, 1998)

Las relaciones que dimos anteriormente entre frecuencia y longitud de un tubo son teóricas: en la práctica, la longitud de tubo necesaria para producir un sonido de frecuencia " n ", es siempre algo menor que la teórica, debido a que los vientres se forman afuera del tubo y no exactamente en los extremos del mismo. (Para un tubo cerrado de forma cilíndrica (excitado por su extremo abierto), la corrección será $L' = L + 2,7 * R$ donde " L " será la longitud vibrante de la columna de aire " L " la longitud real del tubo y " R " el radio de su sección circular. Para un tubo cilíndrico abierto, excitado en un extremo, la corrección en el extremo libre será pequeña (0,6) y se sumará a la del extremo donde se realiza la excitación; tendremos entonces: $L' = L + 3,3 * R$. Estas correcciones han sido calculadas para tubos cuyo diámetro (2R) es pequeño respecto de la longitud de onda de los sonidos que producen; varían un poco con la frecuencia de los sonidos considerados. (Tirso de Olazabal, 1998, p.112-113).

4.2. Montaje experimental para el estudio del fenómeno de refracción

El diseño del montaje experimental que se describirá más adelante se basó en el montaje diseñado por (Velasco et al., 2004) el cual consiste en utilizar dos tubos de metacrilato; uno de los tubos tiene una longitud de 46 cm con un diámetro exterior de 4,9cm y un grosor de pared de 0,4 cm; el otro tubo tiene una longitud de 48cm, un diámetro exterior de 2,5 cm y un grosor de pared de 0,2 cm. Los tubos se montan coaxialmente y se unen con dos paredes de plástico colocadas en el extremo del tubo exterior. El tubo que se encuentra en el exterior tiene dos orificios que permite la entrada y salida de agua procedente de un termostato.

En un extremo del tubo interno es decir el tubo de resonancia se coloca un pequeño altavoz con una impedancia de 33 ohm y una respuesta de frecuencia de 20-10000hz. En el otro extremo de este tubo en un tapón de PVC se coloca un micrófono, la distancia entre el altavoz y el micrófono es de 45 cm. El micrófono se alimenta con una batería de 3 voltios; el altavoz se conecta a un generador de ruidos aleatorios. El micrófono se conecta a un ordenador el cual tiene un software para analizar el espectro. La temperatura dentro del tubo interno se mide con un termopar tipo K calibrado y también se conecta al ordenador para poder obtener los datos durante todo el experimento.

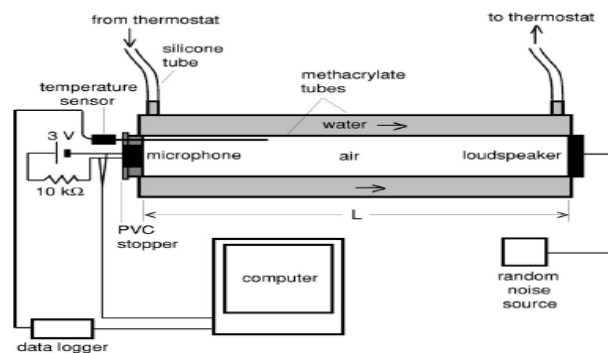


Ilustración 17. Montaje de Velasco

A continuación, se darán a conocer las modificaciones que se hicieron sobre el montaje de Velasco para nuestro montaje experimental, los tubos que se utilizaron fueron de cpvc para agua caliente los cuales soportan una temperatura de 82 grados. El tubo exterior es de dos pulgadas y tiene una longitud de 95 cm con un diámetro de 5,5 cm y el tubo interno es de una pulgada y tiene una longitud de un metro con un diámetro de 2,5cm. El tubo exterior se dividió en tres partes dos de estas tiene 18 cm y el otro 34 cm, se utilizaron dos uniones en T para unir los tres tubos que conforman el tubo exterior.



Ilustración 18. Fotos de los materiales que se utilizaron para el montaje

Al tener cada una de las partes que conforman el tubo exterior unidas con las T, se prosigue con colocar el tubo interno que corresponde al tubo de una pulgada.



Ilustración 19. Foto unión del tubo externo y colocación del tubo interno.

Para unir el tubo externo con el tubo interno se utilizan dos tapones de 2 pulgadas a los cuales se les hicieron dos orificios en el centro para garantizar que los tubos queden montados coaxialmente.



Ilustración 20. Foto de tubos en forma coaxial.

En uno de los extremos del tubo de dos pulgadas se ubicó un bafle de 8 ohm y 30 watt, para esta conexión se debe garantizar que el bafle quede bien ubicado en el centro del tubo interno y que quede bien sellado para que el sonido solo tome una dirección y sea la del tubo interno; en el otro extremo del tubo se ubica un micrófono y un termostato digital los cuales se deben colocar en el interior del tubo interno (tubo de una pulgada) estas dos cosas deben estar en la mitad del tubo. el termostato tiene una capacidad de registrar temperaturas entre los -50° y 110°C , este termostato funciona con 12V. El micrófono se conecta a un ordenador el cual tiene el programa Audacity.

A continuación, se presenta el micrófono utilizado y el circuito que compone el sensor de temperatura, al igual que el diseño final del montaje que se realizó.

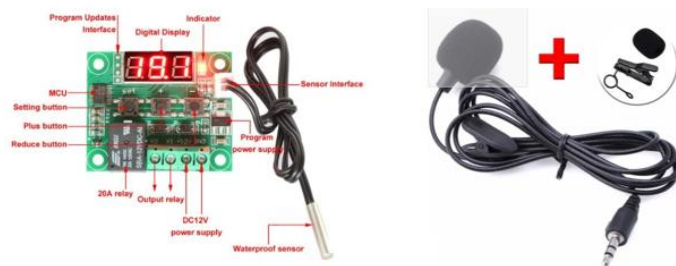


Ilustración 21. Termostato digital y audífono. Imágenes tomada⁸

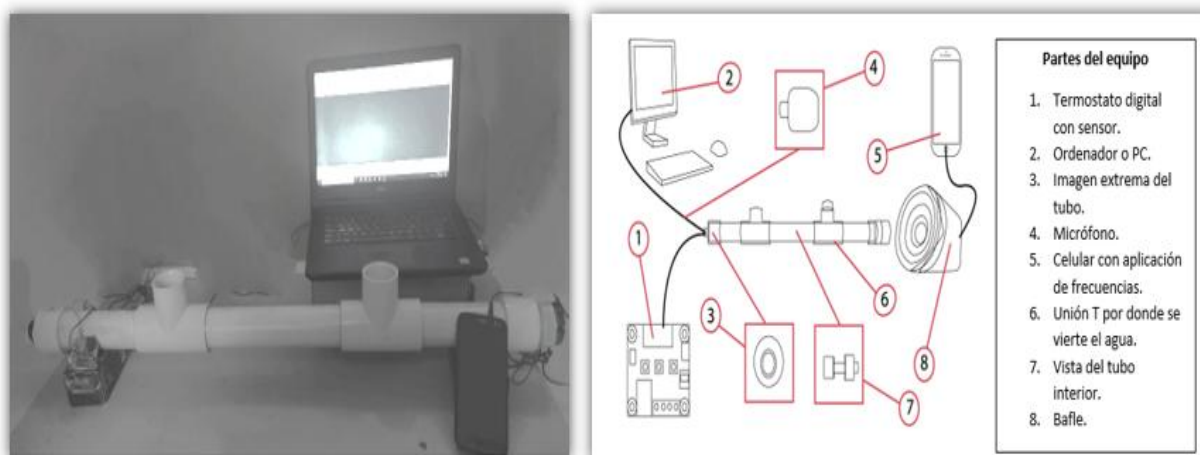


Ilustración 22. Planos del montaje

4.3. Procedimiento para la toma de datos

Para la toma de datos se tuvieron algunas consideraciones como las frecuencias de resonancia del tubo en este caso para un tubo abierto se utilizó la siguiente ecuación $L = \lambda/2$, recordemos que L es la longitud del tubo y λ (lamba) es la longitud de la onda. La ecuación anterior nos permite hallar el primer armónico el cual corresponde a nuestra frecuencia fundamental; para el segundo armónico y tercer armónico se utilizaron las ecuaciones que se vieron al inicio de este capítulo.

Los armónicos para un tubo cerrado son los números impares los cuales se denotan como n . Sabiendo que la velocidad del sonido se puede hallar a partir de la ecuación $v = \lambda f$ (siendo v la velocidad del sonido 343,2 m/s a una temperatura de 20°C y f la frecuencia).

A continuación, se muestra en la siguiente tabla los cálculos que se hicieron para un tubo cerrado, así como para un tubo abierto.

Tubo cerrado $n = 1,3,5$	Tubo abierto $n = 1,2,3$
Frecuencia fundamental	Frecuencia fundamental
$v = f \lambda$; $\frac{v}{\lambda} = f$	$v = \lambda f$; $\frac{v}{\lambda} = f$
	$L = \lambda/2$

⁸ https://www.vistronica.com/sensores/temperatura/termostato-digital-xh-w1209-detail.html?gclid=Cj0KCQjwivbsBRDsARIsADyISJ_z83nPcS2zeQ1HNoOghOA76CtxYStr_1qEhDF_cj6gAllmb2sZjv4aAux4EALw_wcB
https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-509639386-microfono-solapa-clip-anti-ruido-camara-pc-repuestos-mic-g-JM?matt_tool=30667577&matt_word&gclid=Cj0KCQjwivbsBRDsARIsADyISJ9SyfwOhUu5J117XD1nGm3lhvzO72RWg3P9jisMsLa8kk_SicFlsJYaAnlnEALw_wcB&quantity=1&variation=40114591741

$L = \lambda/4$ $f = \frac{343,2\text{m/s}}{4(1\text{m})} = 85,8 \text{ Hz}$	$f = \frac{343,2\text{m/s}}{2(1\text{m})} = 171,6 \text{ Hz}$
<p>Segundo armónico</p> $\frac{3v}{4L} = f \ ; \ \frac{3v}{4L} = f$ $f = \frac{3(343,2\text{m/s})}{4(1\text{m})} = 257,4\text{Hz}$	<p>Segundo armónico</p> $L = \lambda$ $f = \frac{2(343,2\text{m/s})}{2(1\text{m})} = 343,2 \text{ Hz}$
<p>Tercer armónico</p> $\frac{5v}{4L} = f \ ; \ \frac{5v}{4L} = f$ $f = \frac{5(343,2\text{m/s})}{4(1\text{m})} = 429\text{Hz}$	<p>Tercer armónico</p> $L = 3\lambda/2$ $f = \frac{3(343,2\text{m/s})}{2(1\text{m})} = 514,8 \text{ Hz}$

Para la toma de datos se toma la frecuencia de 171,6 Hz que corresponde a la de un tubo abierto; el procedimiento a seguir es registrar la frecuencia con una temperatura ambiente, después se registra la misma frecuencia haciendo cambio de temperatura para esto se debe calentar un litro de agua lo suficiente para elevar la temperatura a 30°C en el tubo.

Cuando el agua ya este caliente se coloca en el tubo, después se espera que la temperatura llegue a un equilibrio, es decir, cuando el sensor de temperatura indique un valor estable. Cuando esto suceda se procede a enviar la frecuencia de 171,6 Hz desde el celular, en el ordenador se encuentra ya listo programa de Audacity listo para grabar la frecuencia.

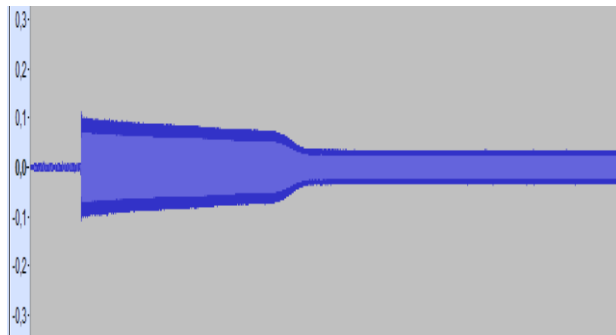


Ilustración 23. frecuencia 171,6 temperatura ambiente 21,7°C

En la ilustración 23 se muestra el registro que se obtiene de dicha frecuencia a una temperatura ambiente, el programa permite hacer un acercamiento y observar la distancia que hay entre las crestas, así como de las amplitudes. En la ilustración 24 se presenta el acercamiento que permite hacer el programa. En el programa Audacity el eje x pertenece al tiempo de la grabación y el eje y a la amplitud de la onda. Después de obtener estas primeras graficas se procede a conseguir el espectro que genera esta frecuencia, para esto se selecciona la grabación y en la opción de analizar del programa Audacity se selecciona analizar espectro.



Ilustración 24. Acercamiento de la ilustración 26

Al tener la gráfica del espectro se procede a exportar los datos de este espectro a una hoja de Excel, esto con el objetivo de obtener las frecuencias y las amplitudes para la frecuencia que estamos analizando.

Al tener ya estos datos en Excel se procede a realizar la gráfica de decibeles (dB) vs frecuencias (Hz). Como se muestra en la ilustración 26.

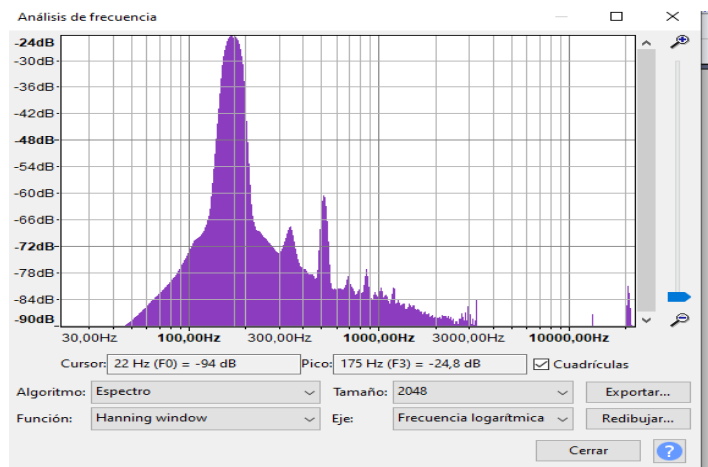


Ilustración 25. espectro 171,6 Hz - temp amb

21,7°C

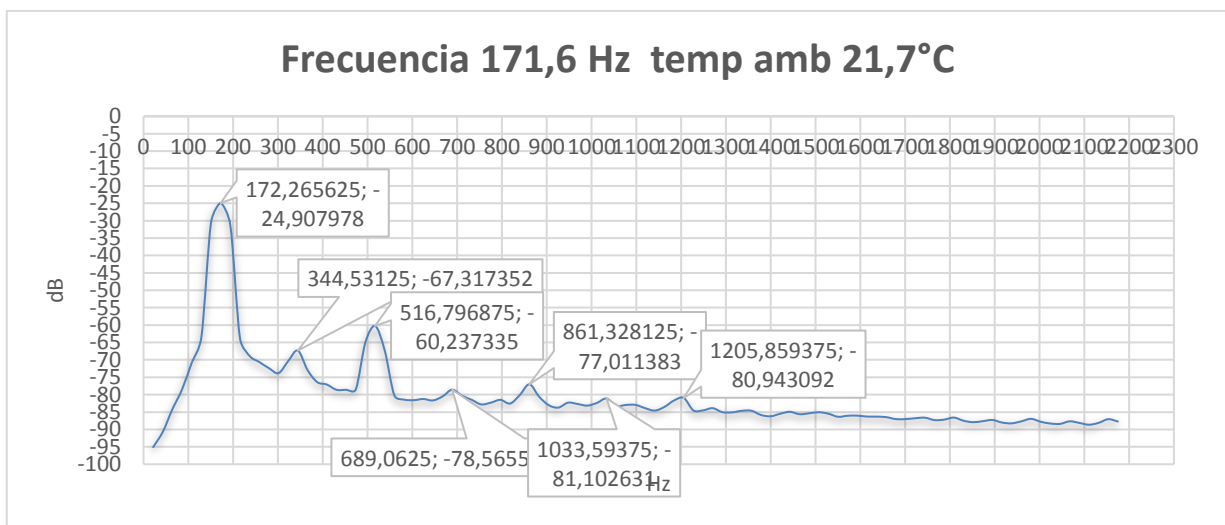


Ilustración 26. Grafica de dB vs Hz

En la ilustración 26 podemos observar las frecuencias de resonancia del tubo a una temperatura de 21,7°C, estas frecuencias de resonancia son los picos que se muestran en la gráfica, se enumeran con su valor de numero entero n . A continuación, se presentan los datos de las frecuencias de resonancia vs n .

Frecuencia de resonancia vs n	
n	Hz
1	172,265625
2	344,53125
3	516,796875
4	689,0625
5	861,328125
6	1033,59375
7	1205,85938

Al realizar la gráfica de los datos obtenidos de las frecuencias de resonancia vs n . La pendiente que se obtiene de esta grafica me representa v/λ .

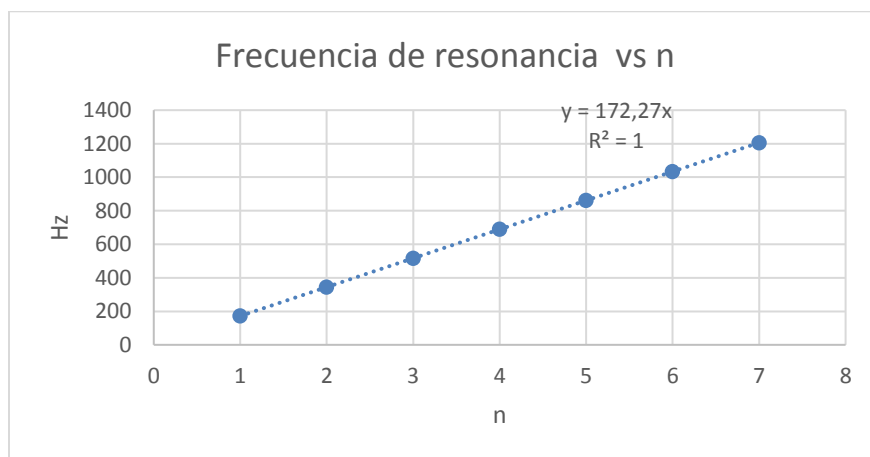


Ilustración 27. Grafica de frecuencias de resonancia vs n.

Para hacer el cálculo de la velocidad del sonido se tiene en cuenta la siguiente ecuación la cual corresponde a la frecuencia de resonancia del tubo:

$$f_n = \frac{nv}{2L}$$

De esta frecuencia podemos despejar la velocidad del sonido v , f_n corresponde a la frecuencia de resonancia que son los picos obtenidos en nuestra ilustración 30.

$$v = \frac{f_n * 2L}{n}$$

A continuación, se presenta los cálculos de la velocidad del sonido para la frecuencia de 171,6 Hz a una temperatura de 21,7°C.

velocidad a temp amb 21,7°C		
n	Hz	v (m/s)
1	172,265625	
2	344,53125	344,53125
3	516,796875	344,53125
4	689,0625	344,53125
5	861,328125	344,53125
6	1033,59375	344,53125
7	1205,85938	344,53125
promedio de v		344,53125

A continuación, se muestra los datos obtenidos para la misma frecuencia variándole la temperatura.

velocidad a 21,7°C			velocidad a 29,5°C		velocidad a 30,7°C		velocidad a 31°C		velocidad a 31,6°C	
n	Hz	v (m/s)	Hz	v (m/s)	Hz	v (m/s)	Hz	v (m/s)	Hz	c v (m/s)
1	172,265625		172,265625		172,265625		172,265625		172,265625	
2	344,53125	344,53125	344,53125	344,53125	344,53125	344,53125	344,53125	344,53125	344,53125	344,53125
3	516,796875	344,53125	516,796875	344,53125	516,796875	344,53125	516,796875	344,53125	516,796875	344,53125
4	689,0625	344,53125	689,0625	344,53125	796,728516	398,364258	689,0625	344,53125	689,0625	344,53125
5	861,328125	344,53125	861,328125	344,53125	861,328125	344,53125	861,328125	344,53125	861,328125	344,53125
6	1033,59375	344,53125	1076,66016	358,886719	947,460938	315,820313	1141,25977	380,419922	1205,85938	401,953125
7	1205,85938	344,53125								
promedio de v		344,53125		347,402344		349,555664		351,708984		356,015625

Ilustración 28. Velocidades obtenidas a partir del montaje experimental.

En esta tabla se muestra los datos obtenidos de las frecuencias de resonancia para la frecuencia de 171,6 cuando esta se le varia la temperatura, también se presentan las velocidades obtenidas para cada una de las frecuencias, y por último el promedio de dichas velocidades. En el promedio de las velocidades podemos observar que la velocidad va variando a medida que la temperatura está aumentando.

Al hacer una comparación de los datos obtenidos en nuestro montaje con los que nos presenta (Velasco et al., 2004), podemos identificar que no tenemos los mismos valores puesto que estamos utilizando diferentes rangos de temperatura así como la frecuencia que hacemos resonar dentro del tubo.

	n	t(°C)				
		16.2±0.1	26.4±0.1	36.6±0.2	47.4±0.2	57.7±0.3
v _n (Hz)	2	781	794	801	822	833
	3	1150	1171	1188	1205	1239
	4	1518	1548	1574	1610	1633
	5	1897	1926	1960	1999	2038
	6	2277	2320	2352	2404	2444
	7	2656	2697	2750	2793	2843
	8	3036	3074	3136	3198	3255
	9	3404	3468	3528	3587	3654
	10	3783	3851	3909	3986	4065
	11	4169	4234	4313	4392	4471
	c _s (m/s)		341.2±1.1	346.8±1.1	352.9±1.1	359.5±1.1

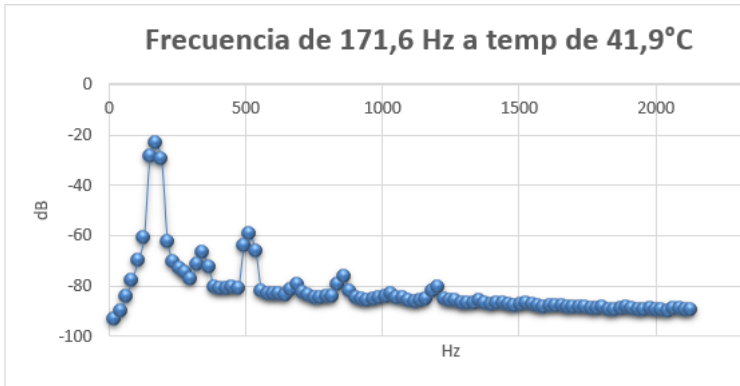
Ilustración 29. Datos obtenidos de la velocidad por (Velasco et al., 2004)

También cabe resaltar que el tubo que utiliza (Velasco et al., 2004) está hecho de otro material así como la longitud que este tiene, el tubo que utilizo Velasco es de aproximadamente 45 cm mientras el de nuestro montaje es de un metro.

Durante el desarrollo del experimento se encontraron algunas dificultades para la toma de datos, algunas de ellas tenían que ver con la cantidad de frecuencias de resonancia, es decir los picos que nos daban no eran suficientes para hacer el análisis de la velocidad, otro aspecto que llevo a influenciar en la toma de datos fue la temperatura en la que nos encontráramos, es decir a que sensación térmica estábamos durante el día.

Por otro lado, también nos encontramos con la dificultad que, al querer tomar una medida de temperatura por encima de los 40°C, podíamos encontrar dos resultados para esta medida, uno de ellos era que el resultado de la velocidad no variaba en relación con el último dato, la otra situación era que la gráfica que se obtenía de las frecuencias de resonancias no presentaba los suficientes picos para hacer un análisis. A continuación, se muestra la gráfica y la tabla de datos de estos dos casos en particular.

Temperatura 41,2°C		
n	Hz	v (m/s)
1	172,265625	
2	344,53125	344,53125
3	516,796875	344,53125
4	689,0625	344,53125
5	861,328125	344,53125
6	1205,85938	401,953125
promedio v		356,015625



Ya que la frecuencia de la vibración en una tubería es proporcional a la velocidad de propagación del sonido en el gas con el que se llena la tubería, la comparación de los tonos de las notas obtenidas a partir de la misma tubería en diferentes gases es un método obvio para determinar la velocidad de propagación, en los casos en que la imposibilidad de obtener una columna del gas suficientemente larga impide el uso del método directo (Rayleigh Strutt, 1896.p.61).

Circunstancias que alteran la intensidad del sonido, estas son: la distancia del cuerpo sonoro, la amplitud de las vibraciones, la densidad del aire en el punto donde el sonido se produce, la dirección de las corrientes de aire, y la proximidad de otros cuerpos. (Ganot, 1897.p.294)

4.4. Propuesta de actividades para el aula.

Para este último capítulo se proponen algunas actividades que guiarán a los estudiantes a construir el fenómeno de la refracción del sonido para el cual tendrán que hacer uso del montaje que se propone para medir dicha velocidad a diferentes temperaturas.

A continuación, se muestra en la siguiente tabla como está dividida la última secuencia de actividades.

¿Cómo medir la velocidad del sonido?		
	Secuencias	Objetivo
Secuencia 3	Sesión 1. Tubos sonoros	El objetivo de esta actividad es identificar un tubo sonoro abierto de uno cerrado y reconocer las representaciones de los sonidos que estos producen.
	Sesión 2. Nodos y vientres. Tubo de Kundt	Reconocer e identificar cómo se comporta una columna de aire cuando está vibrando.
	Sesión 3. Medición de la velocidad	Identificar bajo qué condiciones se puede medir la velocidad del sonido y como esta varía dependiendo de la temperatura.

La secuencia 3 está dividida en tres sesiones, en la **sesión 1**. Los estudiantes identificarán la diferencia de un tubo sonoro abierto y uno cerrado, para esto harán uso del programa Audacity, así como tubos

de diferentes materiales, longitudes y diámetros. Con el programa de Audacity registrarán las gráficas que cada tubo genere, así como la frecuencia bajo la cual está vibrando dicho tubo sonoro.

En la **sesión 2**. Los estudiantes utilizarán el tubo de Kundt con el objetivo de identificar los nodos y vientres que se generan en un tubo cuando este se le varía la longitud. Los estudiantes podrán observar como es el comportamiento de una columna de aire cuando está vibrando a diferentes frecuencias, así como podrá identificar los nodos y vientres que se generan dentro del tubo.

En la **sesión 3**. Los estudiantes realizarán medias de la velocidad del sonido, para esto se proponen dos experiencias, en la primera experiencia los estudiantes utilizarán un tubo de vidrio o de acrílico al cual le irán cambiando el nivel del agua, sobre la boca del tubo ubicarán un diapasón el cual harán vibrar y a medida que el nivel del agua cambie, los estudiantes podrán escuchar un incremento en la intensidad del sonido, la cual corresponde con la resonancia del tubo.

La segunda experiencia corresponde al montaje diseñado, en el cual los estudiantes podrán hacer mediciones de la velocidad del sonido cuando se le varía la temperatura. En este montaje los estudiantes deberán hacer uso del programa Audacity, para grabar la frecuencia que se vaya a generar dentro del tubo, después harán un análisis del espectro que genera la frecuencia, al obtener los datos de este espectro podrán realizar gráficas de decibeles vs frecuencias, estas gráficas le permitirán obtener las frecuencias de resonancia del tubo, la cual utilizará para hallar la velocidad del sonido, haciendo uso de las ecuaciones correspondientes para un tubo abierto.

CONCLUSIONES FINALES

La importancia de la actividad experimental

Las diferentes secuencias de actividades experimentales que se llevaron al aula, así como las que se proponen para el estudio del fenómeno de refracción del sonido, me permitieron reconocer la importancia de la actividad experimental en el aula de clase, permite la organización de experiencias, así como en los procesos de construir magnitudes al igual que formas de medida. También la actividad experimental propicia la construcción y ampliación de una base fenomenológica a partir de hechos de observación que son luego estructurados para dar una organización conceptual del fenómeno. Desde este punto de vista, el experimento juega el papel de organizador y formalización en la enseñanza de las ciencias porque desde trabajamos habilidades como la descripción, construcción de relaciones, asignar cualidades durante el desarrollo de una experiencia estamos haciendo una formalización del fenómeno. El experimento es un ente transformador de las experiencias.

Alcance de las actividades desarrolladas y dificultades del trabajo en el aula

Las diferentes secuencias permitieron que los estudiantes llegaran a caracterizar el fenómeno a partir de las experiencias y los conocimientos que ellos ya tenían, así como el uso de su propio lenguaje para dar construcción a las características del sonido. Cabe resaltar que a medida que los estudiantes avanzaban en el desarrollo de las actividades, sus habilidades de describir, identificar, clasificar mejoraban con el paso de las sesiones, así como el interés por las diferentes actividades.

Las actividades desarrolladas permitieron:

- Generar experiencias de fenómenos físicos que no son comunes en el aula de clase, experiencia que no solo son gratificantes para el aprendizaje del estudiante sino también para el maestro en formación.
- Formalizar el fenómeno a partir de un lenguaje propio de los estudiantes.
- Identificar que las fuentes sonoras producen diferentes sonidos.
- Reconocer que las vibraciones producidas por una fuente sonora se pueden representar.
- Clasificar el sonido en débiles, fuertes, agudos y graves dependiendo de las identidades de volumen o intensidad, tono y timbre.

Durante la implementación de las actividades se presentaron algunas dificultades como: - El tiempo destinado a la implementación puesto que este se vio afectado por el calendario destinado al desarrollo de las practicas pedagógicas del 2018-2 y 2019-1, así como las diferentes actividades programadas por la institución educativa. – El cambio de metodología en el aula de clase, también dificultó el inicio de la primera secuencia, ya que los estudiantes tenían poca experiencia en el desarrollo de actividades experimentales, en las cuales tuvieron que involucrar una descripción que le permitiera hablar de cada una de las experiencias, para algunos estudiantes le era más fácil describir esas experiencias verbalmente que plasmar esa descripción en un escrito.

Alcances y dificultades del montaje de refracción

Durante la experiencia de la toma de datos para evidenciar la variación de la velocidad del sonido, se puede concluir que:

- Los registros que se obtienen de las grabaciones haciendo uso del programa Audacity permite evidenciar que existe una diferencia en las amplitudes, es decir en los decibeles que este registra, cada vez que se hace pasar la frecuencia a diferentes temperaturas, así como también se evidencia que después de un tiempo las amplitudes de esta frecuencia se vuelven constantes. Este comportamiento no solo lo podemos evidenciar a partir de la gráfica que nos da el programa sino cuando escuchamos la grabación de la frecuencia, al inicio de la grabación su intensidad es mayor y después esta disminuye y se mantiene constante, este comportamiento en la intensidad de la frecuencia se debe a la distancia a la que se encuentre el cuerpo sonoro, la densidad del aire que se encuentra próximo a la fuente sonora y la proximidad de la fuente con otro cuerpo.

- Dependiendo del número de frecuencias de resonancia que se logran obtener en la graficas de decibeles (dB) vs frecuencia (Hz), es decir los picos, estos me permitirían hacer al cálculo de la velocidad para cada una de las frecuencias y así obtener una velocidad promedio, uno de los factores a los que se le atribuye que no se logra obtener varios picos en la graficas de decibels (dB) vs frecuencia (Hz) era la temperatura a la que nos encontráramos.

- Al hacer una comparación entre las frecuencias de resonancia, es decir los picos, cuando estas se encuentran en diferentes temperaturas se evidencia que, aunque es la misma frecuencia para el cálculo, algunos de los picos cambian, es decir que las frecuencias de resonancia se ven afectas por los cambios de temperatura.

Aunque para realizar este experimento es necesario tener determinados factores ambientales que no podemos controlar, el montaje experimental si permite llegar a determinar unos valores para la velocidad del sonido que es el objetivo de este trabajo, así como el poder identificar que la refracción es un fenómeno que afecta la propagación del sonido y que es evidente al obtener velocidades diferentes, al hacer pasar una frecuencia por un medio al cual se le han cambiado sus propiedades cuando este se somete a un cambio de temperatura, al igual que reconocer que el fenómeno de refracción para el sonido no se comporta igual que el de la luz, es decir, que el sonido no sufre esa desviación en el medio.

Por otra parte, durante la construcción del montaje para el análisis de la refracción del sonido que se propone para la medición de la velocidad a diferentes temperaturas, se evidenciaron algunas dificultades como:

- Los tubos que se utilizaron ya que estos son considerados de uso industrial dado que no se consiguen en cualquier ferretería por manejar medidas de una pulgada y dos pulgadas, además por soportar temperaturas de 82°.

- El pensar en el uso de una resistencia que me permitiera calentar el agua que contiene el tubo externo para que me garantizara que el aire del tubo interior se calentara uniformemente y no por pequeñas fracciones y al no encontrar dicha resistencia que me garantizara esa uniformidad, se decidió calentar el agua hasta determinada temperatura y luego llenar el tubo externo.

- El baffle a utilizar para enviar la frecuencia debe tener una buena potencia, así como este no podía estar sujeto directamente a la boca del tubo debido a que registro en Audacity mostraba ruido extra.

BIBLIOGRAFÍA

- ¿Qué es Audacity? (n.d.). Retrieved April 5, 2018, from Cibercolegio U.C.N; Católica del norte website: http://www.ucn.edu.co/Biblioteca_Institucional_Cemav/Centro-Ayudas/c-software/documentos/AUDACITY.pdf
- Arias, P. G. (2015). *Propagación del sonido en exteriores en condiciones de niebla* (Universidad de Valladolid). Retrieved from <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/17451/1/Tesis1049-160623.pdf>
- Ayala, M. M., Malagón, J. F., & Sandoval, S. (2011). *Magnitudes, medición y fenomenologías*. 24, 43–54.
- Belén, A., & Martínez, Á. (2013). *Desarrollo de actividades sobre el sonido e influencia en las ideas previas*. Universidad de Valladolid.
- Brito, K. Y. U. (2009). EXPERIMENTO: UNA HERRAMIENTA FUNDAMENTAL PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA. *Noviembre*, 4(1), 35–40. Retrieved from <http://comunidad.udistrital.edu.co/geaf/files/2012/09/2009Vol4No1-009.pdf>
- Bruner, J. S. (1995). *Desarrollo cognitivo y educación* (segunda). Retrieved from http://www.terras.edu.ar/biblioteca/1/CRRM_Bruner_Unidad4.pdf
- Características y funciones de Audacity. (n.d.). Retrieved April 5, 2018, from <http://audacity.org.es/funciones/>
- Coronado, G. R. P. (2014). *Propuesta didáctica para la enseñanza aprendizaje del fenómeno de la refracción de las ondas mecánicas y su aplicación para el estudio del interior de la tierra*. Universidad Nacional de Colombia.
- Cros, A., & Ferrer-roca, C. (2011). Física por un tubo. Mide la velocidad del sonido en el aire y diviértete con los tubos sonoros. *Revista Eureka*, 8, 393–398.
- Díaz, E.; Elórtegui, N.; Esparza, M.; Fernández, J.; Martín, M.; Moreno, T. ., & Pérez, J.; Recuenco, A.; Rodríguez, F. (1990). Unidad ondas. Retrieved from Grupo Blas Cabrera Felipe website: http://www.grupoblascabrera.org/webs/ficheros/02_Unidades/Ondas.pdf
- Finn, B. S. (1964). Laplace and the Speed of Sound. *Isis*, 55(1), 7. <https://doi.org/10.1086/349791>
- Fourty, A. L. (2011). experimentos para el aula-laboratorio Módulo 2 sonido. Retrieved November 21, 2017, from <https://es.slideshare.net/noemidesmedt/mdulo-2-sonido2011>
- Fourty, D. A. L. (n.d.). *El sonido*.
- Franklin, A. (1999). The Roles of Experiment *. *Physics in Perspective*, 1, 35–53.
- Ganot, A. (1862). *Tratado elemental de física experimental y aplicada y de meteorología* (tercera). Retrieved from https://sirio.ua.es/libros/BEducacion/tratado_elemental_fisica/index.htm
- Ganot, A. (1885). *Tratado elemental de física* (19th ed.). Paris.
- Ganot, A. (1897). *Tratado elemental de física* (21st ed.; 1897 Librería de la Vda. de Ch. Bouret, Ed.). Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=XRNDAAAIAAJ&q=inauthor:%22Adolphe+Ganot%22&dq=inauthor:%22Adolphe+Ganot%22&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjLj6Lg3fTmAhURnawKHcWzAowQ6wEIMjAB>
- Ganot, A. (2003). *Tratado elemental de Física* *Tratado elemental de Física*.
- Helmholtz, Hermann von. (1895). On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music. Retrieved September 11, 2018, from <https://archive.org/details/onsensationsofto00helmrich>
- Hugh D. Young, R. A. F. (2009). *Física Universitaria* (Decimosegundo, Vol. 1). Retrieved from <https://es.slideshare.net/guillermoacevedovivanco/fisica-universitariasearszemansky12vaedicionvol1-60840960>
- Malagón Sánchez, F., Sandoval Osorio, S., & Ayala Manrique, M. M. (2013). *LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL: CONSTRUCCIÓN DE FENOMENOLOGÍAS Y PROCESOS DE FORMALIZACIÓN*. (36), 119–138.
- Malagón Sánchez, J. F., Ayala Manrique, M. M., & Sandoval Osorio, S. (2013). *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización un sentido para la enseñanza de las ciencias*.

Bogotá: JAVEGRAF.

- Murguía Gutiérrez, M. G., Lozano Guzmán, Alejandro Gómez Ramírez, R., & García Olguín, M. (2007). Manual de experimentos “la ciencia si puede ser divertida.” Retrieved April 24, 2018, from CONCYTEQ ciencia y tecnología para niños, gobierno del estado de queretaro secretaria de educacion, USEBEQ website: <http://www.concyteq.edu.mx/PDF/Experimentos para Primaria-CONCYTEQ-USEBEQ.pdf>
- Paul G. Hewitt. (2007). *física conceptual* (decima). Retrieved from <https://pperalta.files.wordpress.com/2016/10/fc3adsica-conceptual-hewitt.pdf>
- Piñol, Nuria. Abellán, Javier. Molina, R. G. (2009). Se “ ve ”, se siente ... el sonido está presente. *ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES*, (3), 8.
- Premsky, M. (2001). Nativos digitales, inmigrantes digitales. *MCB University Press*, 9(6), 7. Retrieved from https://issuu.com/aprenderapensar/docs/nativos_digitales_1
- Rayleigh Strutt, J. W. (1877). The Theory of Sound. *The Theory of Sound*, pp. v–vi. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139058087>
- Rayleigh Strutt, J. W. (1896). *The Theory Of Sound* (2nd ed.). New York: Dover publications.
- Schurmann, P. F. (1946). *historia de la física* (ed II, vol). Buenos Aires: Nova.
- Segura, L. E. (n.d.). Medida de la velocidad de propagación en líquidos en el rango de las bajas frecuencias ultrasónicas. *Tecniacustica*, 1–7.
- Tippens, Paul E. (n.d.). *física conceptos y aplicaciones* (septima). Retrieved from <https://es.slideshare.net/EzioCordovaHernandez/fisica-conceptos-y-aplicaciones-7ma-edicion-tippens>
- Tirso de Olazabal. (1998). *Acustica musical y organologia*. Buenos Aires: Ricordi.
- Varela, D., Bustamante, Á., Dueñas, J., & Vinasco, M. (2017). Guía para prácticas experimentales de física U. de La Salle. Retrieved February 17, 2020, from Universidad de la Salle website: <http://catalogo.aseuc.org.co/guia-para-practicas-experimentales-de-fisica-ondas-y-termodinamica-basica-fisica.html>
- Velasco, S., Roman, F. L., Gonzalez, A., & White, J. A. (2004). A computer-assisted experiment for the measurement of the temperature dependence of the speed of sound in air. *Am. J. Phys.*, 72(2), 276–279. <https://doi.org/10.1119/1.1611479>

ANEXOS I. ANÁLISIS DE LA SECUENCIA I

A continuación, presentamos las respuestas faltantes de los estudiantes y análisis de la sesión 2 y sesión 3.

SESIÓN 2. RECONOCIENDO DIFERENTES SONIDOS

Secuencia 1. Actividades sobre la fuente sonora y el medio de propagación

Sesión 2. Reconociendo diferentes sonidos

Objetivo: identificar que el sonido que se produce es diferente dependiendo del medio donde se encuentra la fuente sonora.

La actividad que se propone es escuchar el sonido que produce un reloj despertador cuando este suena en el aire y compararlo con el sonido que produce cuando suena sumergido en el agua. En un primer momento se les pide a los participantes que escuchen el sonido que produce el reloj y se les pregunta *¿Cómo es el sonido que produce el reloj fuera del agua?* después este reloj se sumerge sobre un recipiente lleno de agua y se cuestiona a los participantes sobre *¿Qué sucede cuando el reloj comienza a sonar debajo del agua?* Y por último se les hace la siguiente pregunta *¿Encuentras alguna diferencia entre los dos sonidos que se producen?*








Ilustración 30. Reloj sonando fuera y dentro del agua.

En la **Sesión 2. Reconociendo diferentes sonidos:** los estudiantes contestaban a la pregunta *¿encuentras alguna diferencia entre los dos sonidos que se generan cuando el reloj esta fuera y dentro del agua?* Ellos contestaron –“que el sonido era más fuerte y constante cuando estaba fuera del agua” - “que un sonido era más fuerte y el otro bajo” –“la diferencia está en la intensidad del sonido que se emite dentro del agua (se escucha ahogado el sonido) y fuera del agua se escucha sin ninguna interferencia”

A continuación, se da a conocer las respuestas que los estudiantes dieron a esta sesión.

Actividad 1. Actividades sobre la fuente sonora y el medio de propagación		
<i>Sesión 2. Reconociendo diferentes sonidos.</i>		
	Preguntas	Respuestas de los estudiantes a las situaciones
		Grupo 1.

	<p>¿Cómo es el sonido que produce el reloj fuera del agua?</p>	<p><i>“podríamos decir que este emite un sonido fuerte y claro pues no tiene ninguna interferencia”</i></p> <p>Grupo 2. <i>“el sonido inicial es más intenso que el último”</i></p> <p>Grupo 3. <i>“muy fuerte y constante”</i></p> <p>Grupo 4. <i>“su sonido fuera del agua es el sonido original, tiene claridad al escuchar y su sonido es fuerte”</i></p>
	<p>¿Qué sucede cuando el reloj comienza a sonar debajo del agua?</p>	<p>Grupo 1. <i>“al momento de sumergirse el reloj en el agua se pudo notar como el sonido disminuye pues este se escucha como ahogado, a nuestra opinión esto es debido a que el agua actúa como una barrera para el sonido se parece a una onda refractaria”</i></p> <p>Grupo 2. <i>“teníamos un reloj con alarma continua cuando lo introducíamos al agua el sonido de la alarma continua logramos detallar que a medida que se genera presión disminuye su sonido”</i></p> <p>Grupo 3. <i>“el sonido no es tan fuerte, pero si es contante”</i></p> <p>Grupo 4. <i>“el sonido es opacado por el agua, es decir, se pierde fuerza en el sonido y también pierde claridad”</i></p>
<p>¿Encuentras alguna diferencia entre los dos sonidos que se producen?</p>	<p>Grupo 1. <i>“la diferencia está en la intensidad del sonido que se emite”</i></p> <p>Grupo 2. <i>“sonido continuo y fuerte” “al introducir el reloj el sonido disminuyo”</i></p> <p>Grupo 3. <i>“si, que uno es fuerte y el otro bajo”</i></p> <p>Grupo 4. <i>“si hay una diferencia, pues el sonido dentro del agua no es igual estando fuera de ella”</i></p>	
	<p>Grupo 1. <i>“la diferencia está en la intensidad del sonido que se emite dentro del agua (se escucha ahogado el sonido) y fuera del agua se escucha sin ninguna interferencia”</i></p>	

	<p>¿Qué diferencia encuentras entre los sonidos que se producen cuando el reloj esta fuera y dentro del agua?</p>	<p>Grupo 2. No respondió. Grupo 3. <i>“que uno tiene contacto directo con el agua y el otro no y por eso se producen vibraciones”</i> Grupo 4. <i>“un sonido es más producido 2 (dentro del agua) ya que no se notan las ondas de velocidad que emite el mismo sonido del reloj y en la 1 (fuera del agua) su sonido es más profundo por lo que si captamos y escuchamos las ondas con mayor claridad”.</i></p>
--	--	--

En esta segunda sesión se evidenció que los diferentes grupos hacían una distinción entre los sonidos que se producían cuando el reloj se encontraba dentro y fuera del agua, cuando el reloj se encontraba fuera del agua su sonido es más claro y fuerte, lo que no pasaba cuando este se encontraba dentro del agua su sonido era opaco y de poca claridad, una de las razones por las que perdía claridad el sonido era por la presión que el agua hacía sobre el reloj, otros grupos se referían a que este cambio en el sonido era porque no había interferencia y que su sonido era constante en las dos experiencias solo que en una el sonido era más fuerte que en la otra.

En esta segunda sesión los estudiantes identificaron que el sonido es diferente cuando este se encuentra bajo diferentes medios de propagación, por lo tanto, esta actividad permite reconocer que algunas características del sonido cambian, aunque aún los estudiantes no han llegado a las actividades del volumen, durante esta sesión logran identificar que el sonido es débil o fuerte en diferente medio en este caso cuando el reloj esta fuera del agua y dentro del agua.

SESIÓN 3. RECONOCIENDO EL SONIDO Y VIBRACIONES EN DIFERENTES CONDICIONES

Secuencia 1. Actividades sobre la fuente sonora y el medio de propagación

Sesión 3. Reconociendo el sonido y vibraciones en diferentes condiciones

Objetivo: visualizar las vibraciones que produce un diapasón al igual que encontrar si existe alguna diferencia entre las vibraciones y el sonido que produce el diapasón cuando se establecen diferentes condiciones.

Para el desarrollo de esta sesión se hace uso del diapasón y se proponen las siguientes experiencias se pide a los participantes:

- golpeen el diapasón sin su caja de resonancia
- golpeen nuevamente el diapasón, pero esta vez en su caja de resonancia
- golpeen en diapasón, pero esta vez que lo sumerjan sobre un recipiente con agua



Ilustración 31. Diapasón vibrando en diferentes situaciones

Luego se le pide que repitan las dos primeras experiencias, pero esta vez sujeten al diapasón la bolita de icopor y sobre estas experiencias se les pide a los participantes que se cuestionen sobre lo que observan y escuchan y se les hacen las siguientes preguntas:

- ✓ *¿Qué diferencias hay en los tres momentos?:*
 - *Cuando golpeas solo el diapasón.*
 - *Cuando golpeas el diapasón y lo colocas en la superficie de madera.*
 - *Cuando golpeas el diapasón y lo sumerges en el agua.*
- ✓ *¿Qué diferencias encuentras cuando le colocas la bolita de icopor al diapasón? para la primera y segunda situación*
- ✓ *¿Qué diferencias encuentras entre los sonidos que se producen en las diferentes experiencias?*

En la *sesión 3. Reconociendo el sonido y vibraciones en diferentes condiciones:*

- ✓ *¿Qué diferencias hay en los tres momentos?:*
 - *Cuando golpeas solo el diapasón.*

- Cuando golpeas el diapasón y lo colocas en la superficie de madera.
- Cuando golpeas el diapasón y lo sumerges en el agua.
- Repite las dos primeras experiencias, pero esta vez amarra al diapasón la bolita de icopor.

Los estudiantes en este primer momento compararon cada una de las situaciones identificando los sonidos que se producían en la cual hacían algunas afirmaciones como: “el sonido era más intenso o se escuchaba mejor cuando se utilizaba la caja de resonancia, lo que no pasaba en las otras dos experiencias puesto que el sonido era más débil. También en estas experiencias observaron que las vibraciones que se generaban eran diferentes.

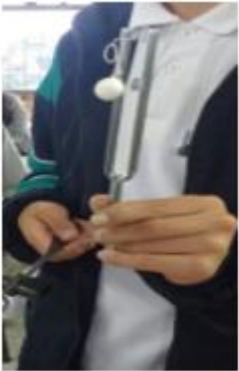
- ✓ *¿Qué diferencias encuentras cuando le colocas la bolita de icopor al diapasón? para la primera y segunda situación*




Los estudiantes en esta situación observaron que la bolita de icopor se movía mejor (vibraba con más intensidad) cuando estaba el diapasón en la caja de resonancia que cuando se hacía sonar el diapasón solo.

- ✓ *¿Qué diferencias encuentras entre los sonidos que se producen en las diferentes experiencias?*

Los estudiantes en esta parte dieron a conocer como era cada uno de los sonidos que pudo escuchar durante las diferentes experiencias algunos llegaron hacer una organización entre ellos.

A continuación, se dan a conocer las respuestas que los estudiantes dieron a esta sesión.

Secuencia 1. Actividades sobre la fuente sonora y el medio de propagación	
<i>Sesión 3. Reconociendo el sonidos y vibraciones en diferentes condiciones.</i>	
	Respuestas de los estudiantes a las situaciones
<p>Experiencia 1. Cualdo golpeas solo el diapason</p> 	<p>Descripción de la experiencia.</p> <p>Grupo 1. “al pegar al diapasón se pudo observar que los lados de este empezaron una vibración descendiente (comenzaron en las puntas e iban bajando), en la punta la vibración es más fuerte que el lugar donde está la unión de los dos lados. Al escuchar el sonido podemos describir como una vibración con un pequeño zumbido agudo. Al acercar el diapasón a nuestro oído se pudo sentir como estas ondas/vibraciones se traspasan momentáneamente”</p> <p>Grupo 3. “se produce una vibración con un sonido leve”</p> <p>Grupo 2. No describe la experiencia.</p> <p>Grupo 4. “nos percatamos de que el sonido que se produce en la parte inferior del diapasón tiene un tono un poco más grave a diferencia de la parte superior que produce un sonido más agudo”</p>

<p>Experiencia 2. Cuando golpeas el diapason y colocas en la superficie de madera sin la bolita de icopor</p> 	<p>Descripción de la experiencia.</p> <p>Grupo 1. <i>“al ser un espacio cerrado se puede sentir como las ondas (en su mayoría) van rebotando de un lado a otro (el sonido /vibraciones quedan atrapadas), siendo el ruido y el zumbido más fuerte y también la vibración se siente más fuerte”</i></p> <p>Grupo 2. No describe la experiencia</p> <p>Grupo 3. <i>“produce un sonido “fuerte” al acercarlo al oído e igualmente produce vibración la cual hace posible el sonido”</i></p> <p>Grupo 4. <i>“podemos notar que con la superficie de madera el sonido es más fuerte y se pueden identificar un poco mejor las ondas que este produce”</i></p>
<p>Experiencia 3. Cuando golpeas el diapason y lo sumerges en el agua.</p> 	<p>Descripción de la experiencia.</p> <p>Grupo 1. <i>“cuando se le pega con el mazo al diapason las ondas transversales vibran por todo el diapason y al contacto con el agua hacen que este salpique y el agua salga disparada, chispeando para todos lados y se forman las ondas transversales que emite el diapason”</i></p> <p>Grupo 2. No describe la experiencia.</p> <p>Grupo 3. <i>“produce unas ondas conocidas como principio de Huygens”</i></p> <p>Grupo 4. <i>“el sonido está presente por un corto tiempo, el agua hace que las vibraciones y el sonido se detengan lentamente. El sonido es muy suave tiene dificultad para escucharlo”</i></p>
<p>Experiencia 1 y 2. Cuando golpeas el diapason pero con la bolita de icopor.</p> 	<p>Descripción de la experiencia.</p> <p>Grupo 1. <i>“se observa que cuando se le pone un hilo con una bolita de icopor al diapason las vibraciones de cuando no lo tiene, y cuando a bolita de icopor hace contacto con el diapason se observa que rebota”</i></p> <p>Grupo 2. No describe la experiencia</p> <p>Grupo 3. <i>“dependiendo a la fuerza con que se golpee al diapason la bolita de icopor se mueve más o menos rápido”</i></p> <p>Grupo 4. <i>“se observó que por efecto del golpe la bolita tiene a rebotar en el instrumento”</i></p>
<p>Preguntas de la sesion.</p>	
	<p>a. Cuando golpeas solo el diapason.</p> <p>Grupo 1. <i>“cuando golpeas el diapason solo el zumbido y el sonido son menores”</i></p> <p>Grupo 2.</p>

<p>¿Que diferencia hay en los tres momentos?</p>		<p>“produce un sonido suave y tambien vibracion al golpearlo”</p> <p>Grupo 3. “la diferencia es que se siente una vibracion demasiado fuerte”</p> <p>Grupo 4. “cuando se golpea el diapason solo, el sonido es mucho mas suave, no hay un elemento con el que se pueda proyectar el sonido de una manera mas definida”</p>
	<p>b. Cuando golpeas el diapason y colocas en la superficie de madera.</p>	<p>Grupo 1. “cuando se pone la superficie de madera el sondo y las vibraciones se quedan atrapadas en el cajon de madera”</p> <p>Grupo 2. “al golpear el diapason con la caja produce una onda mecanica de caracteristicasa sonica que se genera a causa de un medio, en este caso el pequeño martillo de goma que transmite energia de una fuerza generada a ondas mecanicas”</p> <p>Grupo 3. “el sonido se alarga, las ondas del sonido al chocar con las paredes de la caja se crea eco”</p> <p>Grupo 4. “El sonido en la caja de madera produce un sonido mas grave y tiene mayor duracion”</p>
	<p>c. Cuando golpeas el diapason y lo sumerges en el agua</p>	<p>Grupo 1. “al ponerse el diapason en el agua este minimiza el sonido y las ondas se tranpasan momentaneamente al agua”</p> <p>Grupo 2. “sumergiamos el diapason en un recipiente con agua y al generar vibraciones en el diapason observamaos que en el agua se generaron perturbaciones (ondas) debido a las vibraciones del diapason”</p> <p>Grupo 3. “al producir una fuerte vibracion el agua alcanza a salir del recipiente”</p> <p>Grupo 4. “estando el diapason en el agua genera una turbulencia que nos permite observar de manera mas clara las vibraciones que el instrumento produce”</p>
		<p>Grupo 1. “cuando se coloca la bolita de icopor al diapason este amortigua las ondas vibratoria”</p> <p>Grupo 2. “se le agrego al diapason una cuerda con una bolita de icopor cuando golpeamos el diapason se generaron</p>

<p>¿Qué diferencia encuentras cuando le colocas la bolita de icopor al diapason?</p>	<p><i>ondas mecanicas y pudimos observar que al vibrar las particulas del diapason la bolita de icopor”</i></p> <p>Grupo 3. <i>“que se nota mas fuerte las vibraciones en el diapason ya que la bolita rebota mucho contra el”</i></p> <p>Grupo 4. <i>“notamos que las vibraciones produce que la bolita de icopor rebote en el diapason dependiendo de la fuerza aplicada en e l golpe”</i></p>
<p>¿Qué diferencia encuentras entre los sonidos que se producen en la experiencia 1,2 y 3?</p>	<p>Grupo 1. <i>“los sonidos se pueden diferenciar por la intensidad y por el medio en el que se transmite, variando, desde el menor sonido el cual es el diapason en el agua, luego el diapason solo y luego el diapason a la caja”</i></p> <p>Grupo 2. No respondio.</p> <p>Grupo 3. <i>“1. Se escucha un zumbido, 2. Se escucha como una campana, 3. No se obtiene sonido”</i></p> <p>Grupo 4. <i>“en la 1 sesion al igual que en la 3 observamos que durante el procedimiento se generan vibraciones debido a los implementos utilizados en dicho procedimiento”</i></p>

En esta tercera sesión se evidenció que los diferentes grupos podían identificar en las diferentes experiencias el sonido que se generaba con el diapason era diferente, así como las vibraciones, esta diferencia la relacionaban con el golpe que se le daba al diapason con el martillo, así como dependiendo de la superficie en la cual se colocara el diapason.

Esta secuencia de actividades por lo tanto permite reconocer que algunas características del sonido cambiaban si a la fuente sonora se les sometía a diferentes circunstancias, pero, aunque esta fuente sonora se someta a estos cambios las vibraciones y el sonido siguen existiendo con mayor o menor intensidad de vibración y de sonido.

<p>Preguntas que cierran la secuencia 1.</p> <p>Al finalizar esta primera actividad se hacen algunas preguntas como <i>¿Qué factores son necesarios para producir un sonido? ¿En qué medios se puede propagar el sonido? ¿El sonido que se produce en los diferentes medios tienen las mismas características?</i> Estas preguntas nos llevarán a cerrar y cumplir estas primeras experiencias.</p>
--

A continuación, se da a conocer las respuestas que los estudiantes dieron a las preguntas de cierre para esta secuencia de actividades.

<p>Preguntas de cierre secuencia 1.</p>	
	<p>Grupos 1. No respondió. Grupo 2.</p>

<p>¿Qué factores son necesarios para producir un sonido?</p>	<p><i>“la energía que se emplea la presión del cilindro y su masa, volumen del cilindro”</i></p> <p>Grupo 3. <i>“un espacio donde las ondas del sonido puedan chocar o revotar, objeto que produzca sonido”</i></p> <p>Grupo 4. <i>“como principal factor tenemos el espacio y por el otro lado tenemos el objeto”</i></p>
<p>¿En qué medios se puede propagar el sonido?</p>	<p>Grupo 1. No respondió.</p> <p>Grupo 2. <i>“por medio de la membrana el cilindro y el espacio donde se genera las ondas”</i></p> <p>Grupo 3. <i>“preferiblemente espacios reducidos”</i></p> <p>Grupo 4. <i>“se puede propagarse en cualquier medio, pero está limitado a escucharlo igual”</i></p>
<p>¿El sonido que se produce en los diferentes medios tienen las mismas características?</p>	<p>Grupo 1. No respondió.</p> <p>Grupo 2. <i>“en nuestro espacio el sonido no se propaga con una misma intensidad en espacio vacío”</i></p> <p>Grupo 3. <i>“no, ya que en una causa vibraciones y en el otro solo sonido”</i></p> <p>Grupos 4. <i>“no tiene las mismas características el lugar tiene ciertos factores que permiten que cada sonido sea diferente, si es cerrado o si es abierto la distorsión tendrá distintas cualidades”</i></p>




En las preguntas de cierre de esta primera actividad se puede evidenciar que algunos grupos pudieron llegar a identificar que se necesita de algún “objeto” que produzca sonido. Al igual que es necesario de un medio de propagación y dependiendo el medio los sonidos van a ser diferentes, así como el sonido no se propaga con una misma intensidad.

Los estudiantes en esta parte dieron a conocer como era cada uno de los sonidos que pudo escuchar durante las diferentes experiencias algunos llegaron hacer una organización entre ellos.

ANEXO II. ANÁLISIS DE LA SECUENCIA 2

A continuación, presentamos las respuestas faltantes de los estudiantes y análisis de la sesión 2 y sesión 3

SESIÓN 2. EL TONO

Secuencia 2. ¿Cómo relacionar los efectos sensoriales del sonido con su representación	
Sesión 2. El tono	
El objetivo de las diferentes actividades que se proponen para el tono es que los participantes puedan hacer una clasificación de los sonidos que se producen, al igual que consideraciones tienen para hacer esa clasificación. También se espera que estas actividades les permitan relacionar el sonido que se produce con la frecuencia con el que este se produce.	
Experiencia 1.	
Esta sesión está dividida en dos experiencias, la primera experiencia consiste en cinco recipientes de vidrios cada recipiente tendrá diferente cantidad de agua, el participante golpeará cada recipiente con una cuchara de madera y se cuestionará sobre las siguientes preguntas <i>existe alguna diferencia entre los sonidos que produce los recipientes de vidrio ¿Cómo clasificarías los sonidos que produce cada recipiente? ¿Qué criterios utilizo para hacer esa clasificación? ¿por qué crees que se producen diferentes sonidos?</i>	
Experiencia 2.	
Ha esta primera experiencia se le hará una variación se cambiarán los recipientes de vidrio por botellas de vidrio, el participante soplará las botellas y se cuestionará sobre <i>¿Cómo es el sonido de esta nueva experiencia es igual o diferente a la primera? ¿Cómo podría hacer una clasificación del sonido en esta nueva experiencia y qué criterios usaría para hacerlo? ¿la clasificación que hace en esta nueva experiencia es parecida a la primera experiencia?</i>	
Experiencia 3.	
La tercera experiencia consiste en utilizar un motor y un disco con diferentes perforaciones el cual ara la función de una sirena, con un pitillo el participante soplará el disco cuando está quieto y luego cuando el disco está girando con ayuda del motor. A los participantes se les cuestionará si encuentran alguna relación entre el giro del disco y el soplo. y como sería el sonido que se producen en los discos si los motores giraran a diferentes velocidades.	
a. ¿Cuántas veces se interrumpe el aire en un segundo?, ¿y en cinco segundos?	
b. ¿Cómo podrías determinar la frecuencia del tono escuchado?	
c. Si el disco girara con el doble de rapidez, ¿el tono escuchado sería más grave o más agudo? Justifica.	
d. Para el caso anterior, determina la frecuencia y el período del sonido que se produce.	

En la **sesión 2. El tono**: se evidenció que para contestar la pregunta *¿existe alguna diferencia entre asimismo será su sonido*, “entre menos cantidad de agua tenga el vaso produce un sonido **más agudo**” pero otros grupos afirmaban que dependiendo del vacío del recipiente el sonido puede ser agudo o grave, siendo el más lleno el **más grave** y el vacío es el **más agudo**; para esta experiencia los

estudiantes tuvieron consideraciones para organizar los sonidos que escuchaban para algunos grupos era la cantidad de agua del recipiente y otros el volumen.

En la experiencia 2 se les preguntaba *¿Qué diferencia encuentras entre los sonidos que se producen cuando soplas la botella a cuando la golpeas con la cuchara?* Los estudiantes afirmaban que si hay una diferencia en los sonidos *“cuando golpea la botella con mayor cantidad de agua suena muy grave y va hasta el más agudo”* y *“cuando se sopla la botella con mayor cantidad de agua suena agudo y la que no tiene agua suena muy grave”* y otros grupos afirmaban que *“golpeando la botella obtenían un sonido más concreto o neutro”* mientras si *soplaban la botella encontraban un sonido que se identificaba con el vacío que hay dentro de la botella”*

En la experiencia 3 se les pregunta *¿qué sucede mientras realizas esta experiencia? ¿Qué puedes observar y escuchar?* Ellos decían *“que el viento hacia cierta presión sobre el eje lo que hace que se obstruya el paso del viento por los orificios del círculo generando un sonido intermitente”* y que a *“medida que iban a aumentando los orificios va cambiando el sonido”*

A continuación, se presenta en la tabla las respuestas que los estudiantes dieron a esta sesión. *los sonidos que produce los recipientes de vidrio? en la experiencia 1.* Los estudiantes lograron hacer una organización en la experiencia dependiendo de la cantidad de agua que tenga el recipiente

Secuencia 2. ¿Cómo relacionar los efectos sensoriales del sonido con su representación		
Sesión 1. Tono		
	Preguntas	Respuestas de los estudiantes a las situaciones
Experiencia 1. Vasos de vidrios	a. Existe alguna diferencia entre los sonidos que producen los recipientes de vidrio	<p>Grupo 1. "si, se puede sentir una diferencia entre la intensidad del volumen, pues va desde el vacío (el agudo) hasta el más lleno (el más grave)"</p> <p>Grupo 2. "entre menos contenido tenga el vaso produce un sonido más agudo"</p> <p>Grupo 3. "si, ya que al golpear el vaso de vidrio con la cuchara podemos escuchar que en el vaso vacío se escucha más fuerte el sonido es más agudo y aumentando la cantidad de agua en los vasos se va volviendo neutro el sonido o sea no suena"</p> <p>Grupo 4. "si, si hay más agua sonora más grave, si no hay el sonido será más agudo"</p>
	b. Puedes hacer una clasificación entre los sonidos que escuchas; bajo qué criterios harías esa clasificación	<p>Grupo 1. "se puede hacer una clasificación que va del más agudo al más grave teniendo en cuenta el agua que contenga el vacío, a menor cantidad de agua el sonido será agudo y a mayor cantidad del sonido se torna más grave"</p> <p>Grupo 2. "el volumen, cantidad de agua y sonido"</p> <p>Grupo 3. "el sonido cambia debido a la diferencia de la cantidad de agua que hay en cada vaso, también afecta la forma en que se golpea el vaso"</p> <p>Grupo 4. "si, nuestra clasificación de sonido siempre será de acuerdo a que tan grave o que tan agudo suene (grave a agudo)"</p>
	c. Porque crees que se producen diferentes sonidos.	<p>Grupo 1. "se producen diferentes sonidos debido a que cada recipiente contiene una cantidad distinta de agua y eso hace que el sonido cambie"</p> <p>Grupo 2. "por la densidad del agua que ocupa"" por el volumen que ocupa el agua"</p> <p>Grupo 3. "podemos clasificar de la siguiente manera. Materia prima con la que está compuesto el vaso, cantidad de agua, elemento con el cual se golpea el vaso, sonido grave o agudo"</p> <p>Grupo 4. "la diferencia de sonido se da de acuerdo al espacio vacío que quede en el recipiente, entre más vacío este el recipiente sonara con mayor potencia y tendera a tener un sonido más agudo"</p>

Experiencia 2.	(soplando la botella)	<p>Grupo 1. "los sonidos se tornan más graves cuando la botella se encuentra vacía o con menor cantidad de agua al contrario o cuando la botella se encuentra más llena su sonido es más agudo puede cambiar según la cantidad de agua que se encuentre en la botella"</p> <p>Grupo 2. "con agua no suena y sin agua si suenan"</p> <p>Grupo 3. "sucede que, al tener mayor o menor cantidad de agua, los sonidos varían entre grave y agudo. Entre más agua agudo el sonido, entre menos agua; más grave el sonido" (imagen)</p> <p>Grupo 4. "el sonido varía dependiendo la cantidad de agua que hay en cada recipiente entre más agua hay emite menos sonido"</p>
	a. ¿Qué sucede con los sonidos ¿ puedes hacer alguna clasificación entre los sonidos que genera cada botella; y bajo qué criterio harías esa clasificación.	<p>Grupo 1. No respondió.</p> <p>Grupo 2. "tamaño, contenido y si tiene tapa o no"</p> <p>Grupo 3. "al igual que el anterior ejercicio al tener mayor o menor cantidad de agua los sonidos varían, pero en este caso los sonidos van de más agudo a más grave" (imagen)</p> <p>Grupo 4. "a diferencia de que en este procedimiento suena más grave si hay más agua y más aguda si hay menos agua"" clasificamos los sonidos dependiendo la gravedad de ellos (grave a agudo)"</p>
	b. ¿Qué sucede con los sonidos? Puedes hacer alguna clasificación entre los sonidos que genera cada botella; y bajo qué criterios harías esa clasificación.	<p>Grupo 1. No respondió.</p> <p>Grupo 2. "cuando se sopla hay un sonido neutro y cuando se golpea el sonido si varia"</p> <p>Grupo 3. "al soplar la botella con mayor cantidad de agua suena agudo y la que no tiene agua suena muy grave"" al golpear la botella con mayor cantidad de agua suena muy grave y va hasta la más aguda"</p> <p>Grupo 4. "soplando la botella encontramos un sonido donde se identifica fácilmente el vacío que hay dentro de la botella y golpeándola obtenido un sonido más concreto"</p>
	c. Que diferencia encuentras entre los sonidos que se producen cuando soplas la botella.	<p>Grupo 1. No respondió.</p> <p>Grupo 2. "cambio"</p> <p>Grupo 3. "cambio el sentido en que se escucha los sonidos"</p> <p>Grupo 4. "si, cambia ya que soplando el recipiente que tenía más agua sonaba más grave y golpeándola sonaba más agudo"</p>
d. La clasificación que hiciste de los sonidos cuando soplas la botella a cuando la golpeas es la misma o cambia.	<p>Grupo 1. No respondió.</p> <p>Grupo 2. "cambio"</p> <p>Grupo 3. "cambio el sentido en que se escucha los sonidos"</p> <p>Grupo 4. "si, cambia ya que soplando el recipiente que tenía más agua sonaba más grave y golpeándola sonaba más agudo"</p>	

<p>Experiencia 3.</p>	<p>¿Qué sucede mientras realizas esta experiencia? ¿Qué puedes observar y escuchar?</p>	<p>Grupo 1. No respondió. Grupo 2. <i>“al soplar y que de rueda el círculo de cartón nos damos de cuenta que se observa que al generar una fuerza que se genera un movimiento circular uniforme (m.c.u)” “anteriormente el equipo genero unos orificios diminutos en el contorno del perímetro, al girar se ve entere la misma otra circunferencia al interior del mismo”</i> Grupo 3. <i>“podemos observar que cuando soplamos la rueda de icopor, el aire choca frenando el movimiento de la rueda” “rueda 4 hoyos: no produce ningún sonido cuando se hace el procedimiento” “6 hoyos: debido a que tiene más orificios se pausa más en el movimiento” “8 hoyos: no produce sonido, pero mantiene un movimiento más constante”</i> Grupo 4. <i>“el viento hace cierta presión sobre el eje lo que hace que obstruya el paso del viento por los orificios del círculo, generando un sonido interferente” “dificulta: fue tener precisión en la dirección del viento en los orificios”</i></p>
	<p>Se produce algún sonido durante la experiencia. Si es el caso como son esos sonidos y de que depende que se generen esos sonidos?</p>	<p>Grupo 1. No respondió. Grupo 2. <i>“denotamos que, al girar nuevamente el sistema mecánico, al escuchar detenidamente, las aberturas generadas al interior del círculo, generan roses sonoro, al haber aberturas el aire que está en el medio entra en contacto y genera una perturbación del sonido debido a la fuerza generada (tercera ley de newton)”</i> Grupo 3. <i>“cuando hacemos el procedimiento correctamente al soplar la rueda el aire de fraccionan produciendo un pequeño sonido”</i> Grupo 4. <i>“a medida que van aumentando los orificios va cambiando el sonido que produce, se vuelve más frecuencia. El sonido es generado por la distancia entre un orificio y otro, entre más juntos mayor frecuencia y viceversa”</i></p>

En esta sesión 2 del tono se pudo evidenció que los diferentes grupos hacían una clasificación de los sonidos que podían escuchar la cual realizar puesto que organizaron los diferentes vasos y botellas dependiendo de la cantidad de agua que cada recipiente tenia, en algunos grupos esa organización iba del que tenía más agua al que menos agua contenía, al hacer esa organización lograron clasificar entre sonidos graves y agudo.

Para el caso de las botellas y los vasos cuando se golpeaban se pudo identificar que los grupos mantenían la misma clasificación entre más agua tenía el recipiente este iba a generar un sonido grave mientras que el recipiente con menos agua genera un sonido agudo, por ejemplo: *“entre menos contenido tenga el vaso produce un sonido más agudo”, “se puede hacer una clasificación que va del más agudo al más grave teniendo en cuenta el agua que contenga el vacío, a menor cantidad de agua el sonido será agudo y a mayor cantidad del sonido se torna más grave”*

Mientras que cuando se soplabla la botella esa organización cambiaba, el recipiente con mayor agua producía un sonido agudo y el menos lleno un sonido grave, por ejemplo: *“los sonidos se tornan más graves cuando la botella se encuentra vacía o con menor cantidad de agua al contrario o cuando la botella se encuentra más llena su sonido es más agudo puede cambiar según la cantidad de agua que se encuentre en la botella”* *“sucede que, al tener mayor o menor cantidad de agua, los sonidos varían entre grave y agudo. Entre más agua agudo el sonido, entre menos agua; más grave el sonido”*

Durante la experiencia de la sirena los estudiantes llegaron a afirmar que *“a medida que van aumentando los orificios va cambiando el sonido que produce, se vuelve más frecuencia. El sonido es generado por la distancia entre un orificio y otro, entre más juntos mayor frecuencia y viceversa”,* *“denotamos que, al girar nuevamente el sistema mecánico, al escuchar detenidamente, las aberturas generadas al interior del círculo, generan ruidos sonoros, al haber aberturas el aire que está en el medio entra en contacto y genera una perturbación del sonido debido a la fuerza generada (tercera ley de Newton)”*, en esta experiencia se evidencia que relacionan la cantidad de los agujeros con el sonido que genera, así como entre más gire el círculo más frecuente será el paso del aire por cada uno de los agujeros.

En esta sesión los estudiantes llegaron a identificar y relacionar que dependiendo de la cantidad de agua el sonido iba a ser diferentes y que los podían clasificar entre agudos y graves, así como algunos grupos lograron identificar y relacionar en la actividad del disco de icopor que dependiendo de la cantidad de los orificios la frecuencia con la que se iba a entrecortar el aire era mayor.

SESIÓN 3. EL TIMBRE

Secuencia 2. ¿Cómo relacionar los efectos sensoriales del sonido con su representación

Sesión 3. El timbre

Objetivo: identificar las representaciones que generan cada uno de los sonidos e identificar qué diferencia hay entre cada representación.

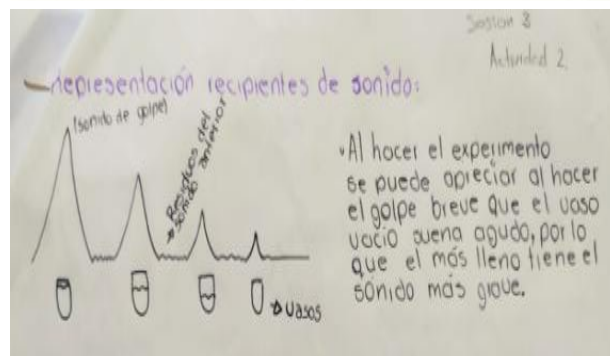
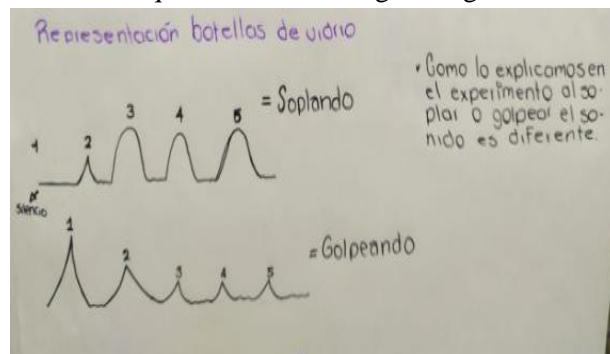
En esta experiencia los estudiantes harán las diferentes representaciones del sonido a algunas de las actividades que realizaron, al igual que las representaciones de algunos instrumentos. después se utilizará algunas grabaciones de diferentes instrumentos musicales y el programa Audacity. Primero se le hará escuchar a los participantes las diferentes grabaciones de los instrumentos y se les preguntara *si pueden reconocer que instrumento es el que está sonando o si pueden diferenciar si es un instrumento de cuerda o de viento*. Después se les preguntara *si estos instrumentos que escuchan producen el mismo sonido o son diferentes*, también se les hará escuchar el sonido del diapasón.

Antes de usar el programa Audacity se les preguntara *si pueden llegar hacer una representación del sonido que están escuchando de cada instrumento*, después de ver que representaciones dan los participantes se hará uso del programa donde se podrá grabar cada sonido y ver que representación da el programa y comparar las representaciones.

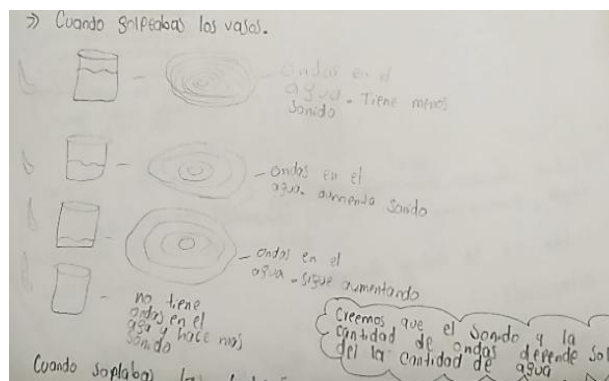
En la **Sesión 3. El timbre**. En la primera **experiencia** algunos estudiantes encontraron dificultades cuando se les pedían si podían hacer alguna representación del sonido de las experiencias que realizaron en las sesiones anteriores, para algunos estudiantes les era difícil dar una representación a esas experiencias y otros grupos afirmaban que esas representación era como la de una onda, pero al preguntarles si esa representación era la misma para cada una de las experiencias ellos decían que no y nuevamente al preguntarles en que cambiarían esas representaciones, para ellos era más fácil decir que eran agudo o graves que realizar una representación de que era un sonido agudo o grave.

Algunos estudiantes cuando realizaban la experiencia de los vasos con agua. Representaban la forma de una onda para algunos tenían picos pronunciados cuando se referían a tonos agudos, y cuando tenían picos menos pronunciados se referían a sonidos graves, y para representar que había pequeños sonidos, ellos dibujaban unas pequeñas ondas a las cuales llamaban residuos del sonido.

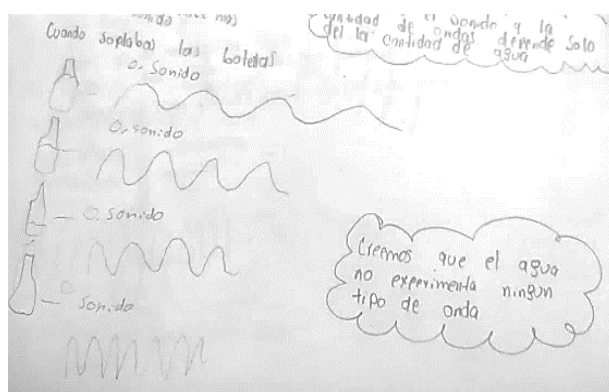
Cuando los estudiantes hacían una representación del sonido para la experiencia de las botellas en donde tenían que golpearla y luego soplarla, se evidencia que las representaciones cambiaban en la forma como dibujaban las crestas de la onda cuando soplaban la botella para ellos las crestas son más circulares que cuando golpean la botella en la cual las crestas terminan en un pico; la línea recta que dibujan representan cuando está en silencio.



Por otro lado, otros grupos no relacionaban la representación de onda que se le da al sonido, sí que para ellos era más fácil identificar esas ondas que producía el sonido sobre la superficie del agua, pero llegaban a firmar que dependiendo de la cantidad de agua así mismo iba hacer el sonido que se generaban.



Para este grupo cada botella tiene una representación en particular dependiendo de la cantidad de agua que cada recipiente tiene, aunque no especifican cada una de esas representaciones se puede evidenciar que estas representaciones cambian en su amplitud, longitud de onda. Cuando soplan la botella con mayor cantidad de agua en este caso la primera que se encuentra en la imagen, su representación es de una onda, con mayor longitud de onda, pero con una amplitud menor que la siguiente botella, la segunda botella tiene una longitud menor a la primera, pero con amplitudes más pronunciadas que la primera botella, para las dos últimas botellas se observa que sus longitudes son de diferentes tamaños y que sus amplitudes son casi del mismo tamaño. Para este grupo el agua que contiene cada recipiente no experimenta ningún tipo de onda, es decir que no observan ninguna vibración en el agua cuando se está generando el sonido.

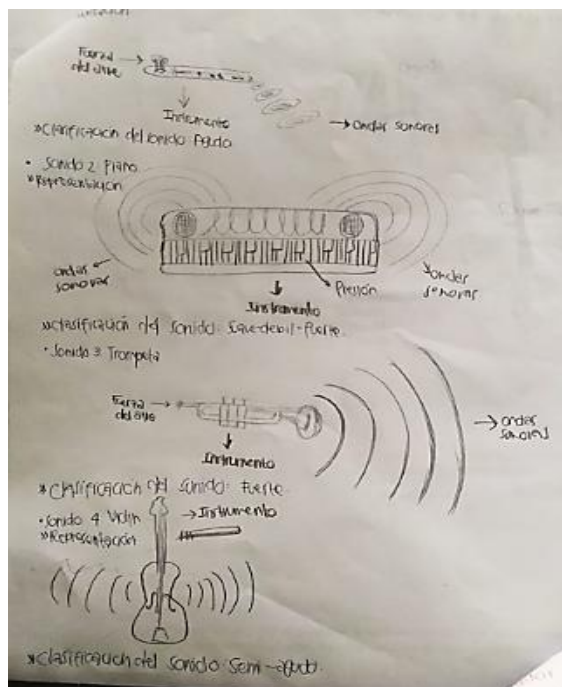


Durante esta experiencia se pone de presente que las representaciones que hacen los estudiantes involucran de una forma u otra la amplitud, la longitud de la onda para cada una de las actividades que realizaron, aunque no llegaron a caracterizar esa representación identificando que sería un valle cresta y amplitud de la onda, si tienen claro que cada sonido tiene una representación en particular y que esto depende de si es grave o agudo el sonido al igual que si el volumen aumenta mayor va a ser su amplitud que cuando este tiene un menor volumen, así como lo dan a entender cuando se les pregunta *si puede identificar si existe una diferencia cuando se hace sonar una guitarra, flauta, violín y una trompeta* los estudiantes dan a conocer que si se puede hacer esa identificación puesto que se puede reconocer si el instrumento que está sonando es de viento o de cuerda, al igual que los pueden llegar a clasificar.

Durante la **segunda experiencia** la cual consistía en colocar los sonidos de unos instrumentos musical, los estudiantes no conocían que instrumentos estaban sonando ni tampoco bajo que nota lo hacían. En esta experiencia se les pedía que escucharan el sonido del instrumento y asignara un nombre, así como una representación y clasificación del sonido.

Durante esta experiencia los estudiantes lograron identificar la mayoría de los instrumentos que se les asignaron, en las representaciones que ellos asignaron a cada uno de los instrumentos se evidencia que para algunos grupos esas ondas sonoras son de una forma redonda y que salen desde la fuente sonora que los genera y clasifican esos sonidos en fuertes y débiles, así como agudos y graves. Así como hay otros grupos que asigna una representación de la onda con sus crestas y valles en la cual

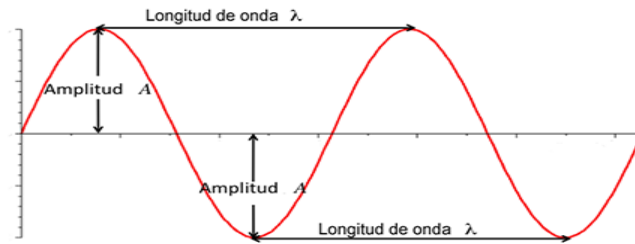
dan a conocer que para cada instrumento existe una representación que puede variar en sus amplitudes y longitud de la onda. Nótese que alrededor de cada instrumento musical ellos dibujan círculos que aumenta en tamaño, y el sonido que genera el primer instrumento la flauta para ellos es agudo y medida que sale del instrumento las ondas sonoras se dispersan en el aire. Para el caso del piano ellos identifican que el sonido puede ser suave, débil y fuerte, dependiendo de la tecla a la cual se le genere presión. Para la trompeta es un sonido fuerte y su representación de ondas son más grandes en comparación de los otros instrumentos. El violín tiene un sonido semi-agudo y su representación del sonido se da en dos sentidos (izquierda y derecha).



En la siguiente organización los estudiantes lograron organizar el sonido de los instrumentos que escucharon, para la flauta asignaron un tono medio, con una representación en la cual se pueden observar pequeñas ondas; el piano tiene un sonido grave y su representación muestra que tiene un sonido alto al principio, pero después mantiene un sonido constante; la trompeta tiene un sonido $\frac{1}{4}$ grave, aquí ellos hacen referencia a que ese sonido no es tan grave y su representación tiene una amplitud mayor al principio y después sus amplitudes comienzan a disminuir hasta atenuarse el sonido; por último la organeta tiene un tono medio y representación corresponde a un sonido constante.

Sonido	instrumento	Representación	Clasificación del sonido
1	Flauta		Tono medio
2	Piano		Grave
3	Trompeta		Grave $\frac{1}{4}$
4	Organeta		Tono medio

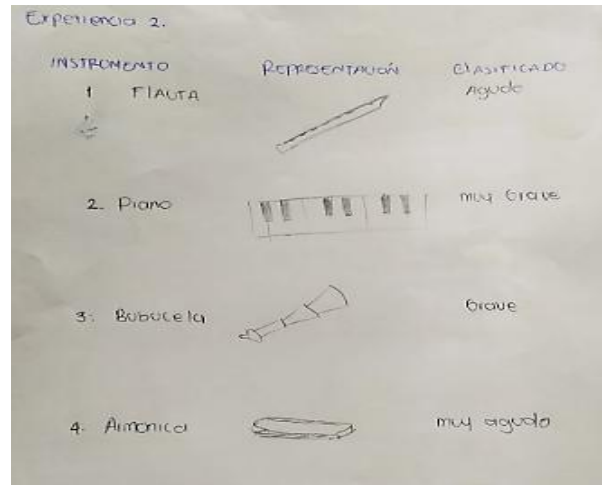
Durante el desarrollo de estas actividades se pudo evidenciar que los estudiantes pueden hacer una clasificación del sonido según sus características volumen o intensidad, tono y timbre. Así como identificar la mayoría de los instrumentos musicales que se les da a escuchar y asignarles a los diferentes sonidos una representación que les permita caracterizar el sonido bien sea en graves o agudos. Algunos grupos se acercan más a una representación de onda para el sonido, una representación en la cual se podían apreciar los valles y crestas, las amplitudes de cada sonido, así como la longitud de la onda como se muestra en la ilustración 13.



Ilustración

32. Representación de una onda.

Durante el desarrollo de la experiencia 3 se hizo uso del programa Audacity, el cual nos permitió hacer una comparación de las representaciones que los estudiantes hicieron de los diferentes instrumentos en la experiencia 2. En esta experiencia se les preguntó a los estudiantes que esperaban observar en el programa cuando se hiciera sonar los diferentes instrumentos, algunas de las respuestas de ellos fueron **“que esperaban observar una representación muy similar a la que ellos habían realizado”** – **“esperaban una representación de onda”** – **“que el sonido de la representación fuera constante”**



Cuando se comenzaron a obtener las diferentes representaciones del sonido producido por los instrumentos, los estudiantes pudieron identificar las diferencias entre las representaciones que hicieron antes y después de utilizar el programa. Al utilizar el programa los estudiantes identificaron la diferencia entre el tamaño de los picos para cada uno de los instrumentos como se muestra en la ilustración 14.

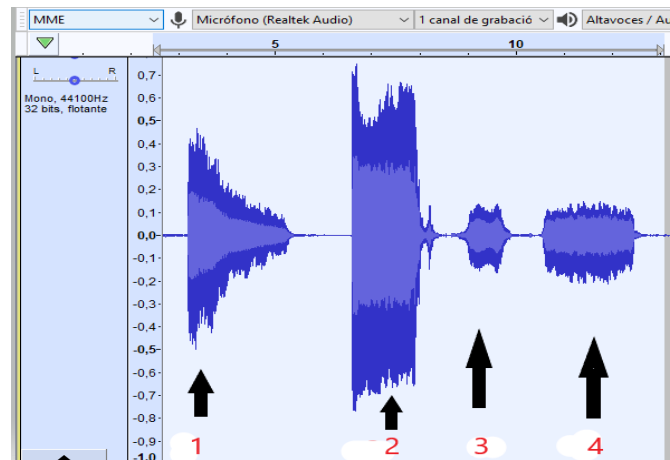


Ilustración 33. Representación del sonido de diferentes instrumentos.

En la ilustración 14 se evidencia cuatro representaciones la primera corresponde al sonido de un piano, la segunda a una trompeta, la tercera a un violín y la cuarta a una flauta. los estudiantes a esta representación afirmaron **“que dependiendo del instrumento su representación iba a ser diferente, así como de la fuerza con la que sonaba”** – **“entre más agudo el sonido los picos serán más altos que cuando es agudo”**.

Al ampliar la grabación de los sonidos manteniendo la misma escala para el eje vertical y la misma ampliación para el eje horizontal se hace la respectiva comparación de las representaciones obtenidas. Los estudiantes identificaron que en las representaciones se podía identificar un patrón de repetición,

así como la diferencia entre los picos y la separación entre la longitud de onda como se muestra en la ilustración 15 y 16.

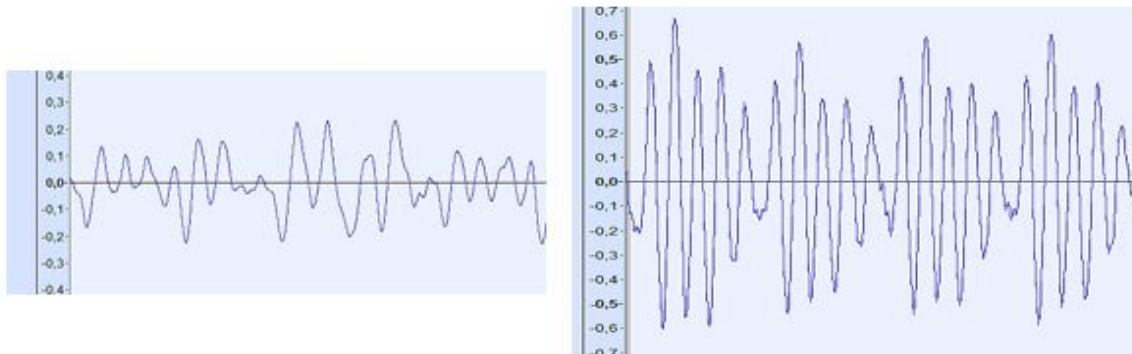


Ilustración 34. Representación sonido del piano y una trompeta

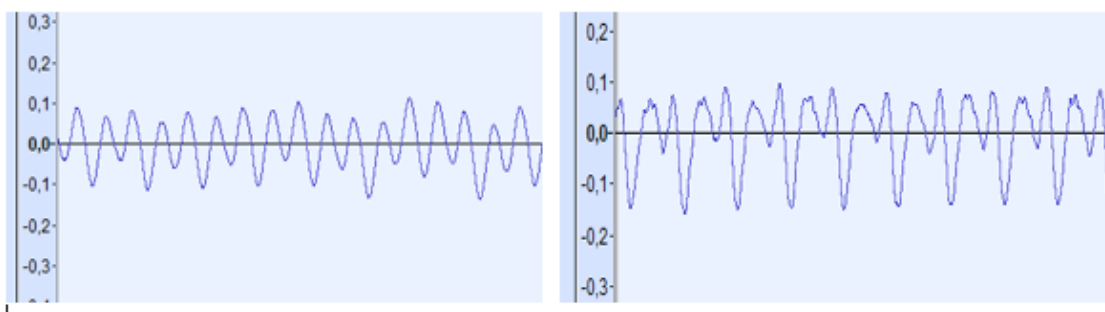


Ilustración 35. Representación de un violín y una flauta.

Cuando se les pregunta a los estudiantes como podrían clasificar los sonidos según la representación que obtuvieron con el programa, los estudiantes pudieron afirmar ***“que el sonido más agudo era el de la trompeta y luego el del piano,*** pero entre la representación del violín y la flauta algunos no podían establecer cuál era más agudo y cual más grave, para ellos estos dos sonidos eran muy similares.

ANEXO III. UNIDAD DIDÁCTICA

SECUENCIA 1. ¿QUÉ SE NECESITA PARA PRODUCIR SONIDO?

En esta primera parte de la unidad se harán diferentes actividades donde el estudiante pueda llegar a identificar que para producir sonido se necesita de una fuente y un medio elástico donde se propague el sonido, al igual que los sonidos que se están produciendo suenan diferente dependiendo del medio y que sin la existencia de un medio elástico no habrá sonido.

Objetivos de enseñanza

- Reconocer los diferentes factores que se necesitan para producir sonido y que dependiendo del medio del que se propague el sonido este va a sonar diferente.

Objetivo de aprendizaje

- Identifica los factores necesarios para producir sonido.
- Reconoce por que los sonidos que se producen no son iguales.
- Identifica que para que el sonido se propague necesita de un medio.

Sesión 1. Fuente sonora

Para esta sesión se propone la actividad experimental de (Murguía Gutiérrez, Lozano Guzmán, Alejandro Gómez Ramírez, & García Olgún, 2007) de su texto *manual de experimentos “la ciencia si puede ser divertida”* que tiene como título *experimento 24 en el agua también se trasmite el sonido*. Al cual se le han realizado algunas modificaciones en los materiales que originalmente se proponen para el desarrollo de la actividad.

Materiales

- Un tubo de pvc
- ligas o cauchos, cinta transparente
- varios globos o guantes de cirugía
- Segueta
- Hilo y bolitas de icopor

Procedimiento

- Corta el tubo de pvc en varios tramos. (Los grupos de trabajo eligen las longitudes que van a tener los tubos).
- Con la liga lima los bordes de los tubos de pvc.
- Luego tapa el tubo de plástico por cada extremo con una membrana de látex (hecha con el globo o guantes de cirugía) asegura la membrana de látex de cada lado con una liga o con la cinta transparente.

- Has varios montajes cambiando la longitud y el diámetro del tubo como se observa en la figura.



Figura 1. Montajes realizados por los estudiantes

Desarrollo de la actividad

Primera experiencia

Con tu mano golpea suavemente la membrana de uno de los extremos del tubo.

Observa lo que pasa, describe lo que ves y escuchas en ese momento con los diferentes montajes. Después contesta las siguientes preguntas:

- ¿Qué diferencias encuentras entre los tubos? Puedes hacer una clasificación de estos tubos. ¿Qué consideraciones tendrías para hacer esta clasificación?
- ¿Qué le pasa a la membrana cuando la golpeas? (Describe o dibuja lo que observas)
- ¿Encuentras alguna diferencia entre los sonidos que produce cada tubo?

Segunda experiencia

Utiliza las bolitas de icopor y el hilo y seguenta esta bolita de icopor a una de las caras de todos los montajes que utilizaste anteriormente.

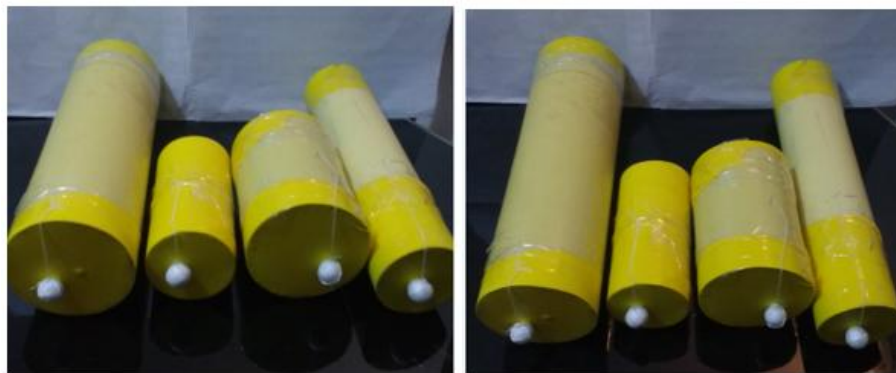


Figura 2. Montajes realizados por los estudiantes

- ✓ Nuevamente golpea suavemente la membrana y observa lo que pasa y describe lo que ves y escuchas en ese momento, esto hazlo para cada montaje. Después contesta las siguientes preguntas:
- ✓ ¿Qué le sucede a la bolita de icopor cuando golpeas los diferentes tubos?
- ✓ ¿Qué función crees que cumple la bolita de icopor en esta experiencia?

Preguntas para las dos experiencias

- ✓ ¿Qué consideraciones tuvieron en cuenta para realizar cada una de las experiencias?
- ✓ Encuentras alguna diferencia cuando golpeas el tubo cuando tiene la bolita de icopor a cuando no tiene.
- ✓ ¿Cuándo golpeas el tubo en los dos casos, crees que existe alguna diferencia en el comportamiento de la membrana?
- ✓ ¿Cómo es el sonido que se produce en los diferentes tubos? Encuentras alguna diferencia entre la primera y la segunda experiencia.
- ✓ Crees que pasa algo dentro del tubo cada vez que lo golpeas.
- ✓ A que conclusión pueden llegar de estas dos primeras experiencias.

Sesión 2. El diapasón y sus vibraciones

Para esta sesión

Materiales

- Solo el diapasón.
- Recipiente con agua
- Una superficie de madera
- Bolita de icopor e hilo

Procedimiento y desarrollo de la actividad

- Primero el estudiante golpeará el diapasón (sin la caja que este trae) y observará que le ocurre a este y como es el sonido que se produce. (*Describe la experiencia.*)
- Nuevamente golpea el diapasón, pero esta vez coloca el diapasón sobre la superficie de madera y observa lo que pasa y que sonido produce. (*Describe la nueva experiencia*)
- Utilizará el mismo diapasón y luego sumérgelo en el agua y observará que ocurre con el sonido en el agua. (*Describe la experiencia*)
- Repite las dos primeras situaciones, pero esta vez amarra al diapasón la bolita de icopor. (*Describe la experiencia*)

Preguntas de la sesión 2

- ✓ ¿Cómo crees que funciona un diapasón?
- ✓ ¿Qué diferencias hay en los tres momentos?:
 - Cuando golpeas solo el diapasón.
 - Cuando golpeas el diapasón y lo colocas en la superficie de madera.
 - Cuando golpeas el diapasón y lo sumerges en el agua.
- ✓ ¿Qué diferencias encuentras cuando le colocas la bolita de icopor al diapasón?
- ✓ ¿Qué diferencias encuentras entre los sonidos que se producen en las diferentes experiencias?

Sesión 3. El reloj fuera y dentro del agua

Para el desarrollo de esta sesión se proponen algunas actividades de (Díaz, E.; Elórtégui, N.; Esparza, M.; Fernández, J.; Martín, M.; Moreno & Pérez, J.; Recuenco, A.; Rodríguez, 1990) de *su unidad de ondas* donde propone la siguiente experiencia que tiene como título *reloj debajo del agua*. Estas actividades se modificaron para que se acoplaran tanto en los materiales que se utilizaron como al objetivo que se buscaba alcanzar con la actividad.

Materiales

- Una cubeta
- Agua
- Un reloj de timbre
- Una bolsa ziploc

Procedimiento y desarrollo de la actividad

- Primero escucha como suena el reloj fuera del agua.
- Después alista la cubeta con suficiente agua, hasta donde creas que el reloj quedara completamente sumergido.
- Alista el reloj para que este timbre antes de colocarlo dentro de la bolsa ziploc.
- Coloca el reloj dentro de la bolsa ziploc y séllalo bien y asegúrate que no quede aire dentro de la bolsa.
- Sumerge el reloj en el agua.
- Escucha el sonido que produce el reloj dentro del agua.

Preguntas de la sesión 2

- ✓ ¿Cómo es el sonido que produce el reloj fuera del agua?
- ✓ ¿Qué sucede cuando el reloj comienza a sonar debajo del agua?
- ✓ ¿Encuentras alguna diferencia entre los dos sonidos que se producen?

Preguntas de cierre para la secuencia 1

- ✓ ¿Qué factores son necesarios para producir un sonido?
- ✓ ¿En qué medios se puede propagar el sonido?
- ✓ ¿El sonido que se produce en los diferentes medios tienen las mismas características?

SECUENCIA 2. ¿CÓMO RELACIONAR LOS EFECTOS SENSORIALES DEL SONIDO CON LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS ONDAS?

Después de llegar a determinar los factores que se necesitan para producir un sonido es necesario identificar algunas características que nos permiten diferenciar un sonido de otro, para hacer esto es necesario partir de los efectos sensoriales que reconocemos de un sonido como el volumen, tono y timbre para relacionarlos con las propiedades de la onda, con esto buscamos que se comience a relacionar el sonido como una onda sonora y que por ende el sonido debe tener unas características físicas que corresponden con las propiedades de una onda.

Sesión 1. El volumen

Para esta sesión se hará uso del primer montaje de la actividad 1. Donde se tiene el tubo de pvc con sus correspondientes membranas a cada uno de los extremos del tubo.

Primera parte de la sesión 1. El volumen

Materiales

- Montaje de la actividad 1.
- Baffles

Procedimiento

- Se ubicará el tubo de pvc frente a los baffles.
- Con los baffles se ampliará el sonido de una determinada nota.
- Se irá aumentando el volumen del sonido moderadamente.

Preguntas de la primera parte de la sesión 1. El volumen

- a) Que observas cada vez que comienzas a aumentar el volumen de la nota que se está produciendo.
- b) Que observas cuando ahora haces todo lo contrario al paso anterior.
- c) Como explicarías lo que está pasando.
- d) Ahora coloca la bolita de icopor tal como lo hiciste en la actividad 1, de la sesión 1. ¿Qué le ocurre a la bolita de icopor cuando aumentas o disminuyes el volumen del baffle? ¿cómo puedes explicar lo que sucede?
- e) Encuentras alguna diferencia en las dos situaciones.
- f) Qué criterios tomaste en cuenta para realizar esta experiencia.

Sesión 2. El tono

Para esta sesión se proponen las actividades de (D. A. L. Fourty, n.d.) Tituladas produciendo diferentes tonos II y III.

Primera parte de la sesión 2. El tono

Materiales

- Cuatro recipientes de vidrio de boca ancha de la misma forma y tamaño.
- Una cuchara de madera
- Agua



Figura 3. Recipientes de vidrio. (D. A. L. Fourty, n.d.)

Procedimiento

- Llena uno de los recipientes con agua hasta arriba.
- El segundo con agua hasta 2 cm. del borde.
- El tercero hasta 4 cm. del borde.
- Deja el cuarto recipiente sin agua.
- Golpea suavemente el costado de cada recipiente con la cuchara de madera.

Preguntas Primera parte de la sesión 2. El tono

- a) Existe alguna diferencia entre los sonidos que producen los recipientes de vidrio.
- b) Pues hacer una clasificación entre los sonidos que escuchas; bajo qué criterios harías esa clasificación.
- c) Porque crees que se producen diferentes sonidos.

Segunda parte de la sesión 2. El tono

Materiales

- Cinco botellas de vidrio de igual tamaño
- Agua
- Un embudo
- Una cuchara de madera

Procedimiento y preguntas

- Con ayuda de un embudo, vierte agua en cuatro de las botellas del siguiente modo: una debe quedar agua hasta el borde, otra un cuarto de su capacidad; otra, hasta la mitad, la cuarta, hasta los tres cuartos. La quinta botella debe quedar vacía



Figura 4. Montaje de la actividad

- Sopla suavemente por el pico de cada botella, de manera alternada.
 - a) ¿Qué sucede con los sonidos? Puedes hacer alguna clasificación entre los sonidos que genera cada botella; y bajo qué criterios harías esa clasificación
- Golpea suavemente con la cuchara de madera cada botella, de manera alternada.
 - b) ¿Qué sucede con los sonidos? Puedes hacer alguna clasificación entre los sonidos que genera cada botella; y bajo qué criterios harías esa clasificación
 - c) Que diferencias encuentras entre los sonidos que se producen cuando soplas la botella a cuando la golpeas.
 - d) La clasificación que hiciste de los sonidos cuando soplas la botella a cuando la golpeas es la misma o cambio.

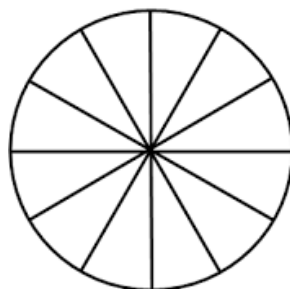
Tercera parte de la sesión 2. El tono

Materiales

- varios discos de icopor
- pajilla o pitillos
- palos de pincho
- balsa
- Cinta
- chinche

procedimiento y preguntas

- Primero ubica el centro del círculo de icopor has diferentes divisiones al círculo como se muestra en la imagen estas deben tener el mismo tamaño.



- Ahora has 4 orificios o huecos al disco de icopor. Estos deben estar situados en los ángulos $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$. Después de que tengas estos orificios utiliza el palito de balsa y el chinche para sujetar el disco para que este pueda girar.
- Haz girar el disco mientras otro compañero sopla con la pajilla a través de los orificios que hiciste. Como se muestra en la imagen. ¿Qué sucede mientras realizas esta experiencia? ¿qué puedes observar y escuchar?



- Ahora ve aumentando los orificios de dos en dos y repite la experiencia. Describe lo que ocurre cada vez que empiezas aumentar de dos en dos los orificios.
- a) Se produce algún sonido durante la experiencia. Si es el caso como son esos sonidos y de que depende que se generen esos sonidos.

Sesión 3. El timbre

Experiencia 1.

- ¿Qué representación puedes hacer de los sonidos que escuchaste en las sesiones anteriores? (cuando golpeabas los vasos, cuando golpeabas y soplabas las botellas, cuando soplabas el círculo de icopor, cuando subes y bajas el volumen y utilizas los tubos de pvc). Explica las representaciones que haces.
- Podrías identificar si existe diferencias cuando se hace sonar una guitarra, flauta, violín y una trompeta ¿Cuál sería esas diferencias?

Experiencia 2.

- Escucha los sonidos que se van a reproducir e intenta identificar qué tipo de instrumento es el que genera el sonido.
 - a) A nota tu respuesta.
 - b) Realiza una representación para cada uno de los sonidos.
 - c) Clasifica de ser posible el sonido de cada instrumento.

Sonido	instrumento	Representación	Clasificación del sonido
1			
2			
3			

- ¿Cómo crees que sería la representación del sonido de la voz humana? Realiza la representación de la voz para un hombre y una mujer.

Experiencia 3.

En esta experiencia el estudiante hará uso de los diapasones y el programa Audacity, al igual que unos sonidos de los instrumentos que se utilizaron en la experiencia anterior.

Procedimiento

Materiales

- Diapasón
- Programa Audacity
- Bafle
- Microfono
- Ordenador

- Primero verifica que el programa si está reconociendo los sonidos, para esto conecta el audífono al ordenador y has algún sonido cerca del audífono.
- Después de verificar que si funciona el programa abre una nueva venta en el programa.
- Ubica el diapason cerca al audífono, en el programa selecciona la opción grabar después golpea el diapason y guarda el sonido que este provoca.

- a) ¿Qué pudiste observar en el programa?
- b) ¿Qué crees que pasaría si hicieras esta misma experiencia, pero grabando tu voz o un sonido de algún instrumento musical?
- c) ¿Qué pasaría si utilizan diferentes instrumentos, pero esta vez los haces sonar con misma nota DO? Hay alguna diferencia.

➤ Repita la experiencia 2 pero esta vez utiliza el programa.

Sonido	instrumento	Representación	Explica lo que observas
1			
2			
3			

Preguntas de cierre de la secuencia.

- a) ¿Qué diferencia en contraste entre las representaciones que realizaste antes de usar el programa y después de usarlo?

Sonidos	Representación antes del programa (experiencia 2)	Representación con el programa (experiencia 3)	Diferencias
1			
2			
3			

- b) ¿Cómo podrías clasificar los sonidos según las representaciones que obtuviste en la experiencia 3?
- c) ¿Qué tienen en común las representaciones de la experiencia 3?

SECUENCIA 3. ¿CÓMO MEDIR LA VELOCIDAD DEL SONIDO?

El objetivo de esta secuencia de actividades es que los estudiantes puedan llegar a construir habilidades que les permitan hablar del fenómeno de refracción del sonido haciendo uso de lo que conocimientos que adquirieron en la secuencia 1 y 2.

Recursos materiales

- Diferentes tubos como PVC o de cualquier otro material. Con los tubos que se vayan a trabajar se deben contar con dos diseños iguales, es decir con las mismas características, ya que uno será para la construcción de un tubo cerrado y otro abierto. los tubos se cortaran con alguna de las longitudes que se presentan en los siguientes link <http://pages.mtu.edu/~suits/notefreqs.html>
<http://www.asociacionmusicaparavivir.org/manual-como-construir-un-tubofono/>
- Cinta métrica, regla, marcadores
- Lija y segueta
- Micrófono
- Ordenador
- Pie de rey
- Programa Audacity (este debe estar descargado previamente en el ordenador)
- Tapones de tubo PVC dependiendo del diámetro de cada tubo, o algún otro material que le permita sellar el tubo por un extremo.

Preguntas que guiaran las actividades

- ✓ Que entiendes por velocidad del sonido y conoces el valor que se le da a la velocidad del sonido.
- ✓ Que variables debo tener en consideración para obtener la velocidad del sonido.
- ✓ El material con el que está hecho el tubo afecta la medición de la velocidad del sonido.
- ✓ Habría alguna diferencia si para obtener la medición de la velocidad del sonido se utilizará un tubo cerrado o uno abierto.
- ✓ Qué pasa si al tubo se le varía la longitud y el diámetro de este.
- ✓ Qué pasaría con la velocidad del sonido si al tubo se le pudiera variar la temperatura.

Sesión 1. Tubos sonoros

Objetivos

- Construir los diferentes tubos sonoros tanto abiertos como cerrados.
- El estudiante identificara las diferentes variables que se necesita para la medición de la velocidad del sonido.
- El estudiante será capaz de hacer las diferentes correcciones a los tubos sonoros entendiendo por que son necesarias esas correcciones.
- El estudiante se familiarizará con el programa Audacity.

Procedimiento

En esta primera sesión los estudiantes harán el diseño de los diferentes tubos sonoros, estos tubos constarán de diferentes materiales y diámetros. El estudiante procederá a cortar los tubos en

diferentes longitudes. Garantizando que haya una pareja de tubos es decir uno abierto y cerrado con las mismas características como el material, la longitud, el diámetro tanto interno y externo.

El estudiante organizara y registrara la información de la siguiente manera.

Tubos	Material del tubo	Cerrado/ abierto	Longitud del tubo (m)	Diámetro interno (m)	Diámetro externo (m)
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Tabla 1. Registros de los datos. En esta tabla el estudiante registrara los datos de los diferentes tubos que va a utilizar en el transcurso de la actividad.

Después de organizar la información el estudiante accedera al programa de Audacity.

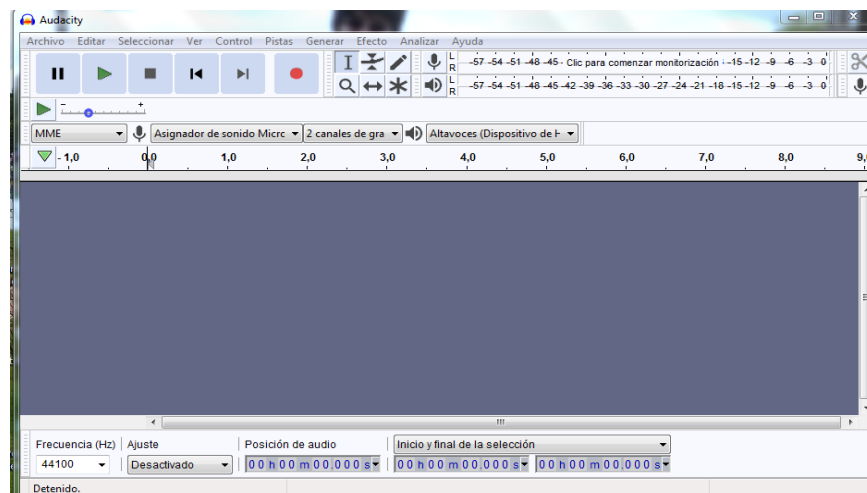


Ilustración 36. Presentación del programa Audacity

Se debe conectar el micrófono al ordenador y comprobar que el programa si está registrando el sonido. La ilustración 8 y 9 que se presenta a continuación es de un tubo de vinipel el cual se golpeó por un extremo y en el otro se encontraba el micrófono con el que se grabara el sonido. Los estudiantes deben obtener una imagen similar a la que se presentan.

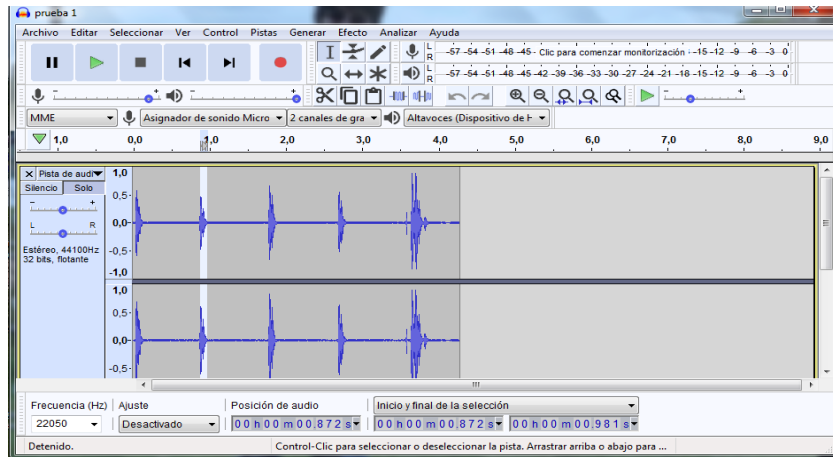


Ilustración 37. Registro de prueba. Este es un registro de un tubo de papel vinipel

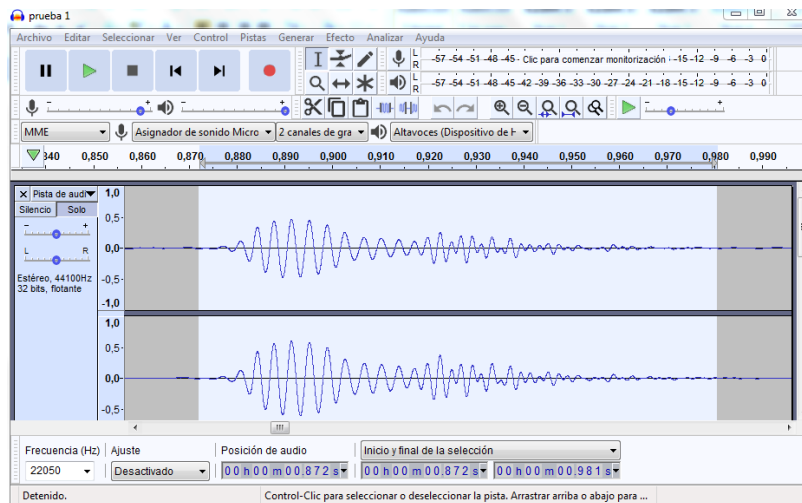


Ilustración 38. Señal aumentada de la prueba del tubo de vinipel

Los estudiantes harán las diferentes pruebas con los diferentes tubos y registrarán la información que les proporciona el programa como el tono, la frecuencia.

Datos del programa			
Tubo	Abierto / cerrado	Tono	Frecuencia
1			
2			
3			
4			
5			

Hallar los cálculos para la velocidad del sonido teniendo en cuenta las ecuaciones para los tubos cerrados y abiertos.

Formulas a utilizar para los cálculos	
Tubo cerrado	Tubo abierto
$\lambda = 4 * L$ <p>“L” es la longitud del tubo</p> <p>"λ" Es la longitud de la onda de la fundamental.</p> $n = \frac{v}{\lambda}$ <p>"n" es la frecuencia de la fundamental y "v" la velocidad del sonido, podemos decir que:</p> $n = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{4L}$	$\lambda = 2 * L$ <p>“L” es la longitud del tubo</p> <p>"λ" Es la longitud de la onda de la fundamental.</p> $n = \frac{v}{\lambda}$ <p>"n" es la frecuencia de la fundamental y "v" la velocidad del sonido, podemos decir que:</p> $n = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2L}$

Cálculos del tubo cerrado con la información del programa				
Tubo	Longitud de la onda (m)	Frecuencia (Hz)	Constante de la formula	Velocidad del sonido (m/s)
			4	
			4	
			4	
Cálculos del tubo cerrado con la información de la tabla				
			4	
			4	
			4	
Cálculos del tubo abierto con la información del programa				
Tubo	Longitud (m)	Frecuencia (Hz)	Constante de la formula	Velocidad del sonido (m/s)
			2	

			2	
			2	
Cálculos del tubo abierto con la información de la tabla				
			2	
			2	
			2	

Correcciones de longitudes para los tubos

Formulas a utilizar para la corrección de longitud	
Tubo cerrado	Tubo abierto
<p>Para un tubo cerrado de forma cilíndrica (excitado por su extremo abierto), la corrección será</p> $L' = L + 2,7 * R$ <p>Donde "L'" será la longitud vibrante de la columna de aire "L" la longitud real del tubo y "R" el radio de su sección circular.</p>	<p>Para un tubo cilíndrico abierto, excitado en un extremo, la corrección en el extremo libre será pequeña (0,6) y se sumará a la del extremo donde se realiza la excitación; tendremos entonces:</p> $L' = L + 3,3 * R$

Sesión 2. Nodos y vientres. Tubo de Kundt

El objetivo de esta actividad es que el estudiante reconozca los nodos y vientres que se forman en un tubo cerrado. También se espera que los estudiantes con este montaje aprendan a calcular las frecuencias de resonancia de un tubo sonoro.

Montaje

Para el diseño del equipo se necesita un baffle un generador de frecuencias y un tubo hecho en acetato grueso y bolitas de icopor que son las que nos permitirán observar lo que sucede dentro del tubo.



Ilustración 39. montaje tubo de Kundt

Preguntas que guiaran la actividad

- ¿Qué puedes observar cada vez que comienzas aumentar las frecuencias?
- Dibuja un esquema que permita describir el movimiento de las bolitas de icopor que se encuentran dentro del tubo.
- Describe lo que estas observando.
- Identifica en un dibujo los nodos y antinodos de la onda.
- Lentamente comience a aumentar la frecuencia hasta encontrar el siguiente armónico.
- Con una regla, mide la distancia entre las diferentes marcas y regístralas.

Al desarrollar esta sesión se espera que el estudiante tenga resultados como los que se muestra en la ilustración 40.

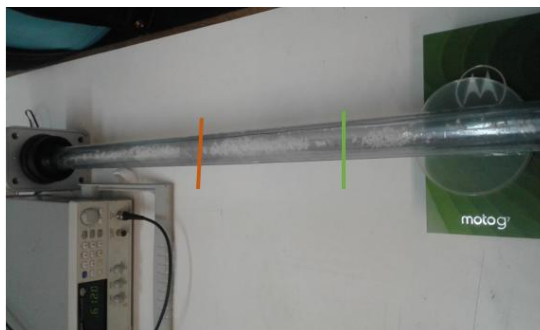


Ilustración 40. imagen de los nodos para una frecuencia de 612 Hz. El primer nodo se formaba a una distancia de 27 cm, (primera marca naranja de la imagen de izquierda a derecha) y el segundo nodo a 47cm (marca de color verde).

Sesión 3. Medición de la velocidad del sonido

Experiencia 1. Velocidad del sonido a temperatura ambiente

El objetivo de esta actividad es que los estudiantes puedan medir la velocidad del sonido en el aire y percibir el fenómeno de resonancia.

Montaje

Para este experimento se necesita un tubo que este sellado en uno de sus extremos, el tubo puede ser de vidrio o acrílico. también es necesario tres diapasones de diferentes frecuencias conocidas.

Procedimiento y preguntas que guían la actividad

- Llene con agua el tubo hasta arriba, acerque el diapasón a la boca del tubo y hágalo vibrar. ¿Qué puede escuchar cuando realiza esta primera experiencia?
- Después disminuya lentamente el nivel del agua y vuelva a acercar el diapasón a la boca del tubo y hágalo vibrar nuevamente. ¿Qué puede observar y escuchar cuando hace este procedimiento?

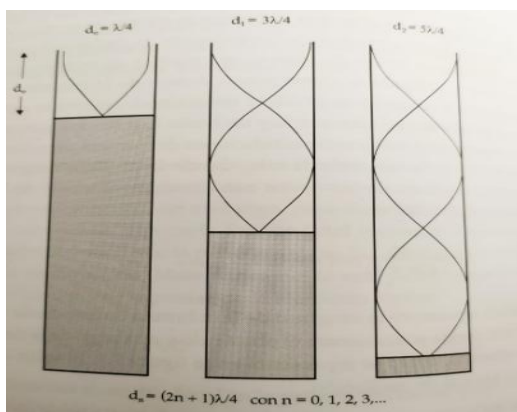


Ilustración 41. Tubos con diferente nivel de agua. Imagen tomada de (Varela, Bustamante, Dueñas, & Vinasco, 2017)

- Marque en el tubo los sonidos que sean relevantes.
- Tome las diferentes distancias desde la boca del tubo a la superficie del agua.

Complete la siguiente tabla teniendo en cuenta la información que obtiene del experimento.

Diapasón 1 ____ Hz				Diapasón 2 ____ Hz				Diapasón 3 ____ Hz			
n	L(m)	λ (m)	V (m/s)	n	L(m)	λ (m)	V (m/s)	n	L(m)	λ (m)	V (m/s)
Velocidad promedio				Velocidad promedio				Velocidad promedio			

Experiencia 2. Velocidad del sonido a diferentes temperaturas

El objetivo de esta actividad es que el estudiante pueda identificar bajo qué condiciones se da el fenómeno de refracción del sonido.

Montaje

Para experimento se requiere el montaje que se describió en el capítulo IV. pag.37.

Procedimiento y preguntas que guían la actividad

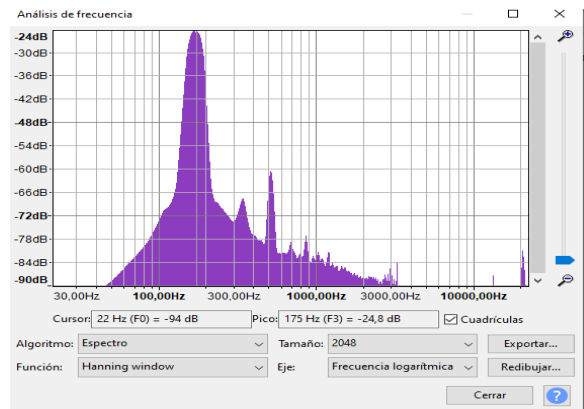
- Antes de iniciar la experiencia es necesario revisar que el programa Audacity este en un ordenador, así como el sensor, bafle y sensor de temperatura estén funcionando bien.
- Se debe calcular la frecuencia de resonancia para un tubo abierto para esto hacemos uso de las siguientes ecuaciones:

$$v = \lambda f \quad ; \quad \frac{v}{\lambda} = f$$

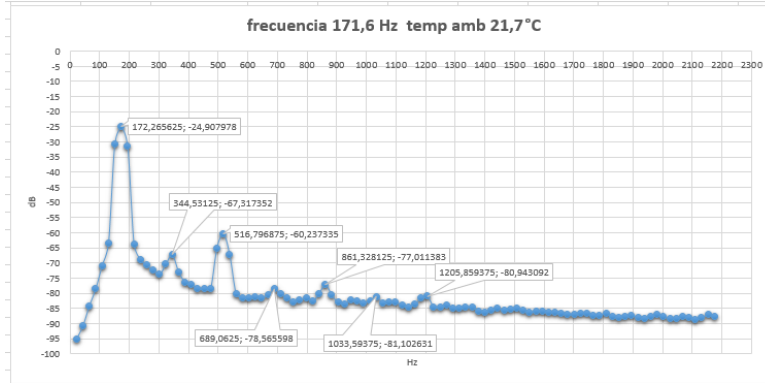
$$L = \lambda/2$$

$$f = \frac{343,2\text{m/s}}{2(1\text{m})} = 171,6 \text{ Hz}$$

- Después de tener la frecuencia se procede a conectar el bafle al generador de frecuencia o en nuestro caso el celular el cual tiene la aplicación frequency generato. Se abre el programa Audacity para empezar a grabar.
- Antes de que inicies la grabación contesta las siguientes preguntas:
 - a) ¿Qué representación esperas obtener de la frecuencia a una temperatura ambiente?
 - b) ¿Crees que esta representación cambiara cuando empieces a variar la temperatura?
 - c) ¿Qué características del sonido crees que variarían en las dos situaciones, es decir cuando está a temperatura ambiente a cuando se cambia la temperatura?
 - d) ¿Qué valores esperarías obtener para la velocidad del sonido cuando está a temperatura ambiente a cuando se varia la temperatura?
- Después de contestar las preguntas procede a grabar, guarda la primera frecuencia a temperatura ambiente, luego repite el procedimiento, pero esta vez colocando agua caliente en el tubo externo del montaje, espera que la temperatura en el tubo se estabilice, cuando ya se estabilice la temperatura procede a grabar nuevamente. (mientras realizas esta experiencia describe lo que estas observando y escuchas).
- Después de hacer varias veces esta experiencia para tener varios datos, procede a contestar las preguntas de a) a c).
- Para hacer los cálculos de la velocidad del sonido selecciona una de las grabaciones, procede a buscar la opción de análisis de espectro en el programa de Audacity. Cuando obtengas una gráfica como la que se muestra a continuación, procede a exportar los datos a una hoja de Excel.



- Cuando exportes los datos en la hoja de Excel, tendrás dos columnas una con los datos de las frecuencias y otra con los datos de los decibeles, a continuación, selecciona la tabla y busca la opción de insertar gráfico.
- Cuando tengas la gráfica selecciona los picos que te muestra la gráfica. (estos picos son las frecuencias de resonancia)



	A	B
1	Frecuencia (Nivel (dB)	
2	21,533203	-95,077896
3	43,066406	-90,674637
4	64,599609	-84,141075
5	86,132813	-78,465103
6	107,666016	-70,811691
7	129,199219	-63,419132
8	150,732422	-30,515385
9	172,265625	-24,907978
10	193,798828	-31,321791
11	215,332031	-63,82048
12	236,865234	-68,870689
13	258,398438	-70,614754
14	279,931641	-72,384903
15	301,464844	-73,808578
16	322,998047	-70,345718
17	344,53125	-67,317352
18	366,064453	-72,913834
19	387,597656	-76,376991
20	409,130859	-77,088371
21	430,664063	-78,600533
22	452,197266	-78,594536
23	473,730469	-78,524483
24	495,263672	-64,973984
25	516,796875	-60,237335
26	538,330078	-67,280266
27	559,863281	-80,19487

- Cuando tengas los datos de los picos organiza una tabla, enumerando cada pico con n (armónicos). como se muestra a continuación:

velocidad a 21,7°C	
n	Hz
1	172,265625
2	344,53125
3	516,796875
4	689,0625
5	861,328125
6	1033,59375
7	1205,85938

- Para hacer el cálculo de la velocidad del sonido se tiene en cuenta la siguiente ecuación la cual corresponde a la frecuencia de resonancia del tubo:

$$f_n = \frac{nv}{2L}$$

- De esta frecuencia podemos despejar la velocidad del sonido v , f_n corresponde a la frecuencia de resonancia que son los picos obtenidos.

$$v = \frac{f_n * 2L}{n}$$

- Repite el procedimiento para cada uno de los datos que tomes.
- Compara la respuesta de la pregunta d) con los datos que obtuviste. A que conclusión puedes llegar después de hacer esta experiencia.