

**LA CARACTERIZACIÓN DEL SONIDO COMO ONDA MECÁNICA: UNA
PROPUESTA PARA LA ENSEÑANZA EN LA ESCUELA**

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

**LÍNEA DE PROFUNDIZACIÓN: ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DESDE UNA
PERSPECTIVA CULTURAL**

SARAH ALEJANDRA BERMUDEZ MORENO

2010146007

DOCENTE ASESOR:

JUAN CARLOS CASTILLO

**DEPARTAMENTO DE FISICA
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
FEBRERO DE 2016, BOGOTA. D.C.**

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado.
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central.
Título del documento	La caracterización del sonido como onda mecánica: una propuesta para la enseñanza en la escuela.
Autor(es)	Bermúdez Moreno, Sarah Alejandra.
Director	Castillo Ayala, Juan Carlos.
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2016, 62p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional.
Palabras Claves	ONDA, SONIDO, PROPUESTA, ESTUDIANTES, REPRESENTACIÓN, ANÁLISIS, HIPÓTESIS, PROPAGACIÓN, CULTURA.

2. Descripción
<p>Este trabajo contextualiza una propuesta de aula diferente que permite a los estudiantes de los grados introductorios de física, profundizar en las características de la propagación del sonido; así, se evidencia mediante la experiencia que el sonido tiene un comportamiento ondulatorio que depende del medio de propagación, la temperatura y la presión del mismo. Por consiguiente se toman en cuenta algunos autores que realizan un trabajo en el aula, donde dependiendo de las actividades, logran construir propuestas de aula en las que se hace evidente el uso de estrategias para la exploración de fenómenos y por lo tanto contribuyen en la construcción del presente documento, aportando ideas y datos que hacen posible la construcción de la propuesta de aula. Es necesario hablar de las ondas y sus características generales, para que al hablar del comportamiento ondulatorio del fenómeno sonoro, se evidencien las particularidades que permiten caracterizar al sonido de esa forma.</p> <p>Este trabajo, busca incentivar a los estudiantes a preguntarse sobre el sonido, sus características, su propagación, su emisión y su recepción, entre otros, de manera que guiados por la observación de las situaciones cotidianas en donde se produce el fenómeno sonoro, generen hipótesis que posteriormente sean resueltas por ellos mismos, mediante la experimentación, investigación y el dialogo. De acuerdo con esto, las actividades se centran en el desarrollo de ideas como: la propagación del sonido, relación entre el emisor y el receptor, las fuentes sonoras, medios de propagación, entre</p>

otras características que sirven de herramienta para el desarrollo y consolidación de una idea en particular asociada a la propagación, vibración u otras características que permiten hablar del sonido como onda.

3. Fuentes

Alvares, D. A. (2012). Como adulto aprendo: una estrategia para la enseñanza de las cualidades del sonido. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Ayensa, M. A. (s.f.). *universidad de las palmas de gran canaria*. Recuperado el 28 de 05 de 2015, de <http://www.webs.ulpgc.es/euitt/apuntes%20iva/ondas/ondasweb.html>

CELY GUEVARA, C. A. (2006). INTERPRETACIÓN DE LA MECÁNICA ONDULATORIA A PARTIR DE ANALOGÍAS FÍSICAS. Bogotá: UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL.

FINN, M. A. (1998). *CAMPOS Y ONDAS*. Mexico: ADDISON WESLEY IBEROAMERICANA.

Hajek, C. D. (1 May 2011). Student Perceptions of the Value of Physics Laboratories. *International Journal of Science Education Vol. 33, No. 7, 943–977*.

JOSE FRANCISCO MALAGON, M. M. (2011). *El experimento en el aula, comprension de fenomenologias y construccion de magnitudes*. Bogotá colombia: fondo editorial Universidad Pedagógica Nacional.

Kirschner, P. A. (1988). The laboratory in higher science education: Problems, premises and objectives. *Higher Education, 81–98*.

MELO NIÑO, L. V. (2007). DE LA EXPERIENCIA SENSIBLE AL EVENTO SONORO. Bogotá: UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL.

Saglam, I. A. (1 April 2010, Vol. 32, No. 6). A Study of Teachers' Views on Practical Work in Secondary Schools in England and Wales. *International Journal of Science Education, 753–768*.

4. Contenidos

El primer capítulo se hace evidente que aunque no se tenga una descripción física del sonido, puede definirse como aquello que los oídos perciben y el cerebro lo interpreta como música, conversaciones, golpes, etc. Por lo tanto, se llega a tener un conocimiento acerca del sonido identificándolo con algunos eventos de la vida, de acuerdo con esto,

se llega a dos maneras de describir el sonido, una de éstas, está relacionada con las propiedades audibles del sonido, tono o altura, volumen o intensidad y timbre; la otra forma de caracterizar el sonido es a partir de una descripción física del mismo, la cual está basada en que el sonido es una onda mecánica y las propiedades audibles del sonido, dependen de la frecuencia de la onda sonora, la energía transportada por la onda sonora y la forma de la onda sonora.

Una parte del estudio fenomenológico del movimiento ondulatorio es originado de la acústica o del sonido; los filósofos griegos antiguos, se interesaron en la música, ya que tenían la hipótesis acerca que había una conexión entre ondas, sonidos y vibraciones, argumentando que éstas debían ser las responsables de los sonidos, puesto que evidentemente cuando se pone a vibrar un cuerpo, por ejemplo una cuerda tensa, se escucha un sonido cuyas características audibles, dependen de algunas propiedades del cuerpo.

En el segundo capítulo se hace una exploración de las ondas en general, para puntualizar que el sonido es una onda, de esta manera, se describe que la onda sonora, produce por una perturbación, que dependiendo del medio se propaga de forma longitudinal o transversal, éste pulso, produce un desequilibrio en las zonas contiguas a la zona que sufrió la perturbación, por ejemplo, cuando se tiene una cuerda tensa que se encuentra en condiciones de equilibrio, lo que indica que esta de forma recta, al desplazarla de forma perpendicular a su longitud generando así un desequilibrio de una zona inicial proporcional al desplazamiento perpendicular generado; seguidamente se observa cómo ésta zona inicial tiende a equilibrarse para conservar su posición inicial, pero la zona inmediatamente posterior está desequilibrada debido a la propagación del pulso inicial con el que se deforma la cuerda.

Este tipo de movimiento en el cual no es el medio en sí mismo sino alguna perturbación lo que se desplaza se denomina onda. Existen muchos otros tipos de ondas, tales como las ondas de radio, la luz, la radiación del calor, las ondas sobre la superficie de un lago, los movimientos sísmicos, etc. Cuando la onda tiene lugar en un medio líquido o gaseoso es una onda acústica, pero si esta resulta audible, se llama onda sonora.

En el tercer capítulo se realiza toda la investigación teórica que rescata la labor de enseñar ciencias abordando enfoques que abarcan concepciones y percepciones cognitivas, didácticas y pedagógicas diversas, dando origen a una amplia gama de tendencias, que se pueden clasificar de forma simple, desde lo que se ha llamado el aprendizaje pasivo propio de la enseñanza tradicional: transmisor(profesor)- receptor (estudiante) hasta nuevas tendencias como el aprendizaje activo donde el estudiante participa en la construcción del conocimiento a partir de la observación del mundo real con la guía del profesor.

Al plantear la idea inicial de la propuesta de aula, se tiene en cuenta que la forma en que

se utilizan en el entorno de aprendizaje es de gran importancia y puede tener una gran influencia sobre el resultado de la implementación de tal propuesta, por lo tanto, la creación de actividades y su aplicación en la enseñanza, están estrechamente ligados con la vida cotidiana de la población donde se implementan tales propuestas, dando a los estudiantes un papel activo promoviendo el dialogo y la cooperación entre los grupos de trabajo para así llegar a conclusiones tanto particulares como individuales.

La intencionalidad de esta unidad de formación es permitir que el estudiante a través de la organización mental de los elementos que hay en su entorno utilice significativamente en una amplia variedad de situaciones problema de fenómenos físicos que le permitirán poner en práctica competencias que surgen mediante acciones de tipo interpretativo, argumentativo y propositivo, además le permita disfrutar de la física en el juego y actividades de la vida diaria puesto que al tener un conocimiento estructurado de las reglas de la naturaleza los estudiantes pueden diseñar estrategias para la mejor comprensión de la física.

5. Metodología

Metodológicamente se investigó sobre las ondas y su origen, además del trabajo practico que se realizó para dotar al sonido de ciertas características que permiten ver más cercano el fenómeno sonoro como una onda. De ésta manera, los antecedentes conceptuales dan explicación del sonido como una onda mecánica; se observa cómo los intentos filosóficos y experimentales por caracterizar el sonido han generado criterios que permiten ver el sonido desde el punto de vista ondulatorio.

6. Conclusiones

- Los estudiantes lograron desarrollar una comprensión intuitiva partiendo de la observación y de la experimentación; las practicas lograron hacerlos sentir parte de la física ya que al experimentar y obtener ideas que los encaminaron al concepto los hizo creadores del conocimiento "en lugar de" receptores de conocimiento. Se produjo un cambio notable en la forma que los alumnos adquirieron el conocimiento ya que los hizo parte del mismo.
- Hay una necesidad de proporcionar constantemente oportunidades a los estudiantes para retroalimentar, reflexionar, y modificar sus ideas sobre la forma como aprenden ya que como ellos mismos indican "aprendemos más cuando aplicamos los que vemos en clase a la vida real" , lo cual indica que existe unas sensación de mayor aprendizaje mediante la resolución de problemas reales y significativos.

- El análisis investigativo muestra que el sonido se considera una onda ya que las características y fenómenos que lo afectan como la reflexión, refracción, difracción e interferencia, son los mismos fenómenos que afectan las ondas mecánicas.
- La investigación confirmó que el laboratorio fue una experiencia positiva de aprendizaje ya que ayudó a los estudiantes a aprender y desarrollar habilidades acordes con el contenido del curso, la cuales les permitió abordar algunos conceptos desde el análisis y la experimentación. Se encontró que el uso de ejercicios pre-práctica fomenta una actitud positiva en estudiantes hacia su trabajo en el laboratorio de física. Los estudiantes también dieron respuestas positivas como 'diversión', 'agradable', e 'interesante', además querían más tiempo para realizar los experimentos y quería demostraciones detalladas e instrucciones para comprender mejor algunos conceptos.

Elaborado por:	Sarah Alejandra Bermúdez Moreno
Revisado por:	Juan Carlos Castillo Ayala

Fecha de elaboración del Resumen:	17	02	2016
--	----	----	------

Contenido

INTRODUCCIÓN DEL TRABAJO	8
PROBLEMÁTICA.....	10
SITUACIONES PROBLEMÁTICAS.....	11
JUSTIFICACIÓN.....	12
ACCIONES REALIZADAS U OBJETIVOS	14
ANTECEDENTES.....	15
APORTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
MARCO TEÓRICO.....	17
INTRODUCCIÓN	17
SONIDO COMO ONDA	22
ECUACIÓN DIFERENCIAL DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO	24
ONDAS SUPERFICIALES EN UN LÍQUIDO.....	25
ONDAS TRANSVERSALES EN UNA CUERDA.....	25
ENERGÍA TRANSPORTADA POR UN MOVIMIENTO ONDULATORIO ARMÓNICO	27
RELACIÓN ENTRE LAS AMPLITUDES DE LA ONDA INCIDENTE, REFLEJADA Y TRASMITIDA.....	29
Analizando las ondas incidente, reflejada y transmitida, tenemos que si se situa en el origen en el punto de unión de las cuerdas. A la izquierda del origen se tiene una onda armónica incidente cuyo número de onda es k_I tal que $k_I v_I = \omega$, que se propaga de izquierda a derecha.....	29
INTERFERENCIA DE ONDAS PRODUCIDAS POR DOS FUENTES SINCRÓNICAS	31
CARACTERÍSTICAS ONDULATORIAS DEL SONIDO.....	35
PROPUESTA PARA LA ENSEÑANZA EN LA ESCUELA	39
CONCLUSIONES	48
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	52

INTRODUCCIÓN DEL TRABAJO

El presente trabajo se desarrolla con el fin de analizar con los estudiantes de cursos introductorios de física el carácter ondulatorio del sonido mediante situaciones comunes, por lo tanto se tienen en cuenta los conceptos propios de las ondas; en especial del sonido y sus características. Mediante este proceso, se describe el sonido como onda, partiendo de referentes teóricos que llevan a pensar en la similitud del sonido con los fenómenos que identifican las ondas mecánicas. Al analizar las ondas en general se pudo obtener un referente para poder realizar comparaciones que lleven a la clara identificación de los comportamientos del sonido, según su medio de propagación.

Este trabajo contextualiza una propuesta de aula diferente que permite a los estudiantes de los grados introductorios de física, profundizar en las características de la propagación del sonido; así, se evidencia mediante la experiencia que el sonido tiene un comportamiento ondulatorio que depende del medio de propagación, la temperatura y la presión del mismo. Por consiguiente se toman en cuenta algunos autores que realizan un trabajo en el aula, donde dependiendo de las actividades, logran construir propuestas de aula en las que se hace evidente el uso de estrategias para la exploración de fenómenos y por lo tanto contribuyen en la construcción del presente documento, aportando ideas y datos que hacen posible la construcción de la propuesta de aula. Es necesario hablar de las ondas y sus características generales, para que al hablar del comportamiento ondulatorio del fenómeno sonoro, se evidencien las particularidades que permiten caracterizar al sonido de esa forma.

El fenómeno sonoro resulta bastante familiar, ya que está asociado con la percepción de todo lo que llega a nuestros oídos mediante la sensación auditiva y nuestro cerebro interpreta como sonido que se considera, es común a todos. Si bien, el sonido no se relaciona directamente con un fenómeno mecánico, las cualidades que se le asignan, no tienen correspondencia con algún movimiento. El sonido se suele definir como un "*fenómeno que involucre la propagación en forma de ondas elásticas, generalmente a través de un fluido que esté generando el movimiento vibratorio de un cuerpo*" (LEXICOON, 2015). El inconveniente principal que llama la atención, es que el carácter ondulatorio solo es mencionado en la definición, pero no se profundiza en los comportamientos y características que comparten las ondas mecánicas y el sonido, por lo tanto, al considerar el sonido como una onda mecánica se deben mostrar las cualidades que nos llevan a ver el fenómeno sonoro desde el punto de vista ondulatorio.

Este trabajo, busca incentivar a los estudiantes a preguntarse sobre el sonido, sus características, su propagación, su emisión y su recepción, entre otros, de manera que guiados por la observación de las situaciones cotidianas en donde se produce el fenómeno sonoro, generen hipótesis que posteriormente sean resueltas por ellos mismos, mediante la experimentación, investigación y el dialogo. De acuerdo con esto, las actividades se centran en el desarrollo de ideas como: la propagación del sonido, relación entre el emisor y el receptor, las fuentes sonoras, medios de

propagación, entre otras características que sirven de herramienta para el desarrollo y consolidación de una idea en particular asociada a la propagación, vibración u otras características que permiten hablar del sonido como onda.

Por lo tanto, metodológicamente se investigó sobre las ondas y su origen, además del trabajo práctico que se realizó para dotar al sonido de ciertas características que permiten ver más cercano el fenómeno sonoro como una onda. De ésta manera, los antecedentes conceptuales dan explicación del sonido como una onda mecánica; se observa cómo los intentos filosóficos y experimentales por caracterizar el sonido han generado criterios que permiten ver el sonido desde el punto de vista ondulatorio.

Otro factor que se desprende de no tomar en cuenta el carácter ondulatorio del sonido es que, a un nivel general, la organización y concepción de la ciencia ha variado a lo largo del tiempo. En otras palabras, la misma forma de definir la ciencia ha cambiado en respuesta a factores organizativos y sociales sobre los que recae la delimitación de la misma (STEVE WOOLGAE. 1991), por lo tanto, ahora se tiene una visión más amplia del fenómeno sonoro, diferente de cuando se investigó por primera vez el sonido.

PALABRAS CLAVE: Onda, Sonido, propuesta, estudiantes, representación, análisis, hipótesis, propagación, cultura.

PROBLEMÁTICA

En relación con las prácticas de séptimo semestre la Universidad Pedagógica Nacional realiza una observación en un colegio donde se tiene un acercamiento directo con el que hacer docente, lo que resulta en una enriquecedora proximidad con los estudiantes; seguidamente se evidencia un inconveniente en la forma de construir conocimiento, ya que el modo de enseñar tiene en cuenta lo que está en los libros de texto como base fundamental para impartir las clases magistrales, y éste problema no se hace evidente solo en los colegios públicos, sino también en los privados, ya que fue evidenciada en ambos contextos educativos. En específico es evidente que el sonido se enseña a partir de cualidades que le son asociadas, pero no explicadas a profundidad, a saber el tono, la intensidad y el timbre, además de una definición superficial, sin realizar laboratorios alrededor de la temática que permitan una clara interpretación y experimentación del mismo.

Con el fin de presentar un punto de vista imparcial en la investigación, la problemática se ubica en un colegio público y otro privado, para evitar preferencias de alguna clase; por consiguiente, se deduce que comúnmente se enseña de la misma forma año tras año, produciendo una serie de vacíos conceptuales que no permiten la construcción de nuevos conocimientos, por lo tanto perjudican a los estudiantes porque al no poder ampliar su experiencia, se preocupan por los conceptos y no por su aplicación. De allí, la importancia de plantear una alternativa que posibilite observar la explicación del fenómeno sonoro, partiendo de su aplicación, ya que es evidente que si el estudiante adquiere una formación donde el aprendizaje está articulado con su cotidianidad, le halla importancia y gusto por la misma.

Por lo tanto, partiendo del hecho de que no se tienen unas condiciones socioeconómicas ideales, se plantea una propuesta de aula que busca generar espacios de aprendizaje donde los estudiantes y los docentes tienen un punto en común y la construcción de conocimiento es bilateral, ya que no solo los estudiantes aprenden del docente, sino también el docente aprende de sus estudiantes posibilitando una mayor comunicación y participación en el ambiente de aprendizaje.

La investigación centra la atención en fenómenos grupales para después particularizar en una idea común y no como en fenómenos particulares que llevan a varias ideas del mismo evento, por lo tanto se cataloga como fenomenológica. La enseñanza del sonido en la institución educativa, tiene una metodología de enseñanza que generalmente es guiada por el docente que imparte la asignatura, lo que evidencia la necesidad de proponer una propuesta que supla las necesidades de los estudiantes dependiendo de cada grado, actitud y aptitud.

SITUACIONES PROBLEMÁTICAS

En los procesos realizados en esta investigación, se han identificado las siguientes situaciones problemáticas que no permiten la explicación del sonido como una onda:

- La explicación de los fenómenos sonoros basados en el carácter matemático sin profundizar en los conceptos relacionados con la onda sonora, a saber, el transporte de energía y no de masa, el carácter ondulatorio del sonido, entre otros.
- El poco interés y preocupación de algunos profesores para la elaboración de materiales para el ambiente de aprendizaje, que consideren la construcción de conocimiento de forma activa donde el estudiante pueda interactuar con los materiales diversificando su experiencia en el aula.
- Se observa que los docentes que imparten física en los colegios IED KENNEDY y SAN JOSE DE FONTIBON abordan la temática del sonido a partir de libros de texto que son proporcionados por las instituciones, abordando las temáticas de forma superficial y sin dar espacio a la construcción de un conocimiento significativo que implique la interacción con el tema a tratar.

Con el fin de presentar una herramienta útil y practica donde el estudiante construya un conocimiento y unas experiencias en relación con el sonido, se busca elabora una propuesta donde conjuntamente se valoran los aportes teóricos y experimentales del sonido para tener una visión más amplia del fenómeno sonoro; no se presentando las ecuaciones como la parte fundamental del tema. Por lo tanto es pertinente preguntar:

¿Mediante qué situaciones, fenómenos, y consideraciones conceptuales es posible abordar la explicación del sonido como una onda mecánica; con el fin de generar elementos para la configuración de propuestas de enseñanza en cursos introductorios de física?

JUSTIFICACIÓN

A partir de la práctica pedagógica realizada en el departamento de física de la Universidad Pedagógica Nacional y llevando un proceso de observación con los estudiantes de grado decimo del Colegio IED Kennedy, se evidencian los intereses de aprendizaje en los cursos generales, las mismas características se observan al cambiar de población, en un colegio privado, como lo es el Colegio Parroquial San José de Fontibón. Como ciertos intereses puntuales fueron los mismos, se evidencia el interés que tienen respecto a las temáticas básicas de la física ligada a la experimentación. Ya que el abordaje del sonido es de gran importancia en tales entornos escolares, se tienen en cuenta las estrategias que se llevan al aula para que la formación en estos cursos introductorios de física se promueva el interés que permite al estudiante tener una visión más amplia del entorno donde se desenvuelven diariamente.

Como la investigación se realiza con el fin de abordar esta temática de una manera que posibilite la construcción de los conceptos ondulatorios que dan explicación sobre el sonido y el modo de abordarlo en el aula; se tienen en cuenta, las necesidades de toda clase, propias de algunos colegios públicos y privados como el tiempo, materiales, la falta de interés, entre otros. Además es útil poder evidenciar que la física no es algo ajeno a los estudiantes, más bien que en todos los aspectos de la vida es importante, y en especial el fenómeno sonoro que está presente prácticamente en todo momento; por esto es pertinente aprovechar la enseñanza de estos temas básicos en los cursos introductorios de física (en este caso, grados undécimo y séptimo), ya que es allí donde se despierta el interés en materias como ésta, donde en ocasiones es útil que el experimento sea la base de los fenómenos que se ponen de manifiesto en las teorías físicas.

Debido a que generalmente se define el sonido como una sensación producida en el órgano del oído por un movimiento vibratorio de algún cuerpo (DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA, 2013) se aborda el sonido desde lo netamente perceptible, relacionándolo directamente con un movimiento vibratorio, ya que de esta forma se entienden las características más significativas del mismo, lo cual abre las puertas para tratar al sonido como una causa de un movimiento vibratorio que relaciona al oído como órgano sensorial que permite la percepción del sonido (MARIO, 1998-2012). El sonido tiene características ondulatorias que van más allá de lo que se acostumbra aprender y enseñar, puesto que partiendo de lo observado en las prácticas de la universidad, el poco abordaje que se le da al mismo desde la perspectiva ondulatoria hace que solo se le preste atención a las siguientes cualidades: la intensidad ¹o volumen, el tono, ²el timbre³.

¹ La intensidad es una cualidad del sonido que permite clasificar los sonidos débiles fuertes, establece una relación directa con la intensidad de la onda. La intensidad de la onda hace referencia a la cantidad de energía que transporta la onda por unidad de superficie y por unidad de tiempo.

Como la idea de la investigación y de la propuesta de aula no es abordar en las cualidades que particularizan el sonido de modo teórico, se implementan estrategias didácticas que despierten el interés y motiven al estudiante a indagar y analizar su entorno, su cotidianidad y sus experiencias generando así preguntas, conjeturas e hipótesis acerca del origen del sonido que posteriormente resolverán mediante la experiencia, aclarando conceptos partiendo de la observación. Por este motivo, la propuesta de aula se realiza partiendo de la experiencia, logrando despertar el interés del estudiante y la comprensión de los conceptos mediante la experimentación y el acercamiento al fenómeno sonoro.

² El tono permite clasificar los sonidos en altos y graves y se relaciona directamente con la frecuencia. Los tonos graves o bajos son los de frecuencias más bajas en el orden de unas décimas o cientos de Hertz y los tonos altos se encuentran en el orden miles de Hertz.

³ El timbre es una de la cualidades más interesantes e importantes del sonido ya que permite distinguir 2 sonidos de la misma intensidad y la misma frecuencia, por ejemplo cuando se escucha música y al ver cómo dos o tres instrumentos interpretan una melodía, puede que los tres instrumentos estén tocando el mismo tono con el mismo volumen o intensidad, aun así es posible distinguir y percibir que sonido interpreta cada instrumento.

ACCIONES REALIZADAS U OBJETIVOS

- ✓ La acción principal del trabajo buscó crear situaciones y elementos conceptuales que permitieron abordar el sonido como una onda mecánica, a través de un acercamiento individual y grupal; con el fin de que se lograra aportar criterios para estructurar propuestas de enseñanza acerca del fenómeno sonoro en cursos introductorios de física.

Para llevar a cabo la acción principal, se tuvieron en cuenta algunas acciones secundarias como:

- Realizar una investigación acerca de los referentes teóricos en relación con la historia del fenómeno sonoro, con el fin de identificar las experiencias previas que se tuvieron para lograr observar las características ondulatorias del sonido.
- Argumentar la definición del sonido desde el carácter ondulatorio, teniendo especial interés en el desarrollo matemático y fenomenológico del mismo.
- Definir referentes teóricos tanto en la historia de la acústica como en la investigación sobre propuestas de aula, para tener una visión más amplia de la construcción de la misma.
- Brindar a los estudiantes alternativas para la clase de física, en especial las prácticas de laboratorio con el fin de despertar el interés de los estudiantes e incentivar a la construcción de su propio conocimiento.
- Constatar si la experiencia contribuyó para que los estudiantes aprendieran y desarrollaran habilidades que les permitiera abordar el contenido del curso.

ANTECEDENTES

En la Universidad Pedagógica Nacional, se encuentran documentos que contribuyen a la construcción del presente trabajo, ya que aportan estrategias para la implementación de unidades didácticas y toman en cuenta aspectos como la caracterización de la población, teniendo en cuenta que el aprendizaje de los estudiantes depende del contexto y en general de la cultura donde se desarrolla; un enfoque propio de la línea de profundización: enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural (NELDA, 1996).

Teniendo en cuenta lo anterior, se rescatan ideas donde el aprendizaje significativo es fundamental, puesto que las concepciones y construcciones significativas que realizan los niños, son un proceso importante en el aprendizaje del estudiante (FONSECA ALBARRACIN, 1998). Siguiendo ésta línea de pensamiento, se encuentran herramientas como las analogías, que sirven para considerar eventos partiendo de lo general, a lo particular (CELY GUEVARA, 2006), en el caso de la propuesta actual, se consideran las ondas en general, para luego particularizar en el sonido y su caracterización como onda.

En la propuesta de aula se realizan preguntas acerca de los fenómenos sonoros (MELO NIÑO, 2007), que al ser respondidas en el aula por los estudiantes, se rescatan experiencias enriquecedoras donde se evidencia una construcción de conocimiento a partir de lo experimentado. Al llevar al aula una propuesta donde el docente permite que los estudiantes tomen un papel activo en la configuración de su propio aprendizaje, allí el docente provee todas las herramientas necesarias al estudiante para que pueda guiarlo en el proceso del aprendizaje (GONZALES, 2011).

Se presenta un trabajo que es muy útil para el presente ya que se asemeja a la vertiente donde se quiere enfocar esta investigación, partiendo de preguntas subyacentes acerca de los fenómenos sonoros puntualizando en el sentido del trabajo en el aula y en las reflexiones sobre lo sonoro; este trabajo es muy enriquecedor para el presente documento ya que proporciona bases fiables donde se puede tomar un caso para hacer del proyecto algo viable y veraz, pero aplicado a una población en específico. En el mismo año, se aborda el sonido retomando las ondas, pero superficialmente, ya que no se hace la caracterización ondulatoria; pero ofrece una visión amplia de las características ondulatorias del sonido, lo cual se tiene en cuenta en la elaboración de la actual investigación (LINARES, 2007).

Las cualidades del sonido son parte fundamental para demostrar la importancia de la onda sonora, ya que las características del sonido son lo que permite hablar del mismo como onda (Alvares, 2012). Para llegar a esta construcción es necesario la investigación de la historia de la acústica puesto que el origen del sonido hace posible pensar en el comportamiento de la onda sonora en los diversos medios donde se propaga (ROJAS, 2008).

APORTES DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo pretende ser un aporte en la enseñanza – aprendizaje de la enseñanza de las ciencias a:

1. La población, ya que a pesar de ser 2 instituciones distintas, tienen una población donde hay estudiantes de estratos 2, 3, y 4 de 2 localidades de Bogotá (Kennedy y Fontibón) y al tener en común la población es más fácil utilizar las mismas situaciones y vivencias cotidianas para que los alumnos de cursos introductorios de física lleguen a una comprensión amplia del sonido como onda mecánica a través de la experimentación.
2. Las instituciones educativas, ya que este trabajo muestra que no solo en colegios públicos, sino también en colegios privados se imparten las materias de maneras similares y a partir de las prácticas realizadas se observó un aprendizaje más dinámico y receptivo, lo cual hace que se piense en reformar la forma en la que enseñan conceptos como estos en donde es más fácil la comprensión por medio de la práctica.
3. Los maestros investigadores que esperan que sus alumnos planteen hipótesis y den soluciones desde su punto de vista y de una forma particular en cada caso, promoviendo el uso de la imaginación en la construcción de los montajes de laboratorio.
4. La Universidad Pedagógica Nacional, ya que al ser educadora de educadores, pretende que la forma de enseñar se renueve constantemente para llegar a una mejor comprensión de temas y conceptos en este caso el de los fenómenos sonoros.

MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

Este marco teórico abordara históricamente algunos momentos que dieron origen al estudio del fenómeno sonoro, se abordaran la cualidades del sonido así como también las características y situaciones particulares en la ocurre cada una de ellas. Esta teoría brinda una orientación que permite a los estudiantes encaminar la observación del fenómeno desde el punto de vista físico ya que algunos autores exponen la forma en la que observaron el fenómeno y el análisis que pudieron aplicar a esta observación.

A diario se distinguen sonidos que partiendo de las sensaciones y percepciones que se tienen de un fenómeno que pertenece a la cotidianidad, llevan a clasificar sonidos como el ruido de la calle, la música, las voces de las personas, entre otros eventos que ocurren y a los cuales se les asocia un sonido. Aunque no se tenga una descripción física del sonido, puede definirse como aquello que los oídos perciben y el cerebro lo interpreta como música, conversaciones, golpes, etc. Por lo tanto, se llega a tener un conocimiento acerca del sonido identificándolo con algunos eventos de la vida, de acuerdo con esto, se llega a dos maneras de describir el sonido, una de éstas, está relacionada con las propiedades audibles del sonido, tono o altura, volumen o intensidad y timbre; la otra forma de caracterizar el sonido es a partir de una descripción física del mismo, la cual está basada en que el sonido es una onda mecánica y las propiedades audibles del sonido, dependen de la frecuencia de la onda sonora, la energía transportada por la onda sonora y la forma de la onda sonora.

Una parte del estudio del movimiento ondulatorio es originado de la acústica o del sonido. Los filósofos griegos antiguos, se interesaron en la música, ya que tenían la hipótesis acerca que había una conexión entre ondas, sonidos y vibraciones, argumentando que éstas debían ser las responsables de los sonidos. Es evidente cuando se pone a vibrar un cuerpo, por ejemplo una cuerda tensa, se escucha un sonido cuyas características audibles, dependen de algunas propiedades del cuerpo, en el caso de la cuerda, el grosor, la longitud, la tensión a la que está sometida la cuerda y el material; el cuerpo que vibra y que se constituye en la fuente sonora puede ser también una columna de aire como en el caso de un instrumento de viento o un trueno. En la historia, el primer acercamiento que se tiene acerca del sonido como onda es cuando

Aristóteles (384-322 a. de C.) indicó que la propagación del sonido en el aire se genera por una fuente, esto es un cuerpo vibrando, cuyo movimiento es comunicado al aire perturbándolo y tal perturbación se propaga a través del mismo. A ésta conclusión se llegó tras haber observado que los objetos que emitían sonidos vibraban, Aristóteles sugirió que las vibraciones golpean el aire que está en contacto con el cuerpo y lo hacen vibrar, éste aire hace vibrar el aire que le rodea y así sucesivamente, como una serie de invisibles fichas de dominó; de acuerdo con la observación de Aristóteles, se sabe que un cuerpo vibrante perturba la zona de aire (del medio) que lo rodea, esta, a su vez, perturba las zonas vecinas y esa perturbación se sigue transfiriendo ; en éste punto resulta relevante explicarse cómo se da tal perturbación en el aire y como está perturbación se propaga a través del mismo.

Las perturbaciones, a pesar de su naturaleza pueden originar ondas y de la misma manera, el sonido, su propagación depende de las propiedades mecánicas del medio, a saber, su elasticidad, densidad, etc. Las ondas sonoras al ser una onda mecánica, se originan cuando hay un desplazamiento de una porción del medio elástico de su posición normal, iniciando así una oscilación respecto a su posición de equilibrio. Debido a las propiedades elásticas del medio material, la perturbación original se transmite a las porciones vecinas, y de éstas a las siguientes de modo sucesivo hasta que estas zonas quedan sometidas a movimientos semejantes del punto donde se inició la perturbación.

Para la propagación, no solo es necesario un emisor, que es el punto donde se inició la perturbación, lo que indica que es primera parte del medio que se perturba, y un receptor que es cualquier otra parte del espacio donde es evidente por sus cualidades, la presencia de tal perturbación. Para que una onda sonora se propague en un medio, éste debe ser elástico, tener masa e inercia, lo que constituye que las ondas sonoras perturban mecánicamente al medio, lo que no ocurre en el vacío ya que éste no puede ser perturbado mecánicamente.

Pero esta perturbación no solo se lleva a cabo en los gases, se puede hacer referencia de la propagación del sonido en otros medios distintos al aire, tales como sólidos y líquidos; es evidente que las condiciones iniciales de un líquido superficialmente se perturban, por ejemplo, al dejar caer una piedra, esta perturbación se propaga en todas las direcciones según la superficie del líquido; de la misma forma, al incidir un sonido que se viene propagando en el aire, sobre el líquido, lo perturba variando la presión en su superficie, lo cual genera un desplazamiento de una parte de la superficie del líquido que a su vez afecta sus vecindades, generando así una perturbación de la perturbación.

De esta manera es evidente que las ondas sonoras se propagan en líquidos y sólidos, pero el aire es el medio que posee más características relevantes para la propagación del sonido ya que en él se pueden observar las diversas características de la onda sonora dependiendo de la forma que se le quiera dar a la onda, ya sea una onda plana, en donde el sonido es tomado particularmente como un rayo de onda, lo que indica que la perturbación se propaga en una sola dirección (si se analiza el rayo individualmente). Los frentes de onda son planos y los rayos rectas paralelas; o como una onda tridimensional donde se tiene en cuenta el frente de onda que es definido como: *el lugar geométrico de los puntos del medio que son alcanzados simultáneamente por la perturbación y que, por consiguiente, en un instante dado, están en el mismo estado o fase de la perturbación* (Ayensa). Ósea que diferentes ondas sonoras (sonidos) pueden propagarse por el mismo espacio al mismo tiempo sin interferir mutuamente. Otra cualidad del aire como medio, es su no dispersión, lo que permite que las ondas se propaguen con la misma velocidad independientemente de su frecuencia o amplitud. Y la característica más relevante del aire es su homogeneidad, de manera que el sonido se propaga esféricamente, es decir, en todas las direcciones, generando lo que se denomina un campo sonoro. Al sonido propagarse como una esfera cuyo centro es la fuente sonora, la propagación va haciéndose cada vez más grande lo que quiere decir que va aumentando cada vez su radio, por este motivo la representación que se hace del sonido en ocasiones es como una esfera creciendo, o como un radio en crecimiento.

El entender todas las características que poseen los diferentes medios de propagación, nos ayuda a entender mejor la forma en la que podemos crear situaciones tanto de forma experimental como teórica en donde se pueda comprender por qué el sonido posee las características de una onda mecánica. Por lo tanto, se hace una investigación de los referentes teóricos de la historia de la acústica, con el fin de tener herramientas útiles para la construcción de la propuesta de aula; conjuntamente se realiza la investigación pertinente de propuestas de aula, para configurar una propuesta innovadora e interesante, acorde con los intereses de los estudiantes. Luego de un análisis de la modelación matemática de la onda y sus ecuaciones, se tienen claros los efectos que influyen en la propagación de las ondas dependiendo del medio y de factores como la presión y, temperatura; es importante tener en cuenta que éste recorrido teórico solo se realiza para tener elementos conceptuales de la configuración de la propuesta, mas no se llevan al aula en ningún momento.

En referencia con las dispersiones sonoras, Aristóteles produjo sonidos que bajo ciertas condiciones producían sonidos dispersos generando un eco; de esta manera, se atribuye reflexión

al sonido, ya que cuando es posible escuchar el eco del sonido producido, es viable pensar en la reflexión del mismo.

Después de la Edad Media, Leonardo da Vinci retomó la idea de que el sonido se desplazaba mediante ondas en el aire, pero nadie se planteó firmemente medir su velocidad hasta que el matemático francés Marin Mersenne que es llamado “el padre de la acústica”, dedicó gran parte de su vida a encontrar el sentido matemático de la música. Por ello, en una de sus experiencias, intentó medir la velocidad del sonido, midiendo la velocidad de retorno de un eco. Pese a la ausencia de un sistema de medición preciso, pudo establecer una velocidad para el sonido alejándose únicamente un 10%. Mersenne también fue el primero en medir de forma aproximada la frecuencia de una nota de tono determinado midiendo la frecuencia de vibración de un cable largo y pesado cuyo movimiento era tan lento que podía seguirse a simple vista; después, a partir de consideraciones teóricas, calculó la frecuencia de un cable corto y ligero que producía un sonido audible.

De una manera sencilla y precisa para la época, la velocidad del sonido en el aire se midió cuando Galileo y su ayudante con la colaboración de un amigo común, capitán de artillería, dispararon un cañón (cargado sólo con pólvora) a las doce de la noche. Ambos investigadores se situaron en un monte próximo, a una distancia de unos 3.500 metros del lugar donde estaba el cañón; iban provistos de un "pulsilogium", aparato inventado por Galileo para medir el tiempo contando las oscilaciones de un pequeño péndulo. El experimento se realizó de la siguiente manera: Cuando el capitán disparó el cañón, Galileo y su ayudante vieron el resplandor de la pólvora y empezaron a contar las oscilaciones del "pulsilogium": uno, dos, tres... (esperando el momento en el que el sonido producido por el cañonazo llegase hasta ellos), siete, ocho, nueve, diez. Galileo calculó en voz alta: 350 metros por segundo, siendo esa, la velocidad del sonido en el aire (Sancho, 2005).

Robert Boyle en 1660 realizó un experimento produciendo un vacío parcial donde ubicó un reloj haciendo tictac, proporcionando la evidencia de que el aire es necesario, ya sea para la producción o para la transmisión del sonido, comprobando así la suposición hecha por Aristoteles. Boyle pertenecía a un grupo de apasionados por la ciencia llamado el Invisible College, que más tarde se llamaría la Royal Society de Londres. En vida tuvo relaciones con diversos personajes de gran influencia en el desarrollo de las ciencias tales como Pascal o Hooke, quien fue ayudante en el laboratorio de Boyle y ayudó en la construcción de la bomba de vacío, Hooke es reconocido por su estudio posterior sobre la elasticidad de los sólidos (Milhaud, 2010).

Fourier encontró un método por el cuál se puede descomponer cualquier onda compleja en un conjunto de ondas sinusoidales de distintas frecuencias cuya suma es igual a la compleja onda original, no importa si esta onda es de calor, de radio, sonora, de luz o cualquier otra. La construcción de éstos avances matemáticos sobre el sonido, fueron construidos a partir de la formalización matemática de las ondas y la ecuación de onda; esto demuestra que matemáticamente el sonido lleva internamente todo lo que refiere a las ondas y ésta es una de diversas consideraciones que llevan a definir al sonido como onda (saber, 2006).

En 1864, el físico francés Henri-Victor Regnault diseñó un aparato para llevar a cabo la primera medición automática de la velocidad del sonido. El aparato en cuestión consistía en un cilindro giratorio revestido de papel sobre el que una pluma trazaba una línea. Ésta pluma tenía una conexión eléctrica que provocaba que pudiera cambiar de posición en función de si recibía corriente (la pluma se acercaba al papel) o no (la pluma se alejaba del papel).

El circuito diseñado por Regnault tenía dos interruptores en paralelo. El primero de los interruptores estaba conectado al rifle, comenzando el experimento con el circuito cerrado, y el segundo estaba conectado a un diafragma sensible al sonido, comenzando el experimento con el circuito abierto. De este modo, al comenzar el experimento la pluma pintaba sobre el cilindro, al disparar el rifle la pluma se alejaba del cilindro, acercándose de nuevo una vez que el sonido llegase al sensor, situado a varios cientos de metros de distancia.

Como Regnault conocía la velocidad a la que el cilindro giraba, así como el perímetro del cilindro, tan sólo tuvo que medir el trecho que había dejado la pluma sin pintar, consiguiendo aproximar la velocidad del sonido a 1200 km/h. Con esto, Regnault consiguió la primera buena aproximación a la velocidad del sonido, alejándose tan sólo en un 3% de la velocidad real, que a día de hoy, gracias a otros sistemas más complejos como el tubo de Quincke, se puede determinar con gran precisión. El físico alemán Ernst Chladni realizó numerosos descubrimientos sobre el sonido a finales del siglo XVIII, sobre todo en relación con la vibración de cuerdas y varillas. Esto indica que los aportes no solo de Boyle y Fourier, sino de otros tantos ilustres científicos entre los que destacan Huygens, Newton, Euler, Laplace, Chladni, y Savart, realizaron experiencias y desarrollos teóricos alrededor del sonido configuraron la teoría acústica hacia el siglo XIX.

SONIDO COMO ONDA

Este capítulo reúne las características que llevan a pensar en el sonido como una onda mecánica, se realiza un recorrido por la forma matemática de la ecuación de onda, seguido de una particularización de fenómenos propios de las ondas sonoras y su formalización matemática, es importante resaltar que el presente capítulo se realiza con el fin de determinar y aclarar conceptos que permiten la configuración de elementos permitiendo pensar en el sonido más allá del fenómeno perceptible, haciendo evidente que detrás de tal fenómeno es posible identificar características que son modeladas a través de ecuaciones como las de Fourier.

¿Qué aspectos y consideraciones se deben tener en cuenta para identificar el sonido como una onda mecánica?

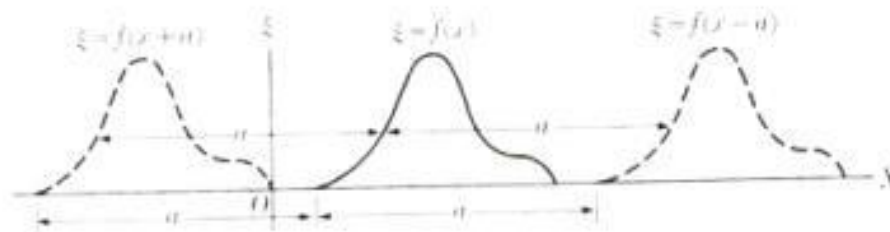
El sonido se produce por una perturbación, que dependiendo del medio se propaga de forma longitudinal o transversal, éste pulso, produce un desequilibrio en las zonas contiguas a la zona que sufrió la perturbación, por ejemplo, cuando se tiene una cuerda tensa que se encuentra en condiciones de equilibrio, lo que indica que esta de forma recta, al desplazarla de forma perpendicular a su longitud generando así un desequilibrio de una zona inicial proporcional al desplazamiento perpendicular generado; seguidamente se observa cómo ésta zona inicial tiende a equilibrarse para conservar su posición inicial, pero la zona inmediatamente posterior está desequilibrada debido a la propagación del pulso inicial con el que se deforma la cuerda. En este ejemplo tan simple es posible evidenciar que la tensión a la que la cuerda está sometida en un principio, pertenece a las condiciones iniciales de este sistema, pero cuando se aplica sobre la cuerda una fuerza que lleva a una deformación de sus condiciones iniciales, se obtiene como resultado un desequilibrio en las tensiones, que al analizarlo más profundamente, es posible descomponer en tensiones por unidad de cuerda, lo que ayuda en la explicación de la propagación del pulso inicial, ya que si no se presentara un desequilibrio en las tensiones de la cuerda, no hay un desplazamiento de dicho pulso y por lo tanto no se generaría un desequilibrio efectivo de tensiones que obligue a la cuerda a volver a su posición inicial.

Así, luego de observar el evento, se deduce que la variación de la perturbación se produce cada cierto tiempo, lo que indica una periodicidad temporal, pero al ver desplazarse el pulso hay otra periodicidad, esta vez de carácter espacial. Estas periodicidades pueden expresarse como la sumatoria de los tiempos y los espacios que recorre esta perturbación.

Otro ejemplo se evidencia cuando en alguna región del aire se produce una perturbación de presión, por ejemplo en la forma de una compresión, dicha región tiende a expandirse hacia las regiones vecinas, lo que indica que cuando se produce un sonido, por ejemplo, al hablar, se provoca un cambio de presión en el aire que se transporta a través del aire, y se propaga ya que este cambio de presión de la misma forma que ocurre en una cuerda, éste proceso se desarrolla en forma continua haciendo que la perturbación original se propague a través del aire alcanzando en algún momento la posición que ocupa algún receptor (por ejemplo un micrófono o un oído).

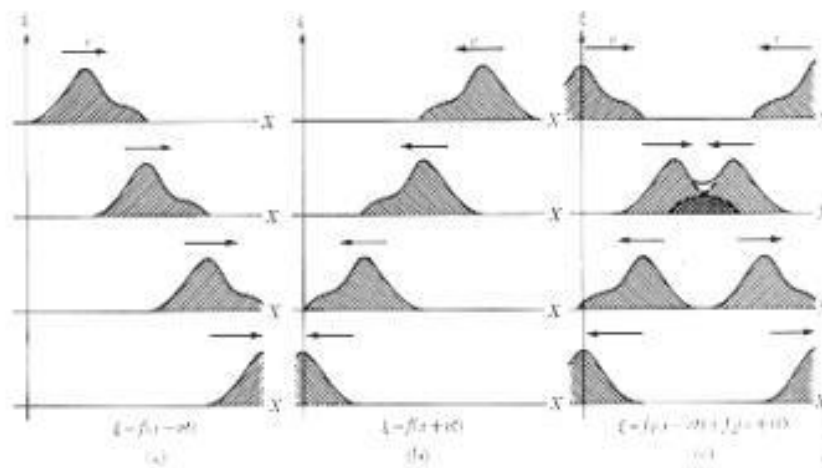
Este tipo de movimiento en el cual no es el medio en sí mismo sino alguna perturbación lo que se desplaza se denomina onda. Existen muchos otros tipos de ondas, tales como las ondas de radio, la luz, la radiación del calor, las ondas sobre la superficie de un lago, los movimientos sísmicos, etc. Cuando la onda tiene lugar en un medio líquido o gaseoso es una onda acústica, pero si esta resulta audible, se llama onda sonora. Pero la propagación es algo más que una perturbación en un medio, en realidad, la mayoría de las ondas son el resultado de muchas perturbaciones sucesivas del medio, y no sólo una. Cuando dichas perturbaciones se producen a intervalos regulares y son todas de la misma forma, esto es una onda, y el número de perturbaciones por segundo se denomina frecuencia de la onda.

Considerando una función $\Psi = f(x)$, al reemplazar x por $x-a$, se obtiene la función $\Psi = f(x-a)$. La forma de la curva cambia, entonces se obtienen los mismos valores de Ψ para x aumentados en a . Si a es positiva, la curva se traslada sin deformarse hacia la derecha desde el origen a la posición a . Del mismo modo $\Psi = f(x+a)$ corresponde a un desplazamiento hacia la izquierda la cantidad a .



Propagación de un pulso (FINN, 1998)

Si $a=vt$, donde t es el tiempo, la función "se mueve" con velocidad v . $\Psi = f(x-vt)$ hace la descripción de una perturbación representada por la función $f(x)$, sin distorsión, a la largo del eje X , hacia la derecha, con velocidad v . De esta manera, se obtiene una onda viajera donde la curva se mueve hacia la izquierda con velocidad v de la siguiente manera:



ECUACIÓN DIFERENCIAL DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Cada vez que se tiene una propiedad física Ψ , por ejemplo el desplazamiento de un punto de una cuerda, satisface la ecuación diferencial⁴.

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2}$$

La función seno es periódica y se repite cuando el argumento se incrementa en 2π . La función $\Psi(x, t)$ se repite cuando x se incrementa en $2\pi/k$.

$$k \left(x + \frac{2\pi}{k} - vt \right) = kx - vt + 2\pi \quad \omega = kv \quad \frac{2\pi}{P} = \frac{2\pi}{\lambda} v \quad \lambda = vP$$

La relación anterior se puede expresar de forma alternativa $\lambda = v/\nu$. Existe una relación de proporcionalidad inversa entre la longitud de onda y la frecuencia. Para una misma velocidad de propagación, a mayor longitud de onda es menor la frecuencia y viceversa.

⁴ Se está describiendo un movimiento ondulatorio que se propaga a lo largo del eje X, sin distorsión y con velocidad v . Es posible comprobar que una solución de ésta ecuación diferencial es $\Psi = f(x-vt)$.

Ya que $\Psi = f(x-vt)$ describe la propagación de una perturbación representada por la función $f(x)$, sin distorsión, a la largo del eje X, hacia la derecha, con velocidad v . En un caso particular, la función $\Psi(x, t)$ es una función armónica (seno o coseno).

$$\Psi(x, t) = \Psi_0 \text{sen } k(x-vt)$$

⁵ Se trata de una función periódica de periodo espacial o longitud de onda $\lambda = 2\pi/k$. La magnitud k se denomina número de onda. Un punto x del medio, describe, cuando se propaga un movimiento ondulatorio armónico, un Movimiento Armónico Simple de amplitud Ψ_0 y frecuencia angular $\omega = kv$.

$$\Psi(x, t) = \Psi_0 \text{sen } (kx - \omega t)$$

El periodo de la oscilación en cada punto viene dado por $P = 2\pi/\omega$, y la frecuencia por $\nu = 1/P$. La ecuación $\omega = kv$, permite relacionar el periodo espacial o longitud de onda λ y el periodo de la oscilación P de un punto del medio.

ONDAS SUPERFICIALES EN UN LÍQUIDO

Las ondas más comunes son las que se observan en un medio acuoso, ya que allí es más fácil evidenciar la presencia de ondas. El aspecto matemático, es más complicado ya que la superficie de un líquido en equilibrio es plana y horizontal, por lo tanto, una perturbación en la superficie, produce un desplazamiento, puesto que el volumen de un líquido describe una trayectoria cerrada, entonces, la amplitud de los desplazamientos vertical y horizontal de volumen del fluido varía la profundidad. En la superficie del líquido entran en juego ciertas fuerzas además de la fuerza debida a la presión atmosférica, una de ellas es la debida a la tensión superficial del líquido, que da lugar a una fuerza hacia arriba sobre el elemento de superficie, similar a la que se encuentra en el caso de una cuerda; otra fuerza es el peso del líquido situado por encima del nivel de equilibrio. La ecuación resultante es satisfecha por las armónicas de longitud de onda λ y velocidad de propagación dada por:

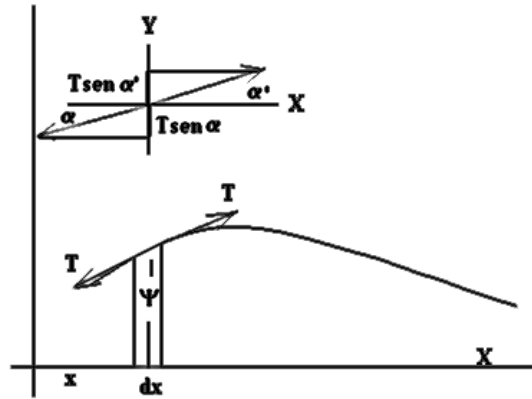
$$v = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi} + \frac{2\pi T}{\rho\lambda}}$$

Cuando la velocidad de propagación de un movimiento ondulatorio depende de la longitud de onda o de la frecuencia, se dice que hay dispersión. Si un movimiento ondulatorio resultante de la superposición de varias ondas armónicas de diferentes frecuencias penetra en un medio dispersivo, la onda se distorsiona porque cada una de sus ondas componentes se propaga con diferente velocidad. La dispersión es un fenómeno importante que se presenta en varios tipos de propagación de ondas. En particular las ondas electromagnéticas a través de la materia (FINN, 1998).

ONDAS TRANSVERSALES EN UNA CUERDA

Al analizar la propagación de un movimiento ondulatorio en una cuerda que está sometida a una tensión y la velocidad de propagación de las ondas transversales en la misma, se considera una cuerda cuya tensión es T . En equilibrio, la cuerda está en línea recta, luego cuando se desplaza una longitud dx , en la posición x , la cuerda toma una cantidad ψ respecto de la posición de equilibrio. La fuerza que ejerce la parte izquierda de la cuerda sobre el extremo izquierdo del elemento, es igual a la tensión T , y la dirección es tangente a la cuerda en dicho punto, formando un ángulo α con la horizontal.

Se puede caracterizar a la tensión T , como la fuerza que ejerce la parte derecha de la cuerda sobre el extremo derecho del elemento, y la dirección es tangente a la cuerda en dicho punto, formando un ángulo α' con la horizontal.



Se hallan las componentes de las dos fuerzas en esta dirección y la resultante, de esta manera se encuentra que el elemento se desplaza en la dirección vertical.

$$F_y = T(\sin \alpha' - \sin \alpha)$$

Si la curvatura de la cuerda no es muy grande, los ángulos α' y α son pequeños y sus senos se pueden reemplazar por tangentes⁶.

$$F_y = T(\tan \alpha' - \tan \alpha) = T d(\tan \alpha) = T \frac{\partial}{\partial x}(\tan \alpha) dx = T \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} dx$$

$$(m dx) \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = T \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} dx$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{m}}$$

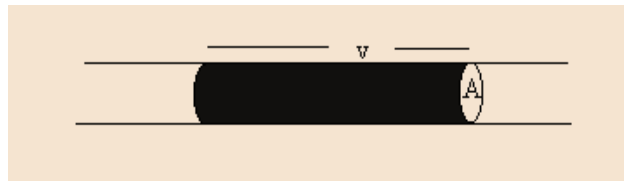
⁶ La segunda ley de Newton dice que la fuerza F_y sobre el elemento es igual al producto de su masa por la aceleración (la segunda derivada del desplazamiento). La masa del elemento es igual al producto de la densidad lineal m (masa por unidad de longitud), por la longitud dx del elemento.

⁷ Simplificando la ecuación la ecuación diferencial del movimiento ondulatorio, se puede determinar la dependencia de la velocidad de propagación de las ondas transversales en la cuerda con la tensión de la cuerda T (N) y con su densidad lineal m (kg/m)

ENERGÍA TRANSPORTADA POR UN MOVIMIENTO ONDULATORIO ARMÓNICO

Para analizar cualitativamente una expresión para la energía transportada por un movimiento ondulatorio armónico, ya que realiza el análisis con el fin de evidenciar el trasfondo de la onda sonora, para esto se deben tener en cuenta las siguientes líneas de razonamiento:

El concepto de flujo, por lo tanto, se piensa en el símil del agua que fluye por una cañería de sección A , y con velocidad constante v . El volumen de agua en el extremo de la cañería por unidad de tiempo (por segundo) es igual al producto de la sección de la cañería por la velocidad de la corriente de agua, como se observa en la figura:



Como se observa el agua recogida es la contenida en el volumen cilíndrico de color azul, por la unidad de tiempo, cuya sección es A y cuya longitud es v . Donde el Flujo está definido por el volumen de agua recogida en la unidad de tiempo $=Av$.

En un movimiento ondulatorio, la energía fluye desde la fuente de ondas a través del medio con la velocidad de propagación v .

Las partículas del medio describen movimientos armónicos simples (MAS) de amplitud ψ_0 , y frecuencia angular ω , cuando en dicho medio se propaga un movimiento ondulatorio armónico.

$$\Psi(x,t) = \Psi_0 \text{sen } k(x-vt) = \Psi_0 \text{sen } (kx - \omega t)$$

La energía de una partícula vale⁸

$$E_i = \frac{1}{2} m_i a^2 \omega_0^2$$

$$P = \sum \frac{1}{2} m_i a^2 \omega_0^2 = \frac{1}{2} (\sum m_i) a^2 \omega_0^2 = \frac{1}{2} (\rho Av) a^2 \omega_0^2 \quad 9$$

⁸ Donde m_i , es la masa de la partícula, ω es la frecuencia angular del MAS y Ψ_0 es su amplitud.

El flujo de energía P , es la energía transportada en la unidad de tiempo, y será igual a la energía de todas las partículas contenidas en el volumen cilíndrico de sección A y longitud v

⁹ La masa de todas las partículas, entre paréntesis en la segunda igualdad, es igual al producto de la densidad ρ por el volumen del cilindro Av .

INTENSIDAD

Se define intensidad del movimiento ondulatorio, como la energía transportada por unidad de área y por unidad de tiempo. Si se divide la fórmula anterior por el área A se obtiene una expresión general para la intensidad del movimiento ondulatorio armónico con frecuencia angular ω y de amplitud ψ_0 que se propaga en un medio de densidad ρ con velocidad v .

$$I = v \left(\frac{1}{2} \rho \omega^2 \psi_0^2 \right)$$

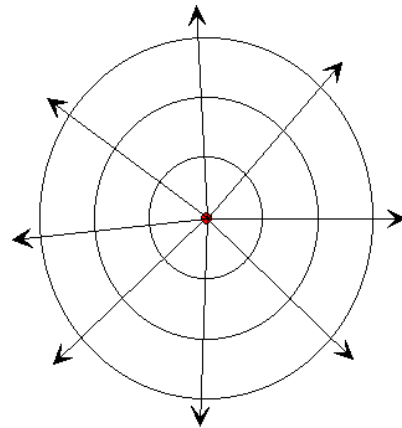
$$B = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Donde I_0 es una intensidad de referencia. Para el caso del sonido en el aire el nivel de referencia tomado arbitrariamente es de 10^{-12} W/m^2 .

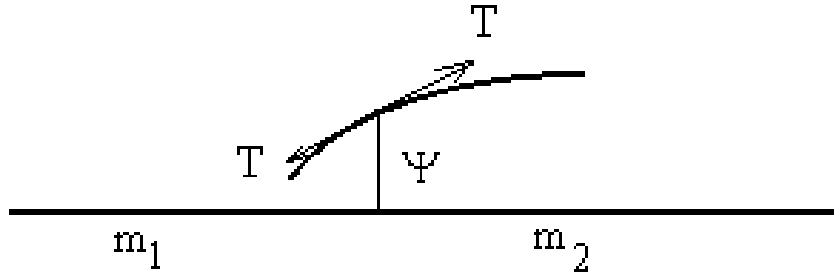
Ahora considerando el significado de la intensidad del movimiento ondulatorio, se supone una fuente puntual de ondas situada en un medio homogéneo. El movimiento ondulatorio se propaga en todas las direcciones, de esta manera, la energía fluye radialmente desde la fuente en todas las direcciones del espacio. La sección A constante del cilindro que se consideró anteriormente, se transforma en el área de una superficie esférica de radio r cuyo centro está en la fuente. Así pues, la intensidad del movimiento ondulatorio a una distancia r de la fuente emisora vale,

$$I = \frac{P}{4 \pi r^2}$$

Siendo P la potencia de la fuente emisora.



La intensidad es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la fuente emisora. Como la intensidad es proporcional al cuadrado de la amplitud, la amplitud del movimiento ondulatorio es inversamente proporcional a dicha distancia. La velocidad de propagación de las ondas cambia al pasar de un medio a otro, pero no cambia la frecuencia angular ω . Suponiendo un movimiento ondulatorio se propaga a lo largo de dos cuerdas, la cuerda de la izquierda tiene una densidad lineal m_1 y la cuerda de la derecha tiene una densidad lineal m_2 .



El movimiento ondulatorio transversal se propaga en ellas con velocidades respectivamente de

$$v_1 = \sqrt{\frac{T}{m_1}} \quad v_2 = \sqrt{\frac{T}{m_2}}$$

Siendo T la tensión de las cuerdas.

RELACIÓN ENTRE LAS AMPLITUDES DE LA ONDA INCIDENTE, REFLEJADA Y TRASMITIDA

Analizando las ondas incidente, reflejada y transmitida, tenemos que si se sitúa en el origen en el punto de unión de las cuerdas. A la izquierda del origen se tiene una onda armónica incidente cuyo número de onda es k_1 tal que $k_1 v_1 = \omega$, que se propaga de izquierda a derecha¹⁰.

$$\Psi_i = \Psi_{0i} \text{sen}(k_1 x - \omega t)$$

¹⁰ Y una onda reflejada que se propaga con la misma velocidad de derecha a izquierda. $\Psi_r = \Psi_{0r} \text{sen}(k_1 x + \omega t)$

En la segunda cuerda, hay una onda transmitida que se propaga de izquierda a derecha y cuyo número de onda es k_2 tal que $k_2 v_2 = \omega$. $\Psi_t = \Psi_{0t} \text{sen}(k_2 x - \omega t)$

A la izquierda del origen está la superposición de dos movimientos ondulatorios, el incidente más el reflejado, $\Psi_1 = \Psi_i + \Psi_r$. A la derecha del origen solamente se tiene un movimiento ondulatorio correspondiente a la onda transmitida, $\Psi_2 = \Psi_t$

En el punto de discontinuidad o de unión de ambas cuerdas, el origen, $x=0$, el desplazamiento vale $\Psi_1 = \Psi_2$, es decir

$$\Psi_{0i} \text{sen}(-\omega t) + \Psi_{0r} \text{sen}(\omega t) = \Psi_{0t} \text{sen}(-\omega t)$$

Simplificando

$$-\Psi_{0i} + \Psi_{0r} = -\Psi_{0t}$$

Al estudiar las ondas transversales en una cuerda se obtuvo la expresión de la fuerza vertical F_y en cualquier punto de la cuerda.

$$F_y = T \frac{\partial \Psi}{\partial x}$$

En el origen se debe de cumplir que

$$T \left(\frac{\partial \Psi_1}{\partial x} \right)_{x=0} = T \left(\frac{\partial \Psi_2}{\partial x} \right)_{x=0}$$

Derivando y simplificando se obtiene,

$$k_1(\Psi_{0i} + \Psi_{0r}) = k_2 \Psi_{0t}$$

Desde el punto de vista matemático, en el punto de discontinuidad situado en el origen, la función que describe el movimiento ondulatorio debe ser continua y también lo debe ser su primera derivada.

Por lo tanto, éstas dos ecuaciones permiten relacionar Ψ_{0r} y Ψ_{0t} en función de la amplitud de la onda incidente Ψ_{0i}

$$\Psi_{0t} = \frac{2k_1}{k_1 + k_2} \Psi_{0i} \quad \Psi_{0r} = \frac{k_2 - k_1}{k_1 + k_2} \Psi_{0i}$$

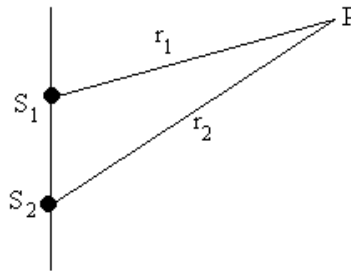
Expresando el número de onda k_1 y k_2 en términos de las velocidades de propagación respectivas v_1 y v_2

$$\psi'_{0r} = \frac{v_2}{v_1 + v_2} \psi'_{0i} \qquad \psi'_{0r} = \frac{v_1 - v_2}{v_1 + v_2} \psi'_{0i}$$

Una de las características esenciales del movimiento ondulatorio es el fenómeno de la interferencia. Por ejemplo, se produce interferencia cuando en una región en las que coinciden la onda incidente y reflejada. Este caso se produce en una cuerda fija por sus extremos lo que da lugar a ondas estacionarias.

INTERFERENCIA DE ONDAS PRODUCIDAS POR DOS FUENTES SINCRÓNICAS

Considerando dos fuentes puntuales S_1 y S_2 que oscilan en fase con la misma frecuencia angular ω , y que emiten ondas armónicas.



Cuando emite solamente S_1 el punto P describe el movimiento armónico simple (M.A.S.) de amplitud ψ_{01} y frecuencia angular ω .

$$\psi_1 = \psi_{01} \text{sen}(kr_1 - \omega t)$$

Cuando emite solamente S_2 el punto P describe el M.A.S. de amplitud ψ_{02} y frecuencia angular ω ¹¹.

$$\psi_2 = \psi_{02} \text{sen}(kr_2 - \omega t)$$

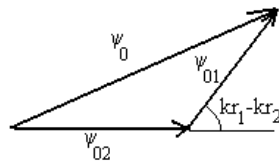
¹¹ Cuando emiten simultáneamente S_1 y S_2 . El punto P describe un M.A.S. que es la composición de dos M.A.S. de la misma dirección y frecuencia. Los casos más importantes son aquellos en los que los M.A.S. están en fase y en oposición de fase.

Si se tienen condiciones de interferencia constructiva o destructiva, se puede llegar a un análisis de esta manera:

Interferencia constructiva $r_1 - r_2 = n \lambda$

Interferencia destructiva $r_1 - r_2 = \frac{2n + 1}{2} \lambda$

Amplitud resultante



En el caso general, es necesario sumar vectorialmente las amplitudes para obtener la resultante¹².

$$\Psi_0 = \sqrt{\Psi_{01}^2 + \Psi_{02}^2 + 2\Psi_{01}\Psi_{02} \cos(kr_1 - kr_2)}$$

$$\Psi_0 = 2\Psi_{01} \cos \frac{kr_1 - kr_2}{2}$$

Donde $r_1 - r_2 = a \sin \theta$.

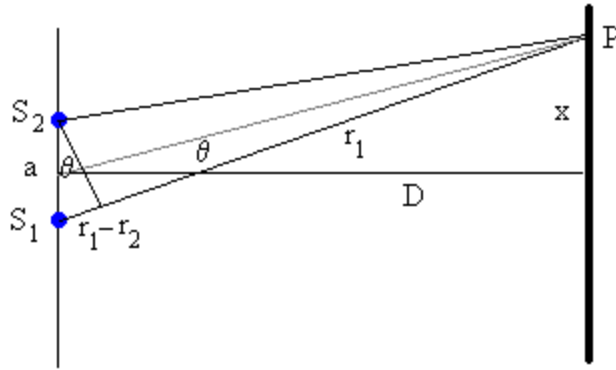
A partir de esta expresión se hallan las direcciones θ para las cuales la interferencia es constructiva o destructiva

Interferencia constructiva $a \sin \theta = n \lambda$.

Interferencia es destructiva $a \sin \theta = \frac{2n + 1}{2} \lambda$

También se hallan las posiciones x sobre la pantalla, que registran interferencia constructiva y destructiva, para ello se llega a la siguiente aproximación: si el ángulo θ es pequeño, $\sin \theta \approx \theta = x/D$

¹² Si la separación a de las fuentes S_1 y S_2 es pequeña comparada con la distancia desde las fuentes hasta la pantalla, es posible despreciar la pequeña diferencia entre r_1 y r_2 y suponer que las amplitudes Ψ_{01} y Ψ_{02} son prácticamente iguales, entonces:



Interferencia constructiva $\frac{ax}{D} = n \lambda$

Interferencia destructiva $\frac{ax}{D} = \frac{2n+1}{2} \lambda$

Intensidad

La intensidad de un movimiento ondulatorio es proporcional al cuadrado de la amplitud, de modo que

$$I = 4I_0 \cos^2 \alpha \quad \alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta$$

I es la intensidad resultante en el punto P cuando las dos fuentes emiten simultáneamente, e I_0 es la intensidad en el punto P debido a una sola de las fuentes.

En la interferencia constructiva $\alpha = n\pi$ y por tanto la intensidad $I=4I_0$. En cambio, en la interferencia destructiva $\alpha = (2n+1)\pi/2$ y la intensidad $I=0$.

Interferencia constructiva $I=2^2 I_0$. Interferencia destructiva $I=0$.

De esta forma, se hace evidente que el teorema de Fourier sirva para hablar de la onda sonora, ya que cualquier clase de movimiento puede considerarse como la superposición de movimientos armónicos simples. Un movimiento periódico es el resultado de superponer dos movimientos armónicos más simples (García, 1991). El teorema de Fourier explica la cualidad diferente del sonido producido por diferentes instrumentos musicales. La misma nota o tono musical producido por una guitarra o un ukelele suenan diferente a nuestros oídos a pesar de que los tonos tienen la misma frecuencia fundamental. En este trabajo se pretende abordar el fenómeno sonoro como un instrumento físico que ayuda a explicar los eventos, partiendo de la experiencia y el acercamiento que se tiene al sonido. Para abordar esta temática, en los cursos de física, se hace necesario tener en cuenta situaciones de estudio y conceptos que servirán como pilares para la comprensión del fenómeno sonoro y que posibilite desde allí la estructuración de estrategias pedagógicas para la enseñanza del sonido.

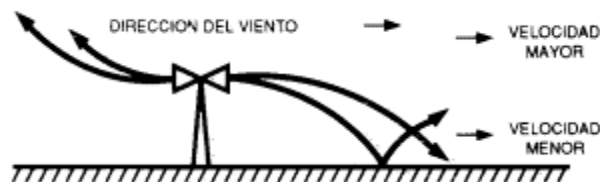
CARACTERÍSTICAS ONDULATORIAS DEL SONIDO

A través de una serie de fenómenos, las propiedades de las ondas se manifiestan de acuerdo con el comportamiento ondulatorio; así como las ondas rebotan ante una barrera, cambian de dirección cuando pasan de un medio a otro y bordean obstáculos; de la misma forma, el sonido tiene tales características ondulatorias; por lo tanto, es viable hablar de las características ondulatorias del sonido. Al igual que ocurre con la luz, o las ondas en un estanque, las ondas sonoras pueden ser reflejadas, difractadas y refractadas.

Refracción del sonido

La refracción se produce cuando la onda (en este caso el sonido) cambia de medio; la velocidad del sonido varía y esta variación produce un cambio de dirección respecto a la onda incidente. El fenómeno de refracción supone un cambio en la velocidad de propagación de la onda, tal cambio está asociado al paso de un medio a otro de diferente naturaleza o de diferentes propiedades. Este cambio de velocidad da lugar a un cambio en la dirección del movimiento ondulatorio. Como consecuencia la onda refractada se desvía a un cierto ángulo respecto al incidente.

En la práctica, el cambio de presión más interesante es evidente debido al viento. Generalmente la velocidad del viento es pequeña cerca de la tierra pero aumenta con la altura provocando que la onda sonora que se dirige en el mismo sentido que el viento sea desviado hacia la tierra, mientras que la que se dirige en sentido contrario lo hace hacia arriba.



Refracción por el viento (Morilla, 2006).

Cuando la temperatura del aire cambia, lo hace la velocidad del sonido, esto provoca desviaciones de la dirección de propagación.

Si el aire caliente está más cerca de la tierra y el frío está por encima el sonido es propagado hacia arriba; esto es lo que ocurre en las horas diurnas.



Refracción diurna (Morilla, 2006).

Por el contrario de noche se invierte la situación y el sonido se desvía hacia abajo.

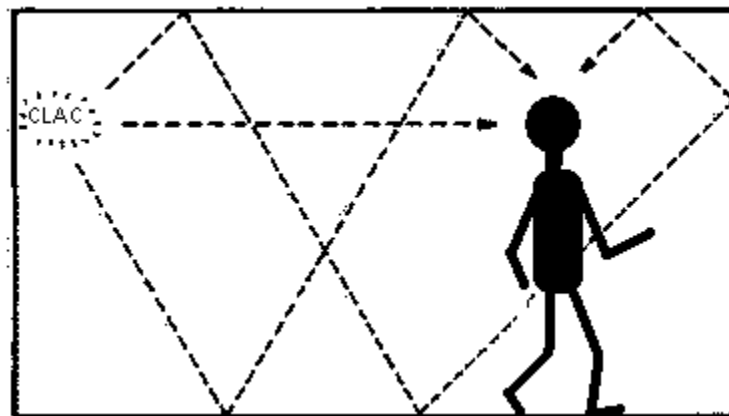


Refracción nocturna (Morilla, 2006).

Reflexión del sonido

Cuando una onda sonora encuentra una superficie grande comparada con su longitud de onda, sufre una reflexión. Es el reflejo del sonido sobre una superficie retornando al ambiente que la limita. La onda puede seguir la misma dirección con que venía, pero en sentido contrario o puede cambiar de dirección después de chocar con la superficie, por lo tanto se tienen en cuenta que si las dimensiones del objeto son pequeñas comparadas con la longitud de onda sonora incidiendo, la onda sonora reflejada será insignificante.

Es posible oír la propia voz reflejada porque el tiempo que emplea el sonido en ir y volver permite separar la percepción de la onda incidente de la reflejada, Ya que el fenómeno de reflexión da origen al estudio y análisis de reflexiones sobre el eco, la reverberación y las ondas estacionarias; por ejemplo, si la distancia a la pared es suficiente (y además son paralelas).



Reflexión del sonido (Morilla, 2006).

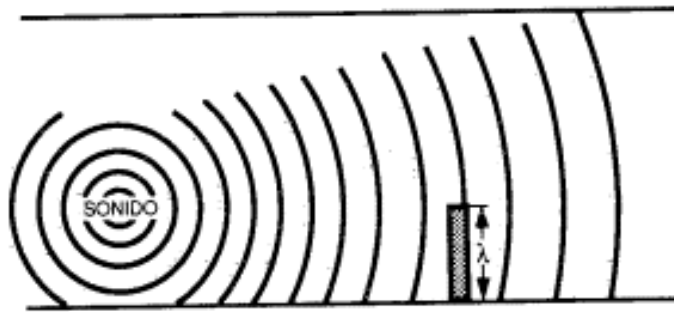
El comportamiento de la onda es similar al de la luz y los ángulos de incidencia y reflexión son iguales. Esto puede dar lugar a que se pueda percibir en un recinto, tanto el sonido original como el reflejado, si el tiempo transcurrido entre un sonido y otro es de 1/10 de segundo se produce el fenómeno de la reverberación.

Difracción del sonido

. La difracción se da cuando una onda u ondas tienden a dispersarse o concentrarse en las esquinas de cualquier obstáculo de su recorrido, en vez de ser simplemente reflejadas. Es la propiedad que tiene el sonido para rodear obstáculos o propagarse por cierto espacio a través de una abertura donde los frentes de onda que pasan, se convierten en centros emisores en los puntos que son interceptados por el obstáculo. La difracción se produce básicamente a bajas frecuencias y disminuye gradualmente a medida que la frecuencia aumenta.

La difracción es un fenómeno puramente ondulatorio; al igual que ocurre en las ondas de un estanque a las que se les opone un obstáculo, si este tiene una perforación de un tamaño mayor que la longitud de onda, estas se transmiten como si el origen de las ondas fuera la perforación.

Cuando la onda sonora tropieza con una pared, dicha onda es desviada hacia la parte posterior del obstáculo.



Difracción del sonido (Morilla, 2006).

Cuando la longitud de onda es mayor que el tamaño del obstáculo, el sonido es transmitido por difracción, en caso contrario se producen sombras detrás del obstáculo. Como ya se evidenció, la longitud de onda está relacionada con la velocidad y la frecuencia por la ecuación:

$$k = C/f \text{ m}$$

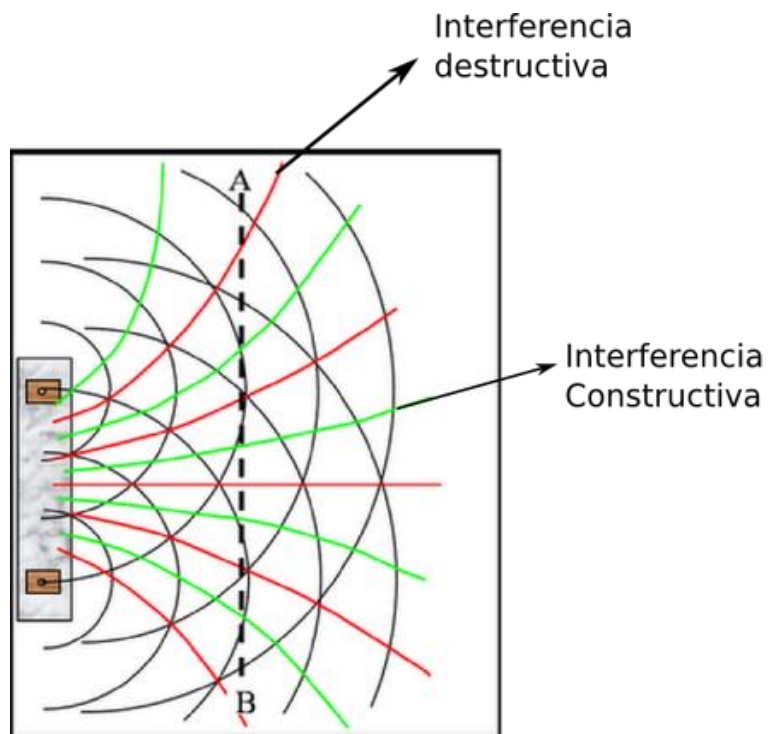
Donde k es la longitud de onda, C la velocidad del sonido y f la frecuencia (Morilla, 2006).

Interferencia:

La interferencia en las ondas sonoras se produce cuando dos o más ondas sonoras coexisten en el mismo medio y al mismo tiempo, de modo que en cada punto del espacio se suman amplitudes o se restan, Ya que cuando dos o más movimientos ondulatorios alcanzan un mismo punto a la vez en el medio material por el que avanzan, se nos plantea el problema de saber qué tipo de perturbación se experimenta en ese punto como consecuencia de las dos ondas que inciden sobre

él. En el caso de los fenómenos ondulatorios, a estos se le denomina interferencia, que es el resultado de dos o más ondas del mismo tipo en un mismo medio.

Un ejemplo común de interferencia en ondas sonoras se comprueba cuando al golpear simultáneamente dos diapasones o cualquier otra fuente sonora de frecuencia levemente diferentes. El sonido que se produce varía de intensidad, y alterna entre sonidos fuertes y silencio, estas pulsaciones regulares se conocen como pulsaciones o batido; el resultado es una onda de amplitud modulada generada por la oscilación. Las ondas sonoras se propagan sin afectarse unas a otras, incluso cuando su diferencia de intensidad es muy grande. Sin embargo, el sistema auditivo es sensible a la presión sonora total (Valenzuela, 2012).



Interferencia sonora (Valenzuela, 2012)

PROPUESTA PARA LA ENSEÑANZA EN LA ESCUELA

La enseñanza de las ciencias naturales es objeto de constante investigación además de un campo abierto para el desarrollo de nuevas propuestas. La labor de enseñar ciencias se ha abordado con enfoques que abarcan concepciones y percepciones cognitivas, didácticas y pedagógicas diversas, dando origen a una amplia gama de tendencias, que se pueden clasificar de forma simple, desde lo que se ha llamado el aprendizaje pasivo propio de la enseñanza tradicional: transmisor(profesor)- receptor (estudiante) hasta nuevas tendencias como el aprendizaje activo donde el estudiante participa en la construcción del conocimiento a partir de la observación del mundo real con la guía del profesor, (UNESCO, 2006).

Dentro de los nuevos enfoques resulta fundamental realizar trabajo práctico con los estudiantes y hacerlos parte activa del proceso, de ahí que se vea como una necesidad el diseño de las prácticas de laboratorio. El desarrollo de actividades experimentales propicia la aproximación a los fenómenos de interés tales como los temas relacionados con las ondas y en especial con el sonido. Las prácticas experimentales enfocadas adecuadamente facilitan la comprensión de los fenómenos sonoros y de las ondas, llevando a conclusiones importantes, basadas en las prácticas experimentales. La observación de la naturaleza implica la interacción de los estudiantes con los fenómenos, en algunos casos por medio de los sentidos.

Al plantear la idea inicial de la propuesta de aula, se tiene en cuenta que la forma en que se utilizan en el entorno de aprendizaje es de gran importancia y puede tener una gran influencia sobre el resultado de la implementación de tal propuesta, por lo tanto, la creación de actividades y su aplicación en la enseñanza, están estrechamente ligados con la vida cotidiana de la población donde se implementan tales propuestas, dando a los estudiantes un papel activo promoviendo el diálogo y la cooperación entre los grupos de trabajo para así llegar a conclusiones tanto particulares como individuales.

La intencionalidad de esta unidad de formación es permitir que el estudiante a través de la organización mental de los elementos que hay en su entorno utilice significativamente en una amplia variedad de situaciones problema de fenómenos físicos que le permitirán poner en práctica competencias que surgen mediante acciones de tipo interpretativo, argumentativo y propositivo, además le permita disfrutar de la física en el juego y actividades de la vida diaria puesto que al tener un conocimiento estructurado de las reglas de la naturaleza los estudiantes pueden diseñar estrategias para la mejor comprensión de la física.

A nivel disciplinar se explora el concepto general de onda sonora y de vibración armónica estructurando actividades prácticas, o laboratorios, alrededor del sonido. Estas prácticas experimentales corresponden a algunos temas básicos pertinentes en el desarrollo de un curso de introducción a la física. Se pretende que la propuesta posibilite el acercamiento del estudiante a los fenómenos físicos del sonido, reconociendo sus características más importantes, sin que ello implique suplir el desarrollo teórico y formal de la temática tratada. Específicamente dentro del proyecto se desarrolla una propuesta didáctica que es pensada en la construcción de

conocimiento a partir de la variación de experiencias que contribuyen la comprensión del fenómeno sonoro mediante la práctica.

Según los Estándares Curriculares en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales, propuestos por el Ministerio de Educación Nacional (2004) en la primaria se debe abordar el problema de la percepción a nivel sensorial, en particular la diferenciación de tonos e intensidades de distintos sonidos, mientras que en secundaria se deben abordar temáticas relacionadas con el movimiento armónico y diversos tipos de ondas mecánicas. Las experiencias experimentales posibilitan la experimentación con ondas sonoras con instrumentación accesible, básicamente con instrumentos que se encuentran por lo general en las casas de los estudiantes, de esta manera, se pueden adecuar los montajes de laboratorio para implementar prácticas variadas y provechosas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física básica. Este trabajo se desarrolla alrededor del sonido por las experiencias sensibles que puedan estar implicadas, la historia que ha envuelto a diversos personajes en su investigación, por las posibilidades de variar experimentos para abarcar el fenómeno sonoro de una forma innovadora y divertida; se selecciona el sonido como objeto del trabajo porque al ser una onda mecánica, permite acercarse a uno de los modelos más destacados en las ciencias físicas: el modelo de onda.

Trabajar en acústica permite entre otras cosas la inclusión de instrumentos en el contexto de la clase de ciencias enriqueciendo los ambientes de aprendizaje y motivando a los estudiantes. El estudio de las ondas mecánicas, en particular el sonido, es de mucho interés en la enseñanza de la física básica pues permite tratar el problema del movimiento de algo que no es material, sino energético. El trabajar alrededor de las ondas mecánicas abre un campo conceptual rico y muy importante, permite conectar las vibraciones del medio a nivel local con la propagación de las ondas.

Esta propuesta busca introducir a los estudiantes en la investigación del sonido asegurando que participen activamente del proceso, desarrollando actividades asociadas a experiencias sensibles dirigidas que permitan apropiarse con más facilidad de los conceptos propios de la teoría física, en este sentido el proyecto no busca suplir el desarrollo formal de la teoría ondulatoria de un curso de física, más bien apoya el desarrollo del mismo, por medio de la realización de experiencias previas que evidencien y contextualicen los fenómenos físicos. El objetivo con el diseño de estas prácticas escolares es configurar algunas experiencias que aporten al desarrollo de la ciencia escolar, (IZQUIERDO, 1999).

Efectivamente, los estudiantes tienen un aprendizaje significativo, construyendo experiencias diferentes donde se evidencia el carácter ondulatorio del sonido, además relacionan tal experimentación con sus vidas diarias asociándole al fenómeno sonoro características de las ondas como presión, vibración y es la intención de la unidad didáctica, ya que se configuraron los elementos conceptuales que permiten evidenciar el carácter ondulatorio del sonido.

La guía a tratar es la que se muestra a continuación:

COLEGIO: _____

GUÍA GRADO: _____

SONIDO

Actividad # 1

Luego de escoger tu compañero (solo 1), van a tomar cada uno un vaso y mientras tú hablas, tu compañero tratara de escuchar lo que dices hablando dentro del vaso, ahora vas a hacer lo mismo que tu compañero y viceversa.

Actividad # 2

Ahora, vas a tomar ciertas sogas y/o cuerdas de distintas áreas y longitudes y vas a unir las bases de los vasos; seguidamente repetiremos la actividad uno con cada sogá que trajiste.

Actividad # 3

Ahora nos ponemos rígidos; vamos a unir los 2 vasos por medio de tubos y repetimos la actividad uno. Ahora es el momento de cambiar lo que quieras del montaje,



Vasos conductores (Cockel, 2011)

Ahora lo que vamos a hacer es un poquito diferente:

Vamos a unir, ya no 2 vasos, sino 2 embudos, por medio de una manguera, y en la boca de cada embudo pondremos algo elástico, como un globo amarrándolo con ayuda de un caucho. Vas a intentar escuchar a tu compañero y viceversa. Luego de esto tendrás libertad para cambiar lo que consideres que quieras cambiar del montaje. Te doy una idea: ¿si introduces un líquido dentro de la manguera que ocurre con el sonido?

Organiza todos tus cambios y supón que pasa con el sonido, luego experimenta y sorpréndete con los resultados. También puedes plantear nuevas preguntas además de las que sugerimos aquí; y resolverlas según cada experiencia que hiciste.



Experiencia con mangueras (Explorable.com, 2011)

PREGUNTAS LUEGO DE TERMINAR LAS ACTIVIDADES

¿Qué sucede con el sonido según tú criterio?

¿Lograste oír a tu compañero? que montaje les resulto más útil para escucharse?

¿Qué elementos se cambiaron del montaje; ¿Qué le ocurrió al sonido cuando cambiaste tales elementos?; ¿Qué cambios notaste en el sonido?

¿Cómo te pareció poder cambiar la experiencia a tu gusto?; ¿por qué?

¿Cómo llega el sonido de un vaso a otro y de un embudo a otro en cada montaje que propusiste?

Se realizan dos implementaciones ya que al tener una propuesta de aula se quiere evidenciar que efectivamente sea útil para un docente investigador de un colegio público y uno privado, donde se puedan cumplir ciertos objetivos relacionados con la ampliación de una experiencia a comodidad del estudiante y que sirva de herramienta para que se pregunte por las causas y efectos obtenidos de cada experiencia, argumentando hipótesis planteadas antes, durante y después de la experiencia donde reconocen cualidades para caracterizar el sonido y luego argumentar su similitud con las ondas sonoras, no solo en su aspecto físico, sino también en sus cualidades vibratorias, periódicas, entre otras.

Efectivamente se encuentran muchas relaciones en las dos implementaciones; a pesar que la primer implementación se llevó a grado once, con estudiantes que habían investigado sobre el tema y en una institución privada, teniendo conclusiones más elaboradas que en la segunda implementación donde en grado séptimo, los estudiantes no tenían prácticamente ningún acercamiento hacia la temática del sonido; lograron despertar mayor interés dándole cualidades al sonido como la asociación a una vibración cuando los vidrios de las ventanas se mueven por la presión del sonido de un avión perturbando el medio; además de asociarle presión cuando pasa un avión muy cerca a sus hogares y evidencian que es menos el flujo de agua que sale de los grifos, etc.

Al implementar el trabajo, resulta más útil el trabajo en parejas ya que cada pareja se organizó muy bien, no hubo ningún inconveniente en el desarrollo del laboratorio incluso cuando cada séptimo en las 2 sesiones que duro la experiencia, que fue de 2 horas, y hubo cursos con los que se trabajó en el patio y otros trabajaron en los pasillos del colegio; en general los estudiantes tomaron autonomía de su trabajo con mucho orden. Por otro lado al realizar la socialización con todo el curso, se hizo evidente la reflexión acerca de la teoría relacionada con la onda sonora, además de las conclusiones que pudieron sacar de tal experiencia y como la gran mayoría cambiaron cosas distintas, llegaron a conclusiones prácticamente por cada cosa que se cambió, y al socializar las experiencias, se vio el interés y la entrega en el laboratorio; por otro lado hubo grupos que cambiaron las mismas cosas y llegaron a conclusiones diferentes, lo que los llevo a una reflexión sobre los eventos y la forma en que se realizaron para obtener resultados distintos.

Metodológicamente en el trabajo se realiza de un análisis de textos y documentos de física que aborden problemáticas relativas al comportamiento ondulatorio del sonido además de la relación con la enseñanza en cursos introductorios de física, para realizar la propuesta de aula actual. El análisis de corte conceptual que se plantea es un proceso fundamental para la construcción de actividades y situaciones en donde se puede evidenciar el desarrollo del concepto del sonido y su relación con las ondas (ANEXOS 1, 2 y 3).

En relación con la labor docente, se tiene en cuenta que la propuesta se hace útil cuando el docente es investigador y su papel es facilitar al estudiante las herramientas necesarias para realizar su experiencia ya que las actividades son más gratificantes si el estudiante toma un papel activo donde hagan elecciones que les permitan reflexionar sobre las consecuencias de sus opciones haciendo que obtengan habilidades no solo con los objetos reales que manipulan, sino

también en aplicaciones de procesos intelectuales o problemas cotidianos. Esto estimula a los estudiantes a examinar temas o cuestiones que normalmente se tienen en cuenta, pero no se les da la debida importancia; además les proporciona la oportunidad de compartir la organización y los resultados de su actividad, y esto fue lo que hicieron en la socialización de sus experiencias. (Stenhouse, 2007).

Por otro lado, a pesar que suele tomarse a la física como una materia netamente práctica, es muy útil tener en cuenta la teoría que envuelve cada experiencia, por lo tanto, se tiene muy en cuenta que el experimento y la teoría tienen igual valor y se retroalimentan la una a la otra para llegar a una comprensión del evento y sus aplicaciones. La teoría y la práctica se enlazan para la implementación de la propuesta de aula, ya que los niños deben reconocer los fenómenos y sus efectos para tener una visión más amplia de la teoría que constituye los fenómenos con los que tienen una relación constante, en este caso el sonido (JOSE FRANCISCO MALAGON, 2011).

En la investigación no se escoge una muestra de estudiantes de cada curso, antes más bien se desarrollan las actividades propuestas con todo el curso, ya que al ser una propuesta de aula que puede usar un docente promedio, se implementa en circunstancias reales con aproximadamente 40 estudiantes por curso con 3 grados por curso; teniendo en cuenta que los cursos en cada grado tienen aproximadamente la misma edad, es fácil que tengan conclusiones similares, pero a partir de sus experiencias particulares, llegan a conclusiones importantes, por esto se ofrecen experiencias variables para una construcción de conclusiones que al ser en la mayoría iguales, proporcionan una visión más amplia de los fenómenos y sus efectos. Es conveniente para recoger una cantidad relativamente grande de datos a través de los informes de laboratorio, aunque se entregaron informes en parejas, se lleva un buen margen representativo de las respuestas de los estudiantes, ya que por curso se tienen mínimo 20 informes que de 3 a 4 cursos nos lleva a 60-80 informes en los que se evidencian las experiencias y las cuestiones que hacen relevante su experiencia con las ondas y su propagación en los diversos medios.

El uso de objetos y situaciones cotidianas, proporcionan el contexto para una discusión de las ideas y creencias de los estudiantes sobre los conceptos discutidos en relación con las ondas y el sonido. La discusión de sus ideas no se limita, a excepción del caso en el que condujo a la discusión sin datos útiles, lo que nos permite seguir el formulario estructurado pero flexible que se había planeado inicialmente. El objetivo al plantear las actividades es llamar la atención de los estudiantes, aumentar su motivación para el aprendizaje y proporcionar a los estudiantes con la experiencia suficiente para que puedan asumir un papel más activo sobre el fenómeno sonoro. De los estudiantes que realizaron las actividades propuestas, se escogen los casos más particulares dependiendo de la calidad de las conclusiones y la variedad de experiencias realizadas; además, se tienen en cuenta las conclusiones que tienen en general independientemente del contexto donde se aplicó la propuesta y se escogen aquellos casos que eran más comparable en términos de estructura y riqueza de contexto para que las conclusiones tengan más peso argumentativo (ANEXOS 4, 5 y 6).

Las actividades son en su mayor parte una forma POE (Predecir-Observar-Explicar) en la exploración y la investigación. La investigación ha demostrado que la observación del evento movimiento antes de discutir la teoría aumenta la motivación del estudiante y que el método POE permite la cooperación en grupos pequeños, lo que aumenta el control de los estudiantes y hacerlos más activo, mientras que se anima a las interacciones sociales, permitiendo a los estudiantes a compartir significados y reflexionar sobre sus propias ideas personales. Se induce a los estudiantes para que observen el evento en estudio y que hagan propuestas a partir de un modelo general que podía ser modificado a su gusto; luego predicen los posibles resultados de cada montaje planeado. En el siguiente paso, los estudiantes crean los montajes propuestos y se preguntan sobre su predicción inicial, tratando de explicar cómo y por qué su predicción coincide o no el resultado real. (Pappas, 15 September 2008)

En relación con el diseño de la propuesta de aula es conveniente preguntarse ¿Qué tan bueno es el intento de proporcionar una experiencia de aprendizaje significativo y positivo para los estudiantes? Pero para ello es necesario tener en cuenta:

- La presión para completar un experimento dentro del tiempo asignado.
- La información proporcionada en las hojas de instrucciones de laboratorio.
- La ayuda proporcionada por el personal de laboratorio y asistentes de docencia.
- El nivel de preparación de los estudiantes.

Ya que no hay una guía universal en cuanto a los objetivos del trabajo de laboratorio práctico de introducción (Kirschner, 1988) el trabajo realizado en el laboratorio, que pueden incluir demostraciones y simulaciones, además de práctica en el trabajo experimental. Mientras continúa existiendo una creencia generalizada de que el trabajo de laboratorio es necesario para que los estudiantes adquieran una comprensión conceptual de las disciplinas científicas y desarrollen una amplia gama de habilidades prácticas; de esta manera se realiza la implementación con grado once, donde luego de exponer y preguntar acerca de las ondas, sus efectos, fenómenos y características, seguidamente se realizan las prácticas de laboratorio donde a partir del conocimiento que tienen acerca de las ondas, realizan hipótesis y montajes que resuelvan tales inquietudes.

Por lo tanto es necesario que se planteen propuestas de trabajo en el laboratorio donde los estudiantes puedan desarrollar habilidades prácticas, despertar y mantener el interés, incrementar la actitud y mentalidad abierta frente el trabajo experimental, desarrollar el pensamiento creativo y la capacidad de resolución de problemas, promover el pensamiento científico y la práctica en los métodos experimentales; cuando para nosotros, el propósito de un laboratorio es ofrecer actividades prácticas estructuradas que fomentan el desarrollo de la comprensión conceptual, en lugar de conectar la teoría preexistente a la práctica. En lugar de buscar buenos experimentos que demuestran un concepto específico, se promueve la enseñanza de laboratorio que se centra en las buenas experiencias de aprendizaje, donde los estudiantes pueden descubrir los conceptos de sus actividades, ya que dar a los estudiantes la oportunidad de descubrir las reglas por su cuenta les permite desarrollar una comprensión del enfoque científico (Hajek, 1 May 2011).

En este trabajo el uso del laboratorio no se toma como libros de cocina, donde los estudiantes tratan de seguir las directrices y rara vez muestran una comprensión de los conceptos relevantes, en esta propuesta se involucra a los estudiantes en la reflexión sobre su investigación, de esta manera, los estudiantes perciben las experiencias de laboratorio como algo importante en su aprendizaje; dando como docentes, oportunidades a los estudiantes para descubrir las reglas de la física por sí mismos, es así como en el laboratorio al proporcionar tales oportunidades, el profesor ofrece investigaciones significativas sobre las cuales pueden construir conceptos científicos que les den una explicación satisfactoria a los eventos con los cuales ellos ya han experimentado.

El trabajo en grupo también puede ser beneficioso en la promoción de un ambiente de aprendizaje positivo ya que el laboratorio de la ciencia proporciona un entorno en el que los estudiantes pueden trabajar cooperativamente en pequeños grupos. El entorno social es generalmente menos formal que en una convencional aula y por lo tanto el laboratorio ofrece oportunidades para la cooperación entre estudiantes y el profesor. La eficacia del trabajo en grupo como herramienta de aprendizaje ha sido estudiada por Roychoudhury y Roth (Roth, 1996) quienes encontraron que la mayoría de los estudiantes disfrutaron trabajar juntos ya que podrían compartir una tarea y colaboración podrían construir el significado de un concepto.

En este trabajo como en todos donde hay una implementación, es necesario tener en cuenta el ambiente de aprendizaje, y por esto es relevante reflexionar en aspectos como la motivación del estudiante, los recursos y preparación. Los factores que influyen en la motivación de los estudiantes a permanecer en la tarea y completar el experimento a la medida de sus posibilidades son: relación entre el tiempo y el esfuerzo frente a marcas, el interés y el disfrute, la pertinencia del experimento de laboratorio para el material del curso. Los recursos, ya que llevar una implementación en dos ámbitos como son el de una institución pública y una privada, se deben tener en cuenta materiales de fácil acceso; de esta manera se estructura la propuesta de aula con tales estos. Las actividades realizadas por el estudiante determinan su capacidad para completar con éxito el experimento en el laboratorio de acuerdo a los materiales usados y a su capacidad de innovar en las prácticas de laboratorio (ANEXOS 7, 8 y 9).

Los docentes investigadores y facilitadores, deben proporcionar a los estudiantes la capacidad y el incentivo para buscar y encontrar el conocimiento de forma independiente, haciendo preguntas donde el estudiante tenga una participación activa en el entorno escolar, de esta manera podrán deducir conclusiones críticas de las actividades planteadas en cada clase declarando su pensamiento creativo que parte del uso de la intuición, cosa que resulta para ellos en un aprendizaje personalmente significativo. la capacidad de investigar es algo propio de los seres humanos, entonces si se facilitan los recursos para tal investigación en el aula, los estudiantes van a perseguir preguntas sobre sus propios intereses, y se despiertan inquietudes sobre intereses en común, así se logra un mayor interés, ya que busquen sus propias respuestas que serán para cada uno más llamativas, sin dejar de lado la participación del docente guiándolos hacia la comprensión de los fenómenos desde varios puntos de vista y las conclusiones que genera cada teoría.

Los docentes investigadores, deben crear nuevas alternativas de aprendizaje, donde el niño este en capacidad de reconocer los nuevos elementos dentro de un fenómeno y así relacionarlos con la estructura existente dentro de cada uno de ellos, así mismo pueden reformular la investigación original identificando los procesos implicados en tal investigación; de esta manera, se forma una reacción en cadena cada clase, donde los estudiantes se plantean como puede ser verificada cierta hipótesis y además de explicarlo desde su punto de vista, despiertan mayor interés por investigar más y mejor sobre la problemática para dar un sobresaliente fundamento a la verificación de las hipótesis que plantee. Es evidente como esta perspectiva debe ser guiada desde los primeros grados, porque el desarrollo de la percepción de los fenómenos naturales permite al profesor despertar el interés que existe en muchos de los patrones de las ciencias naturales que se desarrollan en una escala de tiempo donde el niño es capaz de captar y mantener en escena experimentos simples y reproducibles de los fenómenos observables (Galina A. Zuckerman, 1998).

El trabajo fue realizado en parejas ya que de esta manera seria más sencillo el montaje y la interacción con los materiales, además de la buena actitud al realizar tal trabajo; los informes de laboratorio fueron entregados de manera individual, debido a que las preguntas planteadas, conclusiones, metodología, entre otros, cambian de individuo a individuo. de esta manera se evidencio un gran interés por las actividades desarrolladas en el laboratorio y fue fácil identificar las características de la mayoría de estudiantes y su forma de trabajo en clase y en el laboratorio. Es evidente que el realizar el trabajo en parejas hay un gran cambio por que los estudiantes son más ordenados, hay menos ruido y demuestran un mayor compromiso con las actividades propuestas, además de la cooperación de cada grupo con sus pares al intercambiar materiales de un grupo al otro con el fin de enriquecer sus experiencias innovadoras.

CONCLUSIONES

- Los estudiantes lograron desarrollar una comprensión intuitiva partiendo de la observación y de la experimentación; las practicas lograron hacerlos sentir parte de la física ya que al experimentar y obtener ideas que los encaminaron al concepto los hizo creadores del conocimiento "en lugar de" receptores de conocimiento. Se produjo un cambio notable en la forma que los alumnos adquirieron el conocimiento ya que los hizo parte del mismo.
- Hay una necesidad de proporcionar constantemente oportunidades a los estudiantes para retroalimentar, reflexionar, y modificar sus ideas sobre la forma como aprenden ya que como ellos mismos indican “aprendemos más cuando aplicamos los que vemos en clase a la vida real” , lo cual indica que existe una sensación de mayor aprendizaje mediante la resolución de problemas reales y significativos.
- El análisis investigativo muestra que el sonido se considera una onda ya que las características y fenómenos que lo afectan como la reflexión, refracción, difracción e interferencia, son los mismos fenómenos que afectan las ondas mecánicas.
- La investigación confirmó que el laboratorio fue una experiencia positiva de aprendizaje ya que ayudó a los estudiantes a aprender y desarrollar habilidades acordes con el contenido del curso, la cuales les permitió abordar algunos conceptos desde el análisis y la experimentación. Se encontró que el uso de ejercicios pre-práctica fomenta una actitud positiva en estudiantes hacia su trabajo en el laboratorio de física. Los estudiantes también dieron respuestas positivas como 'diversión', 'agradable', e 'interesante', además querían más tiempo para realizar los experimentos y quería demostraciones detalladas e instrucciones para comprender mejor algunos conceptos.

BIBLIOGRAFÍA

- DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA*. (2013). Recuperado el 2014, de <http://www.wordreference.com/definición/sonido>
- Alvares, D. A. (2012). *Como adulto aprendo: una estrategia para la enseñanza de las cualidades del sonido*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Ayensa, M. A. (s.f.). *universidad de las palmas de gran canaria*. Recuperado el 28 de 05 de 2015, de <http://www.webs.ulpgc.es/euitt/apuntes%20iva/ondas/ondasweb.html>
- BACHELARD, G. (2004). VII Congreso internacional de philosophie, Praga (septiembre de 1934, Praga: Orbis, 19360., (págs. 3-9). Buenos Aires.
- CELY GUEVARA, C. A. (2006). *INTERPRETACIÓN DE LA MECÁNICA ONDULATORIA A PARTIR DE ANALOGÍAS FÍSICAS*. Bogotá: UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL.
- Cockel, C. (04 de diciembre de 2011). *blogmanualidades.com*. Recuperado el 18 de abril de 2013, de <http://blogmanualidades.com/telefono-de-juguete/>
- Explorable.com. (05 de noviembre de 2011). *Explorable.com*. Recuperado el 25 de abril de 2013, de <https://explorable.com/es/estetoscopio-casero>
- FINN, M. A. (1998). *CAMPOS Y ONDAS*. Mexico: ADDISON WESLEY IBEROAMERICANA.
- FONSECA ALBARRACIN, Y. I. (1998). *LA FÍSICA COMO UNA EXPERIENCIA VIVIDA DEL SONIDO Y SUS CUALIDADES*. Bogotá: UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL.
- Galina A. Zuckerman, E. V. (1998). Inquiry as a Pivotal Element of Knowledge Acquisition within the Vygotskian Paradigm: Building a Science Curriculum for the Elementary School. *Cognition and Instruction, Vol. 16*, 201-233.
- García, A. F. (1991). *teleformacion.edu.aytolacoruna.es*. Recuperado el 25 de Mayo de 2015, de http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/teoria/A_Franco/ondas/fourier/Fourier.html
- GONZALES, J. L. (2008). *CUALIDADES DEL SONIDO: UNA EXPERIENCIA DIDACTICA SOBRE LA ACUSTICA PARA POBLACION CON LIMITACION VISUAL DEL COLAGIO LUIS ANGEL ARANGO*. Bogotá: UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL.
- Hajek, C. D. (1 May 2011). Student Perceptions of the Value of Physics Laboratories. *International Journal of Science Education Vol. 33, No. 7*, 943–977.

- IZQUIERDO, M. S. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. ., (págs. 45 - 59).
- JOSE FRANCISCO MALAGON, M. M. (2011). *El experimento en el aula, comprension de fenomenologias y construccion de magnitudes*. Bogotá colombia: fondo editorial Universidad Pedagogica Nacional.
- Kirschner, P. A. (1988). The laboratory in higher science education: Problems, premises and objectives. *Higher Education*, 81–98.
- LEXICOON. (12 de 2015). Recuperado el 20 de 12 de 2015, de <http://lexicoon.org/es/sonido>
- LINARES, J. C. (2007). Diseño de una unidad didactica para la enseñanza del sonido en educacion media. Bogotá: Universidad Pedagogica Nacional.
- MARIO, G. A. (1998-2012). *aitanatp*. Obtenido de <http://www.aitanatp.com/nivel6/luz/propaso.htm>
- MELO NIÑO, L. V. (2007). DE LA EXPERIENCIA SENSIBLE AL EVENTO SONORO. Bogotá: UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL.
- Milhaud. (18 de noviembre de 2010). *NAUKAS*. Recuperado el 20 de 08 de 2014, de <http://naukas.com/2010/11/18/como-se-midio-por-primera-vez-la-velocidad-del-sonido-de-forma-precisa/>
- Morilla, J. A. (14 de Julio de 2006). *mail x mail.com*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de <http://www.mailxmail.com/curso-sonido-conceptos-basicos-componentes-electronicos/reflexion-refraccion-difraccion-sonido>
- NELDA, R. C. (1996). EL PAPEL DE LA OBSERVACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO. Bogotá: UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL.
- Pappas, E. K. (15 September 2008). The effect of motion analysis activities in a video-based laboratory in students' understanding of position, velocity and frames of reference. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, Vol. 39, No. 6 Pg.701–723.
- ROJAS, E. G. (2008). Modelacion y propagacion de una onda sonora en el medio marino. Bogotá: Universidad Pedagogica Nacional.
- Roth, R. &. (1996). Interactions in an open-inquiry physics laboratory. *International Journal of Science Education*, 423–445.
- saber, E. d. (2006). *ELECTRICALFACTS*. Recuperado el 13 de 10 de 2014, de http://www.electricalfacts.com/neca/science_sp/sound/history_sp.shtm

Saglam, I. A. (1 April 2010, Vol. 32, No. 6). A Study of Teachers' Views on Practical Work in Secondary Schools in England and Wales. *International Journal of Science Education*, 753–768.

Sancho, J. M. (2005). *museo virtual de la ciencia*. Recuperado el 10 de febrero de 2014, de <http://museovirtual.csic.es>

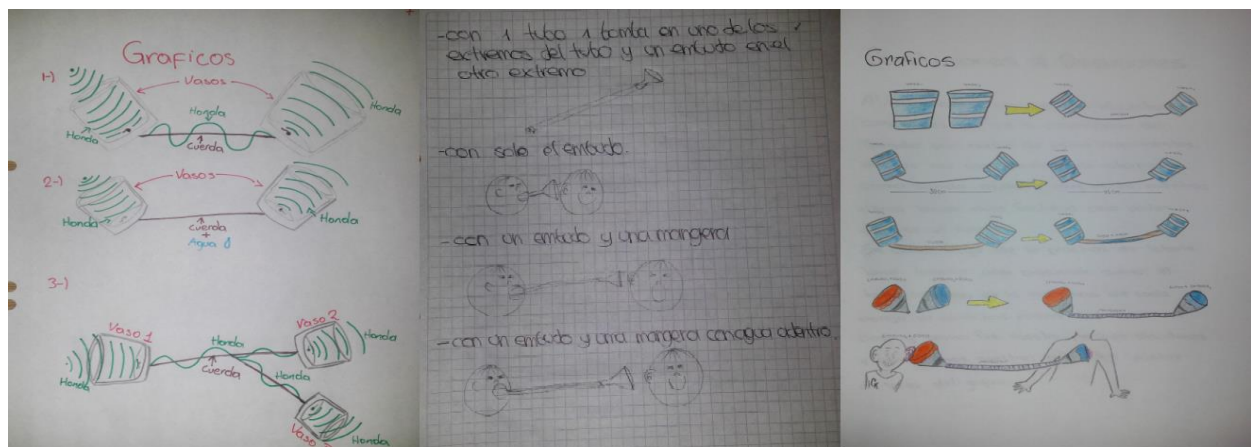
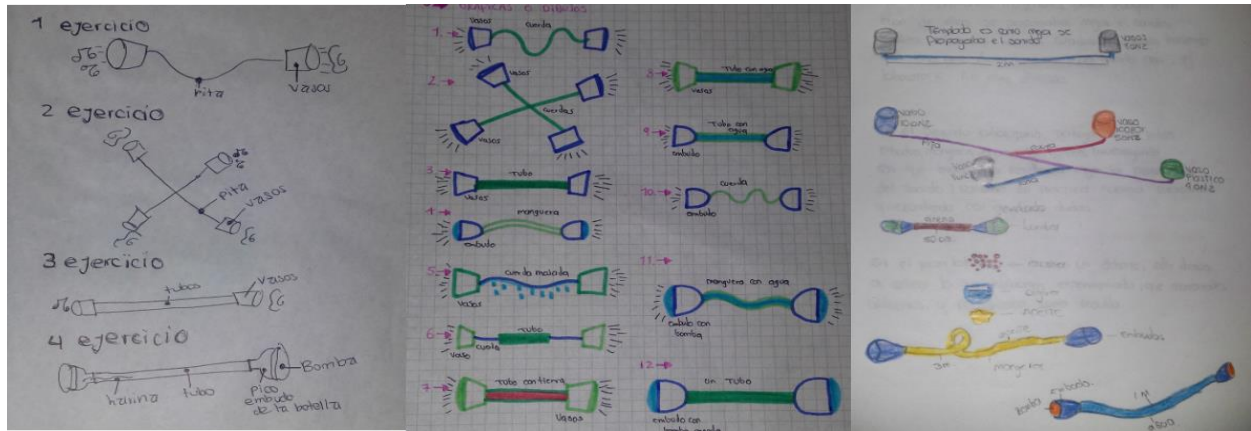
Stenhouse, L. (2007). *Investigacion y desarrollo del curriculum*. Madrid: Morata.

UNESCO. (2006). Aprendizaje activo de óptica y fotónica. Manual de entrenamiento., (págs. 3 - 58).

Valenzuela, D. (2012). *Fisic*. Recuperado el 14 de 03 de 2015, de <http://www.fisic.ch/cursos>

ANEXOS

ANEXOS 1, 2 Y 3. IMÁGENES DE LA PROPAGACIÓN DEL SONIDO



ANEXOS 4, 5 Y 6. CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIANTES

Conclusiones

Gráfico 1. Se pudo observar que al unir 2 vasos mediante una cuerda desde el fondo de cada vaso y utilizarlo, este mecanismo nos permite comunicarnos ya que las ondas del sonido que se produce entran al vaso y estas son enviadas al otro vaso mediante la cuerda la cual permite el envío del mensaje por medio de ondas.

Gráfico 2. En este momento el mecanismo funciona igual que el mecanismo mencionado en el Gráfico 1 con la única diferencia es que la onda es enviada y escuchada con mayor claridad.

Gráfico 3. Este mecanismo funciona igual ya sea utilizando el método del Gráfico 1 como en el 2 con la diferencia es que en este mecanismo se le añade 1 o más vasos a comparación del gráfico 2 y a su vez el 1. Este mecanismo nos permitió ver que las cuerdas que estaban más rectas permitían un envío y recibimiento con mayor calidad a comparación del otro vaso extra.

Ej: Vaso 1 y 2 existe mayor comunicación que el caso del vaso 1 y 3 y aun mayor el caso del vaso 2 y 3.

Conclusiones y Discusiones

Al terminar el proceso del laboratorio concluimos con que la propagación del sonido por medio de estos experimentos, muchos no eran posibles de interpretar como sonido agudo o muy bajos, mientras otros tenían más facilidad para poder percibir el sonido.

En clase, luego de la práctica de laboratorio tuvimos una discusión sobre el tema hablando de la experiencia de cada pareja, de como nos pareció la dinámica de clase y como fue nuestro proceso, discutimos y comparamos nuestros diferentes puntos de vista del grupo.

OBSERVACIONES GENERALES.

- 1) Se observó que con un solo vaso directo no se daban las vibraciones en cambio con dos sí.
- 2) con la lana y los vasos del mismo tamaño se observó que era más claro y más agudo el sonido que con la cuerda de guitarra.
- 3) vimos que con la unión de los tres vasos con igual longitud de igual tamaño la lana producía el sonido más claro en el vaso más pequeño.
en cambio cuando la longitud de la lana era mayor no era un sonido totalmente claro.
- 4) cuando oscilamos el tubo con la bomba no era claro el sonido, en cambio la manguera sin agua sí dejaba el sonido claro.

PRIMO

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS

1. ¿OCURRE CON EL SONIDO SEGUN TU CREENSA?
a) ¿EL SONIDO VARIA SEGUN LA LONGITUD Y EL GROSOR DEL TUBO O DE LA MANGUERA?
2. LOGRASTE OIR A TU COMPAÑERO? ¿MONTAJE MAS RESULTO MAS UTIL PARA ESCOCHARSE?
a) SI, EN TODOS LOS EXPERIMENTOS O HECHOS, DE LOGRO ESCUCHAR A MI COMPAÑERO, EL MONTAJE MAS FACIL FUE EL DE LOS VASOS UNIDOS A UNA PIRA CON OTROS COMPAÑEROS.
3. ¿ELEMENTOS SE CAMBIARON EN EL MONTAJE? ¿LE OCURRIO AL SONIDO CUANDO CAMBIASTE TALES ELEMENTOS? ¿CAMBIO NOMBRE EN EL SONIDO?
a) LOS GROSORES, LAS LONGITUDES, LAS CUERDAS, LOS TUBOS, CUANDO CAMBIAMOS LAS CUERDAS POR UNAS CORTAS EL SONIDO SE ESCUCHABA MUY BIEN Y AL CAMBIAR EL GROSOR DEL TUBO, CON UN TUBO GREGO DE ESCUELA MUY DURO.
4. COMO TE PARECE EL PODER DE CAMBIAR LA EXPERIENCIA A TU GUSTO POR?
a) ME PARECIO MUY BUENA, POR ERA ALGO DINAMICO, ASO ME PARECIO A APRENCIMOS ARTO SOBRE EL SONIDO EN LER DE ESTAR SOLO SENTADOS LEYENDO SOBRE ELO.

Respuestas a las preguntas.

- ¿Qué sucede con el sonido según tu criterio?

Rta: El sonido se propaga mediante diferentes montajes y puede ser más grave o más agudo, y se puede escuchar menos o más dependiendo de cómo se transmite el sonido por medio de los diferentes elementos utilizados en la práctica.

- ¿Lograste oír a tu compañero? ¿Qué montaje le resulta más útil?

Rta: Si logramos oírnos mutuamente, aunque en algunos montajes se presentaron dificultades, como sonido bajo o llegar al sonido tarde.

- ¿Qué elementos se cambiaron del montaje. ¿Qué le ocurrió al sonido cuando cambiaste tales elementos? ¿Qué cambios notaste en el sonido?

Rta: De vasos a tubos y embudos.
De cuerdas a manglaras y tubos.

notamos que por medio de los tubos el sonido era más claro, que por medio de cuerdas,
y dependiendo de la longitud y grosor de los elementos el sonido cambia.
dependiendo la longitud de los elementos y de los distintos montajes el sonido cambia.

- ¿Cómo te pareció cambiar la experiencia a tu gusto?

Rta: La experiencia fue buena ya que pudimos analizar el sonido por medio de la práctica.

Respuestas a las preguntas.

1. ¿Que sucede con el sonido según tu criterio?

El sonido varía según los materiales que usamos para transmitirlo.

2. ¿Logiste oír a tu compañera? ¿Que montaje les gustó más útil para escucharse?

En algunos casos la oír en otros casi no y en otros no la llegue a oír.

En varios montajes logramos escucharnos y el que más útil para nosotras fue el de los dos vasos con el tubo.

3. ¿Qué elementos se cambiaron del montaje, ¿Que le ocurrió al sonido cuando cambiaste tales elementos? ¿que cambios notaste en el sonido?

Cuando unimos los 2 vasos con la pita cambiamos la pita por una cuerda y el sonido mejoró. Se escuchaba más tenso y más claro lo que mi compañera decía.

4. ¿Como te pareció poder cambiar la experiencia a tu gusto? ¿Por que?

Me pareció muy chevere ya que tuvimos libertad de cambiar y combinar los diferentes objetos sin tener en cuenta los parámetros de la profesora.

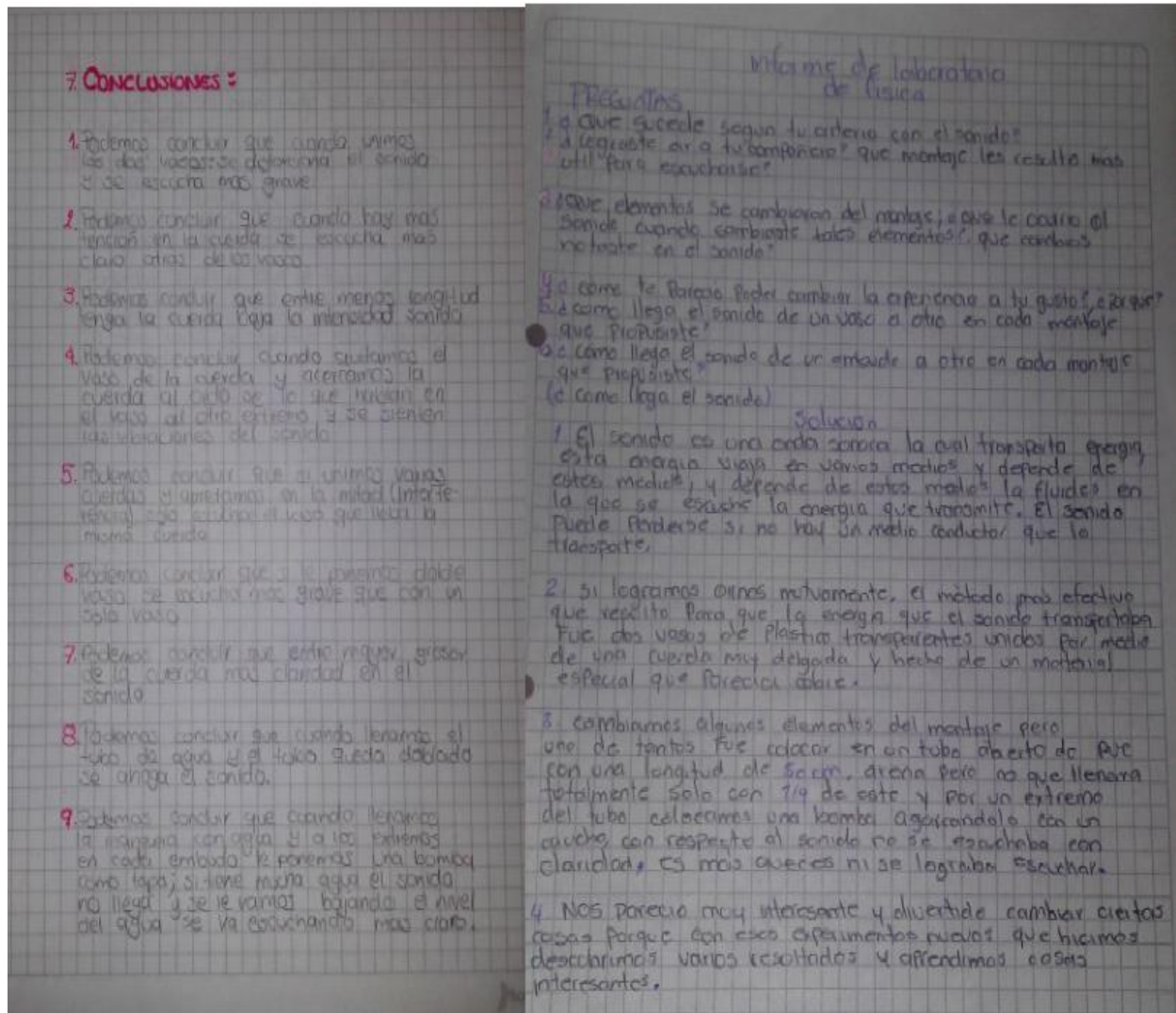
Aprendimos que las variaciones que transmite el sonido dependen a los materiales que usamos. Un laboratorio muy dinámico y una motivación más para seguir aprendiendo.

Resultados:

Nuestra voz produce un sonido que se propaga por el aire en forma de onda sonora. Cuando esta onda sonora choca contra un material elástico y rígido (es decir nuestro vaso de plástico) y le transmite sus vibraciones, este a su vez le transmite a la cuerda y a través de ella alcanzan el otro vaso, donde el proceso se invierte, es decir, la cuerda transmite las vibras al fondo del vaso y este al aire, que propaga el sonido hasta el oído de nuestro compañero, así podemos deducir que el proceso es diferente cuando se tiene distintos tamaños, distancias y material.

Conclusiones:

Sirvieron para demostrar el sonido (cualquiera) que en la presión solo depende de la altura. En nuestro caso consta de 4 recipientes de plástico de diferente capacidad y forma unidos en su parte inferior por un tubo o cuerda que va cerrado a los extremos. Finalmente, estiramos la cuerda de modo que quede tensa esto fue un buen experimento ya que no teníamos idea de lo que podía hacer estos materiales para propagar el sonido de diferentes formas.



ANEXOS 7, 8 Y 9. MATERIALES Y EXPERIENCIAS

