UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Diseño, desarrollo y aplicación de una herramienta didáctica interactiva para la enseñanza de la acústica usando como instrumento fundamental el acordeón

María Antonia Díaz Mendoza

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Valledupar – Cesar

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Diseño, desarrollo y aplicación de una herramienta didáctica interactiva para la enseñanza de la acústica usando como instrumento fundamental el acordeón.

María Antonia Díaz Mendoza

Trabajo Final de Maestría para optar al título de:

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director

Ph.D. Freddy Alberto Monroy Ramírez

Línea de Investigación:

Enseñanza-Aprendizaje, Evaluación y Didáctica de las Ciencias Naturales

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Valledupar – Cesar

2016

A Dios, Mi centro, quién ha sido mi motor y la roca donde he cimentado mi vida.

A la memoria de mi padre Antonio Enrique Díaz Martínez, que entre muchas cosas me dejó como legado el amor por los números y por la música vallenata.

A una mujer valiente, mi madre María Luz Mendoza de Díaz, guerrera incansable que a pesar de las adversidades que ha enfrentado en su vida siempre ha tenido la voluntad de seguir luchando para brindarles lo mejor a sus hijos.

A mi esposo, mi amigo y mi compañero que ha sido mi apoyo y quien ha soportado todas mis ausencias.

A mis hermanos, Kathya, Jean, Francisco y Antonio, compañeros de aventuras… quienes siempre me han impulsado a escalar cada vez más alto.

A mis sobrinos Leidy Marieth, Laura Daniela, Estefany Lucía y Antonio Enrique mis amores, mi alegría, el príncipe y las princesas de mi corazón. A mi princesa María Margarita, quién me llena de alegrías y orgullo con su enorme corazón.

María Antonia Díaz Mendoza

Agradecimientos

Hoy luego de tanto esfuerzo y dedicación logro esta meta que tanto he anhelado, fueron muchas las personas que de una u otra manera contribuyeron al cumplimiento de esta meta, por lo cual quiero dar gracias a:

Dios, por mostrar su infinito amor al permitirme cumplir uno de mis sueños

A mi profesor Freddy Alberto Monroy, mi director y mi guía, pero más que eso, quién me animó a no desfallecer cuando tenía todo en mi contra.

A mi colega y amigo Wilber Fernández Ortiz por su valioso aporte en el desarrollo de la herramienta.

Al profesor de acordeón Juan Manuel Díaz Rosado, por facilitarme su conocimiento y su amado instrumento musical para la realización de este trabajo.

A mis estudiantes de la Institución Educativa Leonidas Acuña, por participar activamente en la construcción de este proyecto.

Resumen

En este trabajo se presenta el diseño, desarrollo e implementación de una herramienta didáctica interactiva para la enseñanza de los conceptos de tono, timbre e intensidad de las ondas sonoras. Para el diseño y desarrollo de la herramienta, se utilizan como base fundamental los sonidos emitidos por un acordeón. Con la finalidad de aplicar la herramienta virtual construida, se diseña e implementa una secuencia didáctica para la enseñanza de las cualidades del sonido. La secuencia fue aplicada a 38 estudiantes con edades entre los trece y los diecisiete años, que corresponden a grados octavo a undécimo de la Institución Educativa Leonidas Acuña de Valledupar.

La eficiencia de la secuencia didáctica fue validada al comparar, por medio de la ganancia de Hake, los resultados de la prueba final con los resultados de la prueba diagnóstica[1], obteniéndose excelentes resultados.

Palabras clave: Acordeón, Herramienta virtual, Intensidad, Timbre, Tono

[1] Consideradas iguales con el fin de hacer la comparación.

Abstract

This paper introduces the design, development and implementation stages of an interactive academic tool, useful to teach the concepts of tone, timbre and intensity of the sound waves. In favor of reaching the complete design and development of the tool, the sounds emitted by an accordion are disposed as the fundamental basis. In the interest of implementing the virtual tool that was conceived, it is materialized through a teaching sequence to train in regard to the qualities of sound. The sequence was applied to 38 students aged between thirteen and seventeen, from eighth to eleventh grade at School Leonidas Acuña of Valledupar.

The efficiency of the teaching sequence was verified through the Hake gain methodology, by comparing the final test results with the results of the diagnostic test, with an outstanding outcome.

Keywords: accordion, virtual tool, intensity, timbre, tone.

Contenido

Pág.

Dedicatoria ..... **V**

Agradecimientos ..... **VI**

Resumen ..... **VII**

Abstract ..... **VIII**

Introducción **17**

1. Planteamiento del Problema: El sonido un tema que ya no se enseña en la básica secundaria y media. **19**

2. Objetivos **21**
- **2.1. Objetivo General** 21
- **2.2. Objetivos Específicos** 21

3. Marco Teórico **22**
- **3.1. Acústica** 22
  - **3.1.2. El Sonido** 22
    - **3.1.2.1. Características de las Ondas Sonoras** 23
      - **3.1.2.1.1. Tono** 24
      - **3.1.2.1.2. Intensidad** 24
      - **3.1.2.1.3. Timbre** 29
- **3.2. Velocidad del sonido** 30
  - **3.2.1. Tubos sonoros** 35
- **3.3. Acordeón** 38
  - **3.3.1. Descripción del Acordeón Vallenato** 38
  - **3.3.2. Descripción fenomenológica de la producción del Sonido en el acordeón.** 41
- **3.4. Software** 43
  - **3.4.1. Definición** 43
  - **3.4.2. Software Educativo** 43
- **3.5. Bases pedagógicas para el uso de herramientas tic en la enseñanza.** 44

4. Aspectos Metodológicos. **46**
4.1. Diseño de Investigación 47
4.2. Desarrollo de la Herramienta didáctica Interactiva AcusticAcordeón 48
4.3. Estructura de la Secuencia didáctica 50

5. Resultados. Uso de la herramienta didáctica interactiva AcusticAcordeón para la enseñanza de las cualidades del Sonido. **53**
5.1. Prueba Inicial 54
5.2. Las Guías desarrolladas 56
5.2.1. Guía 1 56
5.2.2. Guía 2 58
5.2.3. Guía 3 59
5.2.4. Guía 4 60
5.3. Evaluación Final 61
5.3.1. Ganancia de Hake 65
5.3.2. Índice de Dificultad 67

6. Conclusiones y Recomendaciones **69**
6.1. Conclusiones **69**
6.2. Recomendaciones **70**

Anexos **71**

A. Anexo A: Recuento histórico del Acordeón y su llegada a Colombia y a Valledupar **71**

B. Anexo B: Clasificación de los Tubos Sonoros. **83**

C. Anexo C: Prueba de Entrada **88**

D. Anexo D: Tabulación y Gráficas de la Prueba de Entrada a los grupos piloto y control…… **90**

E. Anexo E: Guía # 1 ..... **93**

F. Anexo F: Guía # 2 ..... **96**

G. Anexo G: Guía # 3 ..... **98**

H. Anexo H: Guía # 4 ..... **100**

I. Anexo I: Evaluación Final **101**

7. Bibliografía **103**

Lista de figuras

Pág.

Figura 3-1. a) Compresiones y rarefacciones de una onda sonora en el aire. b) Variación senoidal de la presión en función del tiempo. 22
Figura 3-2. Intensidad de una onda sonora producida por una fuente puntual. 25
Figura 3-3. Timbre de dos Instrumentos musicales con igual Intensidad. 30
Figura 3-4. Tubo de flujo con área de sección transversal cambiante 33
Figura 3-5 . Representación del aire como fluido en un tubo sonoro de sección cambiante. 34
Figura 3-6. Movimiento de elementos de aire en ondas longitudinales estacionarias en un tubo Abierto en ambos extremos, junto a la representación esquemática de las ondas. . 36
Figura 3-7. Movimiento de elementos de aire en ondas longitudinales estacionarias en un tubo cerrado en un extremo, junto a la representación esquemática de las ondas. 37
Figura 3-8. Pitos del Acordeón 38
Figura 3-9. Fuelle del Acordeón. 39
Figura 3-10 Lengüetas en un acordeón Vallenato 40
Figura 3-11. Lengüeta libre "batiente hacia adentro" sobre su plaqueta. 40
Figura 4-1. Captura de Pantalla de la Herramienta AcusticAcordeón 49
Figura 5-1. Desarrollo de la guía 1. 57
Figura 5-2. Algunas respuestas de la guía 1. 57
Figura 5-3. Desarrollo de la guía 2. 58
Figura 5-4. Algunas respuestas de la guía 2. 59
Figura 5-5. Aplicación de la guía 3 60
Figura 5-6. Algunas respuestas de la guía 3 60
Figura 5-7. Aplicación de la guía 4 61
Figura 5-8. Algunas Respuestas de la guía 4 61
Figura 5-9. Aplicación de la Evaluación Final 64
Figura 6-1. Accordion de Demian Viena (1829). 71

Figura 6-2. Handaeolina de Mensing 73
Figura 6-3. Acordeón de Dillner 74
Figura 6-4. Escritura en el acordeón de Dillner 74
Figura 6-5. Acordeón de Pichenot-Isoard 74
Figura 6-6. Acordeón de Müller, Viena 1834 75
Figura 6-7. Acordeón con Registros. Soprani. 1870 75
Figura 6-8. Patente de Titeux-Rousseau (Francia, 1853) 76
Figura 6-9. Acordeón de Mirwald (Alemania) 1891 77
Figura 6-10. Acordeón de bajos de Dallapé. Italia. 1898 78
Figura 6-11. Acordeón patentado por Soprani. Italia. 1897 78
Figura 6-12. Cromo-harmónica de Gagliardi 1910 79
Figura 6-13 acordeón de Ficosecco. Italia 1898 79
Figura 6-14. Piatanesi-Raimondo. Italia 1921 79
Figura 6-15. *A.* Acordeón Convertor de Prez. B. Acordeón convertor actual. 80
Figura 6-16. Tubos de Embocadura directa 83
Figura 6-17. Tubos de embocadura indirecta 84
Figura 6-18. Tubos de Lengüetas libres 84
Figura 6-19. Tubos de Lengüetas Batientes 84
Figura 6-20. Tubos de Lengüetas batientes simples 85
Figura 6-21. Tubos de Lengüetas Batientes dobles 85

Lista de tablas

Pág.

Tabla 3-1. Escalas de frecuencias que determinan los tonos. 24
Tabla 3-2. Valores aproximados de distintos sonidos medidos en decibeles y Watts..... 28
Tabla 3-3. Rapidez del sonido en diferentes medios. 31
Tabla 4-1. Tareas Propuestas para cumplir objetivos 46
Tabla 4-2. Etapas del desarrollo de la herramienta Didáctica Interactiva 48
Tabla 4-3. Actividades de la Secuencia didáctica..... 50
Tabla 4-4. Estructura de las Actividades..... 50
Tabla 5-1. Categorías de la Ganancia de Hake. 53
Tabla 5-2. Resultados prueba inicial grupo piloto. 55
Tabla 5-3. Resultados prueba inicial grupo Control. 55
Tabla 5-4. Resultados Evaluación Final grupo piloto..... 63
Tabla 5-5. Ganancia de Hake..... 65
Tabla 5-6. Rango índice de dificultad..... 67
Tabla 5-7. Índice de dificultad..... 68
Tabla 6-1. Cronología del Acordeón 72
Tabla 6-2. Resultados Prueba de Entrada Grupo Piloto. 90
Tabla 6-3. Resultados Prueba de Entrada Grupo Control..... 91

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI
A	Amplitud	m
A	Área Transversal de un tubo sonoro	$\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{g}}$
B	Módulo de Compresibilidad	$\frac{N}{m^2}$
E	Energía	J
f	Frecuencia	Hz
g	Aceleración de la gravedad	$\frac{m}{s^2}$
h	Ganancia de Hake	%
I	Intensidad de la Onda	$\frac{\mathrm{Watt}}{\mathrm{m}^3}$
I_0	Intensidad de referencia	$\frac{\mathrm{Watt}}{\mathrm{m}^3}$
K	Constante de comprensibilidad del gas	
k	Número de onda	1
L	Longitud	m
m	Masa	g
P	Presión	$\frac{N}{m^2}$
R	Constante de los gases	1
S	Sonoridad	dB
S	Área de la superficie transversal	m^2
T	Periodo	s
t	Tiempo	s
V	Volumen	m^3

Símbolo	Término	Unidad SI
v	Velocidad del sonido	$\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
x	Posición en el eje de propagación de una onda	m
Y	Amplitud de la oscilación en un punto	m
Y	Módulo de Young	Pa

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI
λ	Longitud de Onda	m
β	Nivel Sonoro	Fon
γ	Cociente de calor específico	1
ω	Velocidad Angular	rad/s
ρ	Densidad	$\frac{Kg}{m^3}$

Subíndices

Subíndice	Término
n	Número de armónico

Superíndices

Superíndice	Término
n	Exponente, potencia

Abreviaturas

Abreviaturas	Término
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación

Introducción

El Diccionario Harvard de la Música [1, pp. 11-18], define el sonido de dos formas: física y fisiológicamente. Desde el punto de vista físico es una energía vibratoria que produce ondas sonoras y desde el fisiológico es la sensación producida en el cerebro humano.

Para este trabajo se diseñó una herramienta didáctica interactiva basada en las características del acordeón. Para ello se han tomado en cuenta investigaciones como las de Campanario y Moya [2], que afirman que una metodología que funciona en la enseñanza de las ciencias es aplicar estrategias propias del contexto cotidiano del educando, es decir, aplicar el tema que se quiere enseñar a entornos en los cuales los estudiantes se sientan familiarizados, y sabiendo que la música vallenata tiene una gran aceptación entre los estudiantes de Valledupar, surge la idea de utilizar el principal instrumento que caracteriza al vallenato como referencia para el diseño y construcción de una herramienta tecnológica interactiva para enseñar acústica.

De manera más específica, en Francisco Javier Perales Palacio [3] se afirma que los temas relacionados con el sonido se deben enseñar de manera interdisciplinar, integrando materias tales como la física, la fisiología, la lengua, la música, entre otras. Esta investigación resulta de interés, debido a que resalta la importancia de enseñar acústica en los estudiantes de la básica secundaria y media, además de utilizar estrategias diferentes a las clases tradicionales, logrando mejores resultados.

Se elaboran una serie de guías que permitan aplicar la herramienta didáctica interactiva diseñada para la enseñanza de las cualidades del sonido y su relación con las magnitudes físicas.

La herramienta diseñada permite el uso de las TIC en la enseñanza de la física, permitiendo graficar las ondas sonoras, para que los estudiantes puedan determinar su longitud de onda y de esta manera calcular la frecuencia de la misma.

Por otro lado, este trabajo está estructurado en siete (7) capítulos organizado de la siguiente manera:

En el capítulo uno se señala el planteamiento del problema.

En el capítulo dos se plantean los objetivos propuestos, tanto el general como los específicos.

En el capítulo tres se organiza el marco teórico adecuado para la elaboración de este trabajo final, donde se establecen cuatro aspectos importantes, lo referente a la acústica, el acordeón, la definición de software y las bases pedagógicas para el uso de las herramientas TIC en la enseñanza.

En el cuarto capítulo se muestran los aspectos metodológicos, tanto en el desarrollo de la herramienta interactiva, como en la estructura de la secuencia didáctica.

En el capítulo cinco se muestran los resultados de la implementación de la secuencia didáctica con el uso de la herramienta diseñada, además de realizar una validación mediante ganancia de Hake.

En el capítulo seis se estructuran las conclusiones y recomendaciones arrojadas del análisis de los resultados

Finalmente, en el capítulo siete se muestra la bibliografía. Por otro lado, se incluyen algunos anexos importantes.

1. Planteamiento del Problema: El sonido un tema que ya no se enseña en la básica secundaria y media.

La enseñanza del Sonido en la básica secundaria y media ha sido un tema poco investigado desde la literatura consultada hasta el momento, debido a diferentes factores, entre los que se destacan que muchos docentes de física no cuentan con el tiempo necesario para desarrollar toda la temática contemplada en sus estructuras curriculares, tal como lo contempla Roig, J. [4, pp. 54-56.] En su escrito titulado “El Sonido Un tema Olvidado” donde intenta dar una explicación de las diferentes razones por las cuales los docentes de bachillerato no incluyen el sonido en su práctica pedagógica y dejan la exclusividad de su enseñanza a niveles superiores o aquellos que, si lo desarrollan, simplemente lo hacen a la ligera sin darle la profundidad requerida.

Sin embargo, en la actualidad se puede observar como los estudiantes utilizan instrumentos sonoros que emplean fenómenos acústicos sin comprender su estructura física, esto no es lo ideal, ya que a medida que la tecnología se vale cada vez más de la acústica, su enseñanza se limita en las aulas. Con el avance de la tecnología, el estudio de la acústica se hace más imperativo.

Por otro lado, la Institución Educativa Leonidas Acuña de Valledupar, es un colegio que desde el horizonte institucional pretende formar estudiantes críticos, reflexivos, analíticos, investigadores, capaces de resolver problemas de la cotidianidad, líderes propositivos, interesados por las nuevas y cambiantes tecnologías que han revolucionado el mundo de la información y comunicación con una visión global de su entorno desarrollando las destrezas básicas en la utilización de la tecnología como herramienta para el manejo de información en el desarrollo de su calidad de vida, desarrollo personal, carrera y desempeño laboral y social, el cual ha sido pionero en la región en la implementación de

la jornada única escolar, donde se ha fortalecido la enseñanza de las ciencias, ampliando las horas correspondientes a las asignaturas de la misma, tal como la física, la química y el cuidado del medio ambiente, ente otras, lo que ha permitido desarrollar una programación más completa que los otros colegios de la ciudad de Valledupar.

Pese a esto, los resultados de los estudiantes tanto en las pruebas internas como externas muestran un bajo rendimiento en Física, lo que requiere de aplicación de nuevas estrategias de enseñanza que permitan obtener mejor aceptación por parte de los estudiantes y de esta manera aprovechar la ampliación de la intensidad horaria de la asignatura.

Es por eso que surge el interrogante: *¿Qué características debe tener una herramienta didáctica tipo interactivo, basada en las características internas de un acordeón que permita favorecer el aprendizaje de los conceptos fundamentales de la Acústica en los estudiantes del grado undécimo?*

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Desarrollar una herramienta tecnológica didáctica interactiva, para la enseñanza de los conceptos de la acústica usando como instrumento fundamental el acordeón.

2.2. Objetivos Específicos

1. Identificar los conocimientos previos de los estudiantes con respecto a los fundamentos de la acústica, específicamente con respecto a las cualidades del sonido.
2. Diseñar una herramienta tecnológica didáctica interactiva para la enseñanza las características del sonido como tono, timbre e intensidad usando como instrumento fundamental el acordeón.
3. Desarrollar el software necesario para la construcción de la herramienta tecnológica didáctica interactiva a ser utilizada para la enseñanza de los fenómenos fundamentales de la acústica utilizando como instrumento fundamental el acordeón.
4. Utilizar el software desarrollado como herramienta didáctica para enseñar las características del sonido con los estudiantes del grado once del Colegio Leonidas Acuña de la Ciudad de Valledupar.
5. Validar la estrategia implementada por medio de la comparación entre las pruebas de entrada y de salida con los grupos control y grupo piloto utilizando la ganancia de Hake y realizar los ajustes pertinentes a la misma.

3. Marco Teórico

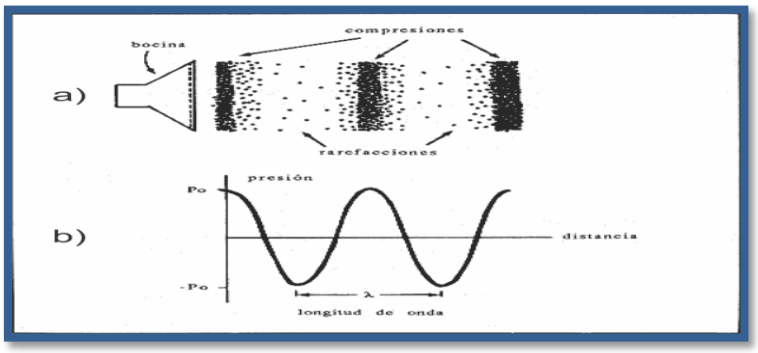
3.1. Acústica

En Martín Domingo [5, p. 1], se defina la Acústica como la rama de la Física que estudia la producción, transmisión, almacenamiento, percepción y reproducción del sonido. El sonido consiste en una variación en la presión de un medio elástico, como el aire o el agua, que se propaga a través de la materia, bien sea en estado gaseoso, líquido o sólido, en pequeñas fluctuaciones rápidas llamadas ondas sonoras.

3.1.2. El Sonido

Las *ondas sonoras* viajan a través de cualquier medio material con una rapidez que depende de las propiedades del medio. A medida que las ondas sonoras viajan a través del aire, los elementos del aire vibran para producir cambios en densidad y presión a lo largo de la dirección del movimiento de la onda. Si la fuente de las ondas sonoras vibra sinusoidalmente, las variaciones de presión también son sinusoidales. [6]

Figura 3-1. a) Compresiones y rarefacciones de una onda sonora en el aire. b) Variación senoidal de la presión en función del tiempo.



Fuente: Extraída el 28 de febrero de 2016 del sitio web:
http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/37/htm/sec_9.htm.

3.1.2.1. Características de las Ondas Sonoras

Una onda sonora que se propaga sólo en la dirección $+x$, se describe con una función de onda $y(x,t)$, que da el desplazamiento instantáneo y de una partícula en el medio, en la posición $x\,y$ en el instante t. Si la onda es senoidal, se puede expresar mediante la ecuación (3 - 1) [7]

$$\boldsymbol{y\,(\,x,t) = A\,cos\;\;(kx - \omega t)} \qquad \textbf{(3-1)}$$

Donde A es el máximo desplazamiento de una partícula del medio con respecto a su posición de equilibrio. Por lo tanto, A también se conoce como amplitud de desplazamiento, k es el número de onda, el cual indica el número de oscilaciones en el espacio, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, ω es la velocidad angular, quien establece una relación entre el desplazamiento angular en un intervalo de tiempo, indicando que tan rápido se presentan las oscilaciones:

$$\boldsymbol{\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}}. \qquad \textbf{(3-2)}$$

La ecuación (3 - 1) se puede expresar en términos de λ y f, para que sea una onda sonora y esta quedaría de la siguiente manera:

$$y\,(\,x,t) = A\cos 2\pi\;\;(\frac{x}{\lambda} - ft) \qquad \textbf{(3-3)}$$

Las características físicas de una onda sonora tienen una relación directa con la percepción de ese sonido por un receptor. A una frecuencia dada, cuanto mayor sea la amplitud de presión de una onda sonora senoidal, mayor será la intensidad del sonido, es decir, mayor será el volumen percibido.

En Pérez y Zamanillo [8] se establece que Cualquier sonido puede percibirse mediante tres características perceptuales: Tono, intensidad y timbre, las cuales están relacionadas con tres magnitudes físicas: Frecuencia, amplitud y forma de onda.

3.1.2.1.1. Tono

Cuando el sonido es producido por procesos físicos, tal como la vibración del aire al interior de un instrumento de viento, su característica fundamental es la "elevación" o "altura", o el número de veces que vibra el aire por segundo, es decir, la frecuencia. La frecuencia se mide en Hertz (Hz) o número de oscilaciones o ciclos por segundo. A mayor frecuencia, más aguda o "alto" será el sonido emitido.

Por otro lado, la frecuencia de un sonido, es una definición física cuantitativa, que se puede medir con dispositivos sin una referencia auditiva. La percepción puede ser diferente en distintas situaciones, así para una frecuencia específica no siempre se tendrá la misma elevación.

El oído humano es capaz de percibir sonidos entre los 20 y los 20.000 Hz (20 KHz).

Tabla 3-1. Escalas de frecuencias que determinan los tonos.

20 a 500 Hz	Tonos graves
500Hz a 2 KHz	Tonos medios
2 KHz a 20 KHz	Tonos agudos

Fuente: [9]

La frecuencia de las vibraciones de instrumentos de un mismo tipo es proporcional a sus dimensiones lineales. Por ejemplo, en los tubos sonoros es inversamente proporcional a su longitud L.

La amplitud de presión también ayuda a determinar el tono. Cuando un receptor compara dos ondas sonoras senoidales con la misma frecuencia, pero diferente amplitud de presión, aquella con mayor amplitud suele percibirse como más fuerte pero también un poco más grave. [7]

3.1.2.1.2. Intensidad

En Giancoli [10], se define la Intensidad como la energía transportada por una onda por unidad de tiempo a través de una unidad de área perpendicular al flujo de energía.

$$\boldsymbol{I} = \frac{\boldsymbol{E}/\boldsymbol{t}}{\boldsymbol{S}} \tag{3-4}$$

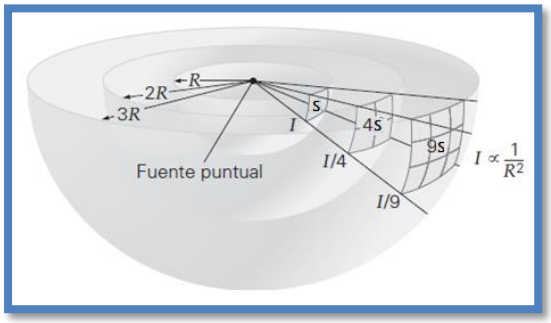
Donde E es la energía transportada y S es el área:

$$\boldsymbol{P} = \boldsymbol{E}/\boldsymbol{t} \tag{3-5}$$

Donde P es la potencia promedio transferida (tasa promedio de la energía por la onda), teniendo en cuenta que la onda sonora es una onda tridimensional, la fuente se considera puntual y la onda se propaga en todas las direcciones alejándose de la fuente en forma de onda esférica, por lo tanto el área superficial corresponde al de una esfera de radio *r:* $4\pi r^2$ [10].

$$\boldsymbol{I} = \frac{\boldsymbol{P}}{\boldsymbol{4\pi r^2}} \tag{3-6}$$

Figura 3-2. Intensidad de una onda sonora producida por una fuente puntual.



Fuente: Imagen tomada de, **[11]**

En la figura 3 -2 se muestra como la energía emitida por una fuente puntual se dispersa igualmente en todas direcciones. Y debido a que la intensidad depende de la potencia de la fuente y el área donde se propaga la onda y es la de una superficie esférica. Como se observa, la intensidad decrece con la distancia desde la fuente según $1/R^2$, indicando que la intensidad de una fuente puntual que emite un sonido es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia desde la fuente.

La intensidad de un sonido emitido por una fuente en un mismo medio de propagación también dependerá de la amplitud de la onda sonora, permitiendo que se puedan clasificar

en sonidos fuertes con intensidad alta si la amplitud es grande y débiles con intensidad baja si la amplitud es reducida.

La intensidad más débil captada por el oído humano es de 10^{-12} watts/m^2 (para una frecuencia de 1000Hz), también conocida como umbral de audición, el cual representa la intensidad mínima para que un sonido sea audible [12]. Los sonidos fuertes que el oído tolera a la misma frecuencia (1000Hz) corresponde a una intensidad de aproximadamente 1 watts/m^2, el cual se denomina umbral del dolor.

Considerando una onda sinusoidal, de frecuencia, cuyas partículas se mueven con Movimiento Armónico Simple, MAS cuando pasa una onda, de manera que cada partícula tiene una energía:

$$\boldsymbol{E = \frac{1}{2}kA^2} \tag{3-7}$$

Donde A es la amplitud de su movimiento y k es la constante de elasticidad, la velocidad máxima alcanzada por dicha partícula está dada por la expresión:

$$\boldsymbol{v_{máx} = 2\pi f A} \tag{3-8}$$

Cuando una partícula adquiere esta velocidad es porque en ese instante está pasando por su posición de equilibrio, en donde toda la energía total de la partícula es cinética:

$$\boldsymbol{E = \frac{1}{2}m{v_{máx}}^2 = \frac{1}{2}m(2\pi f A)^2 = 2\pi^2 m f^2 A^2} \tag{3-9}$$

Considerando una pequeña porción del medio en el que se propaga la onda, de volumen V, la masa se puede determinar por $m = \rho V$, donde ρ es la densidad del medio. El volumen $V = Sl$, donde S es el área de la superficie transversal a través de la que viaja la onda, l representa la distancia que recorre la onda en un tiempo t, teniendo en cuenta que $l = vt$. Por lo tanto:

$$m = \rho V = \rho S l = \rho S v t$$

Luego:

$$\boldsymbol{E = 2\pi^2 m f^2 A^2 = 2\pi^2 \rho S v t f^2 A^2} \tag{3-10}$$

Se observa que la energía transportada es directamente proporcional al cuadrado de la amplitud.

Como la potencia transportada, se define como la energía por unidad de tiempo se tiene:

$$\boldsymbol{P = \frac{E}{t} = 2\pi^2 \rho S v f^2 A^2} \tag{3-11}$$

Como la intensidad de la onda es la potencia transportada a través de una unidad de área perpendicular a la dirección del flujo de energía:

$$\boldsymbol{I = \frac{P}{S} = 2\pi^2 \rho v f^2 A^2} \tag{3-12}$$

Esta expresión indica que la intensidad de una onda es proporcional al cuadrado de la amplitud A de la onda en cualquier punto. [13]

$$\boldsymbol{I = \frac{P}{S} = K \cdot A^2} \tag{3-13}$$

Donde $\boldsymbol{K} = 2\pi^2 \rho v f^2$. En 1825 el fisiólogo alemán Ernst Heinrich Weber estableció una ley matemática que relaciona las respuestas humanas a diversos estímulos físicos, tales como el dolor percibido en respuesta a una presión física, la percepción del brillo causada por una fuente de luz o la percepción de la intensidad del sonido [14]. Dicha ley establece que la sensación percibida es proporcional a la variación relativa del estímulo.

$$\boldsymbol{\Delta s \sim \frac{dp}{p} = k \frac{dp}{p}} \tag{3-14}$$

Para el caso de la intensidad del sonido, la medida del estímulo ($\boldsymbol{p}$), como la intensidad del sonido ($\boldsymbol{I}$), y la sensación, como la percepción auditiva.

$$\boldsymbol{ds = k \frac{dI}{I}} \tag{3-15}$$

Considerando que la variación corresponde a una variación infinitesimal, y que para percibir un sonido (s_o) es necesario que éste supere un valor de intensidad denominada intensidad umbral, e integrando:

$$\int_{s_o}^{s} \boldsymbol{ds} = \int_{I_o}^{I} \boldsymbol{k}\frac{\boldsymbol{dI}}{\boldsymbol{I}} \tag{3-16}$$

$$s - s_o = kln\frac{I}{I_o}$$

Asumiendo la constante $\boldsymbol{k}$, como el factor de conversión del logaritmo neperiano en el logaritmo decimal:

$$\boldsymbol{s - s_o = log\frac{I}{I_o}} \tag{3-17}$$

$$s - s_o = log10 = 1\beta$$

La sensación fisiológica o nivel de intensidad sonora que se produce en el tímpano se mide en decibelios, dB. El cual oscila en 0 dB (umbral de audición) y 120 dB (umbral del dolor). Debido al amplio rango de valores de sonoridad, los niveles de intensidad se especifican en una escala logarítmica, por lo tanto el nivel sonoro β se define como:

$$\boldsymbol{\beta = 10log\left(\frac{I}{I_o}\right)} \tag{3-18}$$

Donde I_o es la intensidad del nivel de referencia seleccionado, regularmente corresponde al del umbral mínimo de audición, I es la intensidad medida en $watts/m^2$ a la que corresponde el nivel sonoro β [15].

La tabla siguiente compara los valores aproximados de distintos sonidos medidos en decibeles y watts.

Tabla 3-2. Valores aproximados de distintos sonidos medidos en decibeles y Watts

Db	Watts	Ejemplo
195	25 a 40 millones	Cohete de Saturno
170	100.000	Jet
160	10.000	Disparo de arma de fuego
150	1.000	
140	100	
130	10	Orquesta de 75 instrumentos en *fortissimo*

120	1	Martillo neumático grande
110	0,1	Remachadora
100	0,01	Automóvil de carrera
90	0,001	Tren subterráneo
80	0,0001	Tráfico pesado
70	0,00001	Canto
60	0,000001	Una tienda grande
50	0,0000001	Conversación normal
40	0,00000001	Canto de pájaros
30	0,000000001	
20	0,0000000001	Conversación en voz baja
10	0,00000000001	Ruido de hojas
0	0,000000000001	Estudio de grabación en silencio

Umbral de intensidad peligrosa

Fuente: Tomado de [9].

3.1.2.1.3. Timbre

Esta cualidad es la que completa las posibilidades de variedades del sonido desde el punto de vista acústico, debido a que es la cualidad que permite distinguir los sonidos producidos por los diferentes instrumentos. Es decir, el timbre o forma de onda es la característica que permitirá distinguir una nota de la misma frecuencia e intensidad producida por instrumentos diferentes. [15]

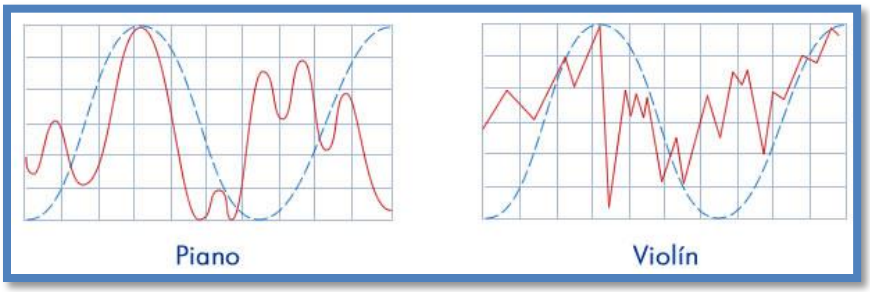
La forma de onda viene determinada por los armónicos, que son una serie de vibraciones subsidiarias que acompañan a una vibración primaria o fundamental del movimiento ondulatorio (especialmente en los instrumentos musicales).

Normalmente, al hacer vibrar un cuerpo, no se obtienen sonidos puros, sino uno compuesto de sonidos de diferentes frecuencias. A estos se les llama armónicos. La frecuencia de los armónicos, siempre es un múltiplo de la frecuencia más baja llamada frecuencia fundamental o primer armónico. A medida que las frecuencias son más altas, los segmentos en vibración son más cortos y los tonos musicales están más próximos los unos de los otros.

Si se toca el "*La*" situado sobre el "*Do*" central en un violín, un piano y un diapasón, con la misma intensidad en los tres casos, los sonidos son idénticos en frecuencia y amplitud, pero muy diferentes en timbre. De las tres fuentes, el diapasón es el que produce el tono más sencillo, que en este caso está formado casi exclusivamente por vibraciones con frecuencias de 440 Hz. Debido a las propiedades acústicas del oído y las propiedades de resonancia de su membrana vibrante, es dudoso que un tono puro llegue al mecanismo interno del oído sin sufrir cambios. La componente principal de la nota producida por el piano o el violín también tiene una frecuencia de 440 Hz.

Sin embargo, esas notas también contienen componentes con frecuencias que son múltiplos exactos de 440 Hz, los llamados tonos secundarios, como 880, 1.320 o 1.760 Hz. Las intensidades concretas de esas otras componentes, los llamados armónicos, determinan el timbre de la nota.

Figura 3-3. Timbre de dos Instrumentos musicales con igual Intensidad.



Fuente: Extraído el 24 de Febrero de 2016 de http://slideplayer.es/

3.2. Velocidad del sonido

La velocidad de las ondas sonoras en un medio depende de la compresibilidad y la densidad del medio; si éste es un líquido o un gas y tiene un módulo volumétrico B y densidad ρ, la rapidez de las ondas sonoras está dada por:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \tag{3-19}$$

Donde B es el módulo de compresibilidad en $\frac{N}{m^2}$ y ρ la densidad en $\frac{Kg}{m^3}$, del medio de propagación.

Para ondas sonoras longitudinales en una barra sólida de material, por ejemplo, la rapidez del sonido depende del módulo de Young Y y de la densidad ρ. Teniendo en cuenta el material, la velocidad del sonido varía, tal como se observa en la tabla 3-3.

Tabla 3-3. Rapidez del sonido en diferentes medios.

Rapidez del sonido en diferentes medios[2]					
Medio	$v\ (m/s)$	***Medio***	$v\ (m/s)$	***Medio***	$v\ (m/s)$
Gases		***Líquidos***		***Sólidos***	
Hidrógeno (0ºC)	1286	Glicerol	1904	Vidrio Pyrex	5640
Helio (0ºC)	972	Agua de mar	1533	Hierro	5950
Aire (20ºC)	343	Agua	1493	Aluminio	6420
Aire (0ºC)	331	Mercurio	1450	Latón	4700
Oxígeno (0ºC)	317	Queroseno	1324	Cobre	5010
		Alcohol Metílico	1143	Oro	3240
		Tetracloruro de Carbono	926	Lucita	2680
				Caucho	1600

Fuente: [6]

Por otro lado, La velocidad del sonido también depende de la temperatura del medio. En el caso en el que se considere que propagación del sonido en un gas es un proceso adiabático, ya que no hay transferencia de energía térmica, por lo que la ecuación de equilibrio de un gas bajo una transformación adiabática es:

$$pV^{\gamma} = cte \tag{3-20}$$

Al derivar se obtiene que:

[2] Estos valores son para propagación de ondas longitudinales en medios volumétricos. Las magnitudes de velocidad para ondas longitudinales en barras delgadas son menores y las de magnitudes de ondas transversales en volumen son aún más pequeñas.

$$\frac{dp}{p} + \gamma \frac{dV}{V} = 0 \tag{3-21}$$

Donde γ es el cociente de calores específicos a presión y volumen constante $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$.

Despejando se obtiene:

$$\frac{dp}{p} = -\gamma \frac{dV}{V}$$

(3-22)

$$K = -V \frac{dp}{dV} = \gamma p$$

Considerando K la compresibilidad del gas, por otro lado se tiene que la velocidad del sonido es:

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{\gamma p V}{m}} = \sqrt{\frac{\gamma n R T}{m}}$$

(3-23)

$$v = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M}}$$

Donde m es la masa del gas en movimiento, T su temperatura absoluta, n el número de moles, R la constante de los gases y M la masa molecular de gas. [16].

Al analizar la ecuación 3-23 se observa que la velocidad del sonido es directamente proporcional a la temperatura del gas e inversamente a la masa molecular del mismo.

En cuanto a la relación entre la rapidez de la onda y la temperatura del aire, para sonido que viaja a través de él, está dada por:

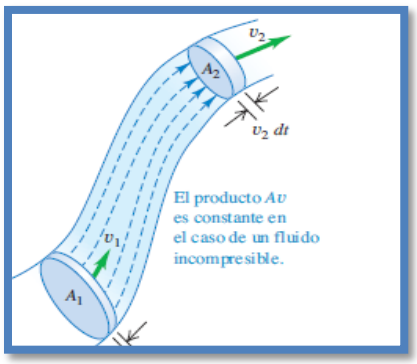
$$v = (331\ {}^{m}/_{s})\sqrt{1 + \frac{T_c}{273^{\circ}C}} \tag{3-24}$$

Donde $331\ m/s$ es la rapidez del sonido en aire a $0°C$ y T_c es la temperatura del aire en grados Celsius. Al utilizar la ecuación 2-16, se puede calcular que a $20°C$, la velocidad del sonido es aproximadamente $343\ m/s$.

Al establecer que el aire es un fluido, se puede determinar la velocidad del sonido en el aire en función del área donde por donde viaja, debido a que relación de flujo (flujo volumétrico) a través de un tubo (tubo sonoro) que varía en el área de sección transversal es constante; esto es equivalente a afirmar que el producto del área transversal A y la velocidad v en cualquier punto es una constante. Este resultado se expresa en la ecuación de continuidad para fluidos [6]:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = Constante \tag{3-25}$$

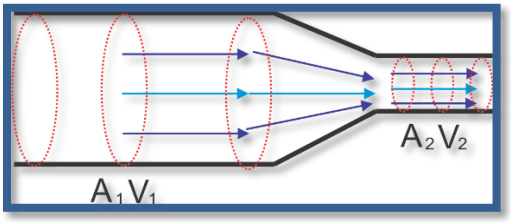
Figura 3-4. Tubo de flujo con área de sección transversal cambiante



Fuente: Extraído de [7, p. 467].

La ecuación anterior establece que el producto del área y la velocidad del fluido en todos los puntos a lo largo de una tubería es constante para un fluido incompresible, (aire). Además se puede observar que existe una relación de proporcionalidad inversa, ya que la velocidad es mayor donde el tubo es más angosto (A es pequeña) y menor done el tubo es ancho (A grande). El producto Av, que tiene las dimensiones de *volumen por unidad de tiempo*, se llama flujo volumétrico o relación de flujo.

Figura 3-5 . Representación del aire como fluido en un tubo sonoro de sección cambiante.



Fuente: Diseño María Antonia Díaz (2016).

Ahora bien, sabiendo que el aire es un fluido incomprensible, se puede establecer la relación entre la velocidad y la presión, mediante la ecuación de Bernoulli en términos de presiones, ya que esta relaciona la presión, la rapidez de flujo y la altura para el flujo del fluido.

$$P_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \qquad (3\text{-}26)$$

Los subíndices 1 y 2 se refieren a dos puntos cualesquiera del tubo de flujo, así que también se puede escribir de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{P + \rho g y + \frac{1}{2}\rho v^2 = Constante} \qquad (3\text{-}27)$$

Donde:

v = Velocidad del fluido

P = Presión a lo largo de la línea de corriente

ρ = densidad del fluido (en el caso del sonido, densidad del aire)

g = aceleración de la gravedad

y = altura en dirección de la gravedad.

La ecuación de Bernoulli, se puede considerar como una apropiada declaración del principio *de la conservación de la energía*, para el flujo de fluidos. El comportamiento cualitativo que normalmente se evoca con el término "efecto de Bernoulli", es el descenso de la presión del líquido en las regiones donde la velocidad del flujo es mayor. Este descenso de presión por un estrechamiento de una vía de flujo puede parecer contradictorio, pero no tanto cuando se considera la presión como una densidad de

energía. En el flujo de alta velocidad a través de un estrechamiento, se debe incrementar la energía cinética, a expensas de la energía de presión.

3.2.1. Tubos sonoros

Para Zagalaz, [17] los tubos sonoros son aquellos que contienen una columna gaseosa (columna de aire) capaz de producir sonido al ser convenientemente excitada. El cuerpo sonoro es la columna gaseosa, y no el tubo que la contiene; en efecto, éste tiene la importante función de definir la forma de aquel, pero fuera de esto, influye relativamente poco sobre los fenómenos sonoros.
Serway [6] establece que un tubo sonoro consiste básicamente en un tubo metálico, o de madera que contiene un gas que ordinariamente es aire, en el cual se produce una vibración por algún procedimiento mecánico.

Los tubos sonoros pueden ser ***cerrados***, es decir, que poseen una sola abertura y tubos ***abiertos***, que poseen dos o más.

Los Instrumentos musicales de viento son tubos en los cuales la columna de aire que vibra es excitada por diferentes medios, tales como:

- Una corriente o un soplo de aire (flauta, tubo de órgano, …)
- Las vibraciones de los labios del músico (Trompeta, Trombón, …)
- Las vibraciones de una lengüeta (acordeón, armónico, clarinete, …)

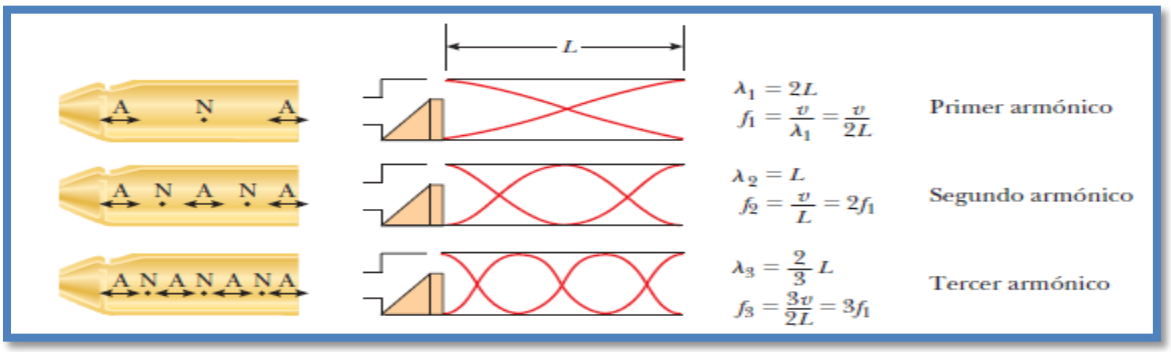
Las columnas de aire contenidas en los tubos sonoros se comportan, desde ciertos puntos de vista, como cuerdas musicales, por lo tanto, las columnas de aire vibrantes poseen nodos, o sea puntos donde la vibración es nula, y vientres, equidistantes de los anteriores, donde la vibración alcanza su máxima amplitud.

La vibración de las columnas de aire es longitudinal; los nodos serán, por tanto, puntos de condensación y los vientres puntos de dilatación o rarefacción; en los extremos cerrados siempre se producen nodos y en los extremos abiertos generalmente se producen vientres. El punto de excitación no puede ser un nodo, pero no necesita ser un vientre, pudiendo estar en un punto intermedio. No es necesario que las aberturas de un tubo coincidan con

los extremos, pudiendo éstos estar cerrados y haber una o más aberturas en otras partes del tubo (la gaita).

Una columna de aire puede vibrar con toda su longitud o dividida en segmentos iguales lo mismo que las cuerdas; en el primer caso se obtiene el sonido llamado fundamental, y en los otros los armónicos: segundo, si la columna vibra dividida en mitades; tercero, si vibra en tercios, entre otros.

Figura 3-6. Movimiento de elementos de aire en ondas longitudinales estacionarias en un tubo Abierto en ambos extremos, junto a la representación esquemática de las ondas.



Fuente: Extraído de [15]

Para los tubos abiertos, el primer armónico, está dado por la ecuación:

$$\lambda_1 = 2L \text{ , Donde:}$$

(3-28)

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2L}$$

Mientras que para el segundo armónico la ecuación es la siguiente:

$$\lambda_2 = L \text{ , Donde:}$$

(3-29)

$$f_2 = \frac{v}{L} = 2f_1$$

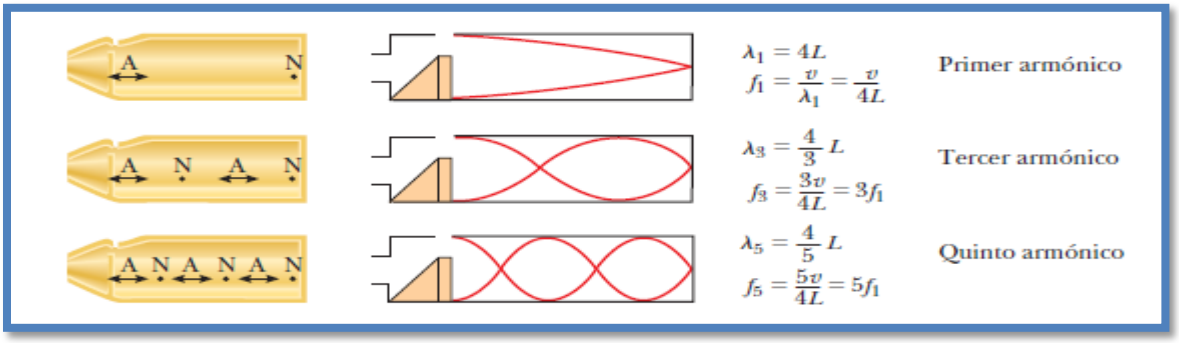
De esta manera se puede establecer que la frecuencia está dada por:

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

(3-30)

Con $n = 1, 2, 3, 4, 5 \ldots$

Figura 3-7. Movimiento de elementos de aire en ondas longitudinales estacionarias en un tubo cerrado en un extremo, junto a la representación esquemática de las ondas.



Fuente: Extraído de [15]

Para los tubos cerrados, el primer armónico, está dado por la ecuación:

$$\lambda_1 = 4L \text{ , Donde:}$$

(3-31)

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{4L}$$

Mientras que para el tercer armónico la ecuación es la siguiente:

$$\lambda_3 = \frac{4}{3} L \text{ , Donde:}$$

(3-32)

$$f_3 = \frac{3v}{4L} = 3f_1$$

De esta manera se puede establecer que la frecuencia está dada por:

$$f_n = (n)\frac{v}{4L} \qquad \text{(3-33)}$$

Con $n = 1, 2, 3, 4, 5 \ldots$

Al analizar las ecuaciones 3-30 y 3- 33 se puede observar que la frecuencia tiene una relación inversa con la longitud del tubo sonoro, es decir a mayor longitud, menor frecuencia.

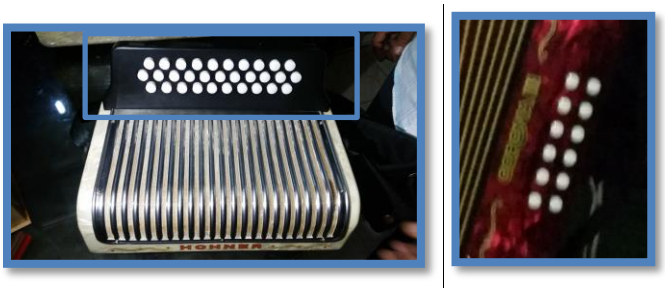
3.3. Acordeón

3.3.1. Descripción del Acordeón Vallenato

El acordeón usado para interpretar la música vallenata se le llama acordeón diatónico a botones o melodeón, es un acordeón que se diferencia del cromático porque su estructura musical depende de escalas mayores, y porque sus teclas (comúnmente llamadas botones) son redondas.

Este acordeón está estructurado de la siguiente manera, en un lado, se encuentran los bajos y acordes que usualmente se usan para acompañar la música o melodía que se interpreta, y en el otro lado el diapasón[3]. Los acordeones diatónicos los hay de uno dos y tres líneas. Una línea tiene 10 u 11 botones, y por línea existen 4 botones de bajo. A diferencia del acordeón cromático[4], la nota del mismo botón (tecla redonda) en un diatónico cambia dependiendo si el aire sale o entra. Es decir, si se cierra el fuelle o se abre.

Figura 3-8. Pitos del Acordeón



Fuente: Foto tomada por María Antonia Díaz (2016)

Del número de escalas que maneja dependerá el número de "líneas" en el diapasón del acordeón. El acordeón que se utiliza profesionalmente para el vallenato es de tres líneas, es decir, tiene 31 botones en la lira, y 12 en el lado de los bajos. El acordeón diatónico de 3 líneas se aventaja de sus antecesores (el de 1 y 2) por posibilitar 2 tonos menores principales.

---

[3] Esta parte del acordeón vallenato es también conocido como lira.
[4] A este acordeón también se le conoce como acordeón piano.

Para propósitos musicales a menudo se les cambian los tonos a estos acordeones manteniendo los mismos intervalos y relaciones armónicas de su fabricación entre las cuales algunas son:

- GC (Sol Do)
- CF (Do Fa)
- ADG (La Re Sol
- GCF (Sol Do Fa)
- BbEbAb (Sib Mib Lab) (BEsAs en el dialecto alemán) Alias Cinco-letras

El acordeón usado para la elaboración de la herramienta fue la (Sib Mib Lab)

Por otro lado, las partes del acordeón vallenato son las siguientes:

El fuelle, que es un dispositivo mecánico cuya función es la de contener aire en forma de acordeón que va en la mitad de las dos cajas musicales.

Figura 3-9. Fuelle del Acordeón.

Fuente: Foto tomada por María Antonia Díaz (2016)

Es el principal responsable del control del sonido en el acordeón, pues el aire que mueve las lengüetas es proporcionado por un fuelle que es maniobrado y controlado por el intérprete mediante el movimiento de su antebrazo izquierdo.
El aire del fuelle puede ser una sobrepresión o un vacío, dependiendo si está cerrado (comprimido) o abierto (expandido).

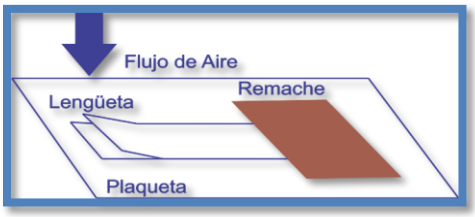
Los fuelles son elaborados de una pasta especial de cartón recubierta de tela. Los lados externos tienen unos pliegues pegados en caliente con un pegamento especial, estando las esquinas reforzadas con unas protecciones cromadas, llamadas cantoneras.

Y las lengüetas, (Ver figura 3 – 10). Que son los elementos que producen el sonido en el acordeón, al ser estimuladas por el flujo de aire inducido por el fuelle (Ver figura 3 – 11), es una lámina de caña o de metal fijada por una extremidad y que vibra por la otra debido al efecto del aire. Estas oscilaciones de la lengüeta producen el sonido. Se componen de, una plaqueta metálica elaborada casi siempre en duraluminio (una aleación de aluminio, cobre, magnesio) y las lengüetas de acero templado, la cual tiene como misión soportar la lengüeta, de modo que hay un gran número de plaquetas dentro de cada acordeón. Como el aluminio tiene una densidad másica baja ($2.7\ kg/m^3$), el peso del acordeón es menor usando aluminio que empleando otros metales. [18]

Figura 3-10 Lengüetas en un acordeón Vallenato

Fuente: Foto tomada por María Antonia Díaz (2016)

Figura 3-11. Lengüeta libre "batiente hacia adentro" sobre su plaqueta.



Fuente: Diseño María Antonia Díaz (2016)

Las propias lengüetas elaboradas en acero, el acero templado tiene características especiales concernientes a rigidez y ductilidad, al hacer la lengüeta, el acero se corta y se pule usando una técnica especial que evita su recalentamiento.

3.3.2. Descripción fenomenológica de la producción del Sonido en el acordeón.

El principio para que el acordeón produzca sonido se llama “principio de lengüeta libre”, que se da cuando la lengüeta se mueve libremente en el aire, gracias a su propia elasticidad y no rebota contra ningún tipo de soporte.

La lengüeta se fija por una de sus extremidades (la base) remachada sobre una placa de aluminio (chasis) donde se ha dejado una abertura (la ventana) para permitir la libre oscilación de la lámina. En el interior de la ventana, bajo la presión del aire que proviene del fuelle, la lengüeta se desplaza de una parte a otra de su eje, produciendo un número de vibraciones que dan origen al sonido.

La lengüeta debe ajustar al máximo con la medida del marco de la ventana para evitar la posible fuga de aire al comenzar la vibración, pero sin llegar a rozar con sus paredes. Así mismo, el nivel del extremo libre (la cabeza) de esta lengüeta debe estar situado ligeramente más alto que el nivel de la superficie de fijación de la ventana, para que al comenzar a pasar el aire arrastre la lámina hacia el interior, obturando parcialmente el paso, y vuelva hacia su posición primitiva por su propia elasticidad.

Por otro lado, en Llanos y otros [19] se establece que en cuanto a la sonoridad, en el acordeón, el fuelle es el principal responsable, ya que este hace que el aire pase a través de las lengüetas. Cuando se aumenta o disminuye la presión sobre el fuelle, el sonido se hace gradualmente más fuerte o débil: al suministrar el fuelle aire, el extremo libre de la lengüeta vibra a través de la abertura sobre la plaqueta; la lengüeta no vibra con mayor frecuencia cuando se le aplica más presión, pero su oscilación es más amplia, dando origen a un volumen sonoro mayor. En todo caso, el fuelle no es el único que interviene en la sonoridad, también puede variar modificando la profundidad de la pulsación.

Mientras que la altura de cualquier nota está determinada por la frecuencia de la lengüeta correspondiente. Las lengüetas producen los sonidos del acordeón y son la parte más importante de la calidad del mismo. Este tipo de lengüetas vibran sobre una abertura que está cortada exactamente con el mismo tamaño que la propia lengüeta, de modo que puede moverse arriba y abajo sobre la abertura sin ser detenida por sus bordes. Se acepta

la aproximación de que la lengüeta es una delgada barra fija en un extremo y libre en el otro.

Al doblarse una barra de sección rectangular, las frecuencias (en Hertzios) de los modos normales de la vibración están dadas por: [19]

$$\boldsymbol{f_1} = 1{,}194^2 \times \frac{\pi - \frac{h}{\sqrt{12}}\sqrt{\frac{Y}{\rho}}}{8L^2}$$
$$\boldsymbol{f_2} = 2{,}988^2 \times f_1$$
$$\boldsymbol{f_3} = 5^2 \times f_1$$
$$\boldsymbol{f_4} = \boldsymbol{7^2} \times \boldsymbol{f_1} \qquad (3\text{-}34)$$

Donde

L: Longitud
h: el Grosor
Y: el módulo de Young (medida de elasticidad del material)
ρ: la densidad del material

La longitud y grosor de la lengüeta van a determinar la frecuencia en la que esta vibra, cuanto más larga y delgada es la lengüeta, menor es la frecuencia y, por lo tanto, la altura.

Cuando la lengüeta es sometida al flujo de aire que proporciona el fuelle, y al tener poco amortiguamiento, va a vibrar a una frecuencia justo por debajo de la resonancia más baja dada por la serie de frecuencias para una barra fija – libre y esa frecuencia de resonancia es quién va a dar la sensación de altura de la lengüeta.

Por otro lado, Llanos y otros [19] estudian el timbre de un acordeón desde dos aspectos, desde los parámetros que no son controlados por el intérprete, sino que vienen fijos desde fábrica y los que sí son modificables en la interpretación del acordeón.

Para aquellos parámetros fijos, básicamente viene dado por el espectro de las diversas lengüetas del acordeón, donde se establece la cantidad de sobretonos, estos son armónicos, y accionados por el aire que viene del fuelle, mientras que para los que son modificables por el intérprete, se encuentran la tensión en el fuelle, la relación temporal entre la articulación del botón y la del fuelle, la profundidad de pulsación del botón y la velocidad de pulsación del botón. [19]

3.4. Software

3.4.1. Definición

Con el auge de la tecnología, el software es un concepto ampliamente utilizado, abordado por diferentes autores, en donde cada uno lo define de una manera personal, lo que ha permitido que se observen definiciones distintas pero que en general abarcan el mismo concepto.

Es así como desde una perspectiva técnica, el diccionario de informática publicado originalmente por la Oxford University Press [20] define al software como los componentes de un sistema informático que no son tangibles, es decir, que físicamente no se pueden tocar. Mientras Freedman [21] define al software como el conjunto de instrucciones o pasos que indican a la máquina (hardware) aquello que debe hacer.

En Castellanos [22], se define al software como el conjunto de instrucciones y datos en formato binario almacenados en la memoria principal, que le indica a una computadora que debe hacer y cómo es decir, el software dirige al hardware el software es la parte lógica del sistema informático. Mientras en Martínez y Sauleda [23] citado en Rodríguez et at [24] es “el componente lógico que dirige el trabajo de la computadora. Reúne al conjunto de programas que regulan el funcionamiento del ordenador” [23, p. 263]; mientras que Sánchez Montoya [25] lo define como “el conjunto de programas que coordina el funcionamiento de los componentes del soporte físico individual y enseña al ordenador a procesar y obtener los resultados deseados” [25, p. 49].

3.4.2. Software Educativo

Para Marqués [26], se les llama Software educativo a aquellos programas para computador creados con la finalidad específica de coadyuvar al proceso de enseñanza aprendizaje como un medio didáctico que facilite este proceso. En donde su desarrollo, requiere de la participación de tres ciencias a saber: La psicología y las ciencias pedagógicas, los conocimientos científicos que se desean difundir y la computación.

Mientras que Sánchez J. [27, p. 43], lo define como cualquier programa computacional cuyas características estructurales y funcionales sirvan de apoyo al proceso de enseñar, aprender y administrar. Labañino [28] lo define como una aplicación informática concebida especialmente como medio, integrado al proceso de enseñanza aprendizaje.

Por otro lado, Bill Gates [29] define al Software Educativo como programa informático, medio de enseñanza bidireccional, interactivo basado en una forma de presentar la información que emplea una combinación de texto, sonido, imagen, animación, video con propósitos específicos dirigidos a contribuir con el desarrollo de predeterminados aspectos del proceso docente.

Para Morejón [30], El software que se utilice en el ámbito educativo se debe caracterizar por ser altamente interactivo, a partir del empleo de recursos multimedia, como videos, sonidos, fotografías, diccionarios especializados, explicaciones de experimentados profesores, ejercicios y juegos instructivos que apoyan las funciones de evaluación y diagnóstico.

3.5. Bases pedagógicas para el uso de herramientas tic en la enseñanza.

Los procesos de enseñanza – aprendizaje en la actualidad han sido impactados por la presencia de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, lo que ha provocado grandes cambios en las metodologías aplicadas en la educación.

Cabero [31] manifiesta que "aunque los cambios en la educación son más lentos que en otras instituciones y sectores de la sociedad, no se puede olvidar que en las últimas décadas, ha sufrido un cambio significativo, no sólo en lo que respecta a la reforma de métodos, contenidos y estrategias docentes, sino también en lo que aquí nos interesa, los recursos didácticos que el profesor ha tenido a su disposición para desarrollar su actividad profesional."

Los sistemas escolares se ven enfrentados así a la necesidad de una transformación mayor e ineludible de evolucionar desde una educación que servía a una sociedad industrial, a otra que prepare para desenvolverse en las sociedades del conocimiento. [32]

En Riveros y Mendoza [33], se establece que un discurso pedagógico que considere el uso de las TIC en la educación no puede reducirse a explorar el potencial de las mismas en

relación a los procesos individuales de aprendizaje, sino que debe contemplar otros aspectos tales como: El abordaje de las TIC en la sociedad del conocimiento; el proceso de comunicación, en función de las transformaciones tecnológicas ocurridas en el campo de la informática, las telecomunicaciones y los medios masivos; por tanto, la educación debe basarse en una clara percepción del impacto tecnológico en el aprendizaje y en la comprensión de sus consecuencias sobre el individuo y la sociedad.

4. Aspectos Metodológicos.

A continuación, se describen los aspectos metodológicos a utilizar en el presente trabajo final, se relacionan las actividades que permitirán desarrollar los objetivos planteados, tal como se observa en la tabla 4-1.

Tabla 4-1. Tareas Propuestas para cumplir objetivos

Objetivos	Tareas
1. Identificar los conocimientos previos de los estudiantes con respecto a los fundamentos de la acústica, específicamente con respecto a las cualidades del sonido.	Se realiza una prueba diagnóstica con la finalidad de indagar los conocimientos previos que tienen los estudiantes del grado undécimo con respecto a las características del sonido.
2. Diseñar una herramienta tecnológica didáctica interactiva para la enseñanza las características del sonido como tono, timbre e intensidad usando como instrumento fundamental el acordeón.	Se siguieron los primeros dos pasos recomendados por el Ingeniero Alejandro Peña Ayala en su libro Ingeniería de Software: Una Guía para Crear Sistemas de Información [34] los cuales son: ▪ *Análisis:* define los requerimientos de información y la forma más adecuada de atenderlos. ▪ *Diseño:* describe la estructura, funciones e interrelaciones de los componentes del sistema.
3. Desarrollar el software necesario para la construcción de la herramienta tecnológica didáctica interactiva a ser utilizada para la enseñanza de los fenómenos fundamentales de la acústica utilizando como instrumento fundamental el acordeón.	Se continuó con los dos siguientes pasos recomendados por Peña [34]: ▪ *Programación:* elabora los elementos del sistema (programas, archivos, reportes, entre otros). ▪ *Implantación:* prueba e instala el sistema construido.
4. Utilizar el software desarrollado como herramienta didáctica para enseñar las características del sonido con los estudiantes del	En esta etapa, primero se realizó el último paso recomendado por Peña [34]: ▪ *Operación:* hace uso del sistema. Para hacer uso de este sistema se realizaron las siguientes tareas:

grado once del Colegio Leonidas Acuña de la Ciudad de Valledupar.	▪ Se seleccionó entre los dos grupos del grado once de las Institución Educativa Leonidas Acuña cual será el grupo control y cual el piloto. ▪ Se definió el grupo control como aquel donde se enseñe las características del sonido de la manera tradicional, la cual consiste en Exposición teórica del docente donde deduce ecuaciones, se resuelve ejercicios y se evalúa sin el uso de herramientas tecnológicas. El grupo definido fue 11º01 ▪ Se definió el grupo piloto como aquel donde se aplicó la secuencia didáctica usando la herramienta diseñada para enseñar las características del sonido. El grupo escogido fue 11º03 ▪ Se diseñó una secuencia didáctica donde se utilizó la herramienta diseñada para enseñar las características del sonido.
5. Validar la estrategia implementada por medio de la comparación entre las pruebas de entrada y de salida con los grupos control y grupo piloto utilizando la ganancia de Hake[5] y realizar los ajustes pertinentes a la misma.	Para validar la estrategia, se realizaron las siguientes tareas: ✓ Se revisaron los resultados de la evaluación diagnóstica en los grupos control y piloto (Prueba de Entrada) ✓ Se aplicó la secuencia didáctica al grupo piloto definido anteriormente. ✓ Se aplicó nuevamente la evaluación diagnóstica a ambos grupos (Prueba de salida) ✓ Se analizaron los resultados obtenidos con el fin de validar la estrategia.

Fuente: Díaz Mendoza (2016)

4.1. Diseño de Investigación

El diseño de investigación seleccionado es experimental, según Palella y Martins, [35, p. 87] el diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca

[5] Richard R Hake [37] utilizó este método estadístico en una gran población de estudiantes de nivel preuniversitario y universitario en Estados Unidos para medir el aprendizaje en cursos similares de mecánica introductoria. La aplicación del instrumento se hizo al inicio y al final del semestre con el propósito de cuantificar el aprendizaje conceptual a través de la ganancia normalizada.

predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento de la acción educativa. Mientras que Arias [36] establece que la investigación de tipo experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente) [36].

La investigación experimental es netamente explicativa, por cuanto su propósito es demostrar que los cambios en la variable dependiente fueron causados por la variable independiente. Es decir, se pretende establecer con precisión una relación causa-efecto [36, p. 34].

4.2. Desarrollo de la Herramienta didáctica Interactiva AcusticAcordeón

AcusticAcordeón es una herramienta didáctica interactiva para la enseñanza del sonido, específicamente, las cualidades del sonido, tono, timbre e intensidad. Para la realización de la herramienta se utiliza como instrumento fundamental el acordeón. El tipo de acordeón usado es diatónico del tipo Sib Mib Lab.

Para el desarrollo de la herramienta, se tuvo en cuenta los pasos recomendados por el Ingeniero Peña Ayala [34], como se indican en la tabla 4 – 2:

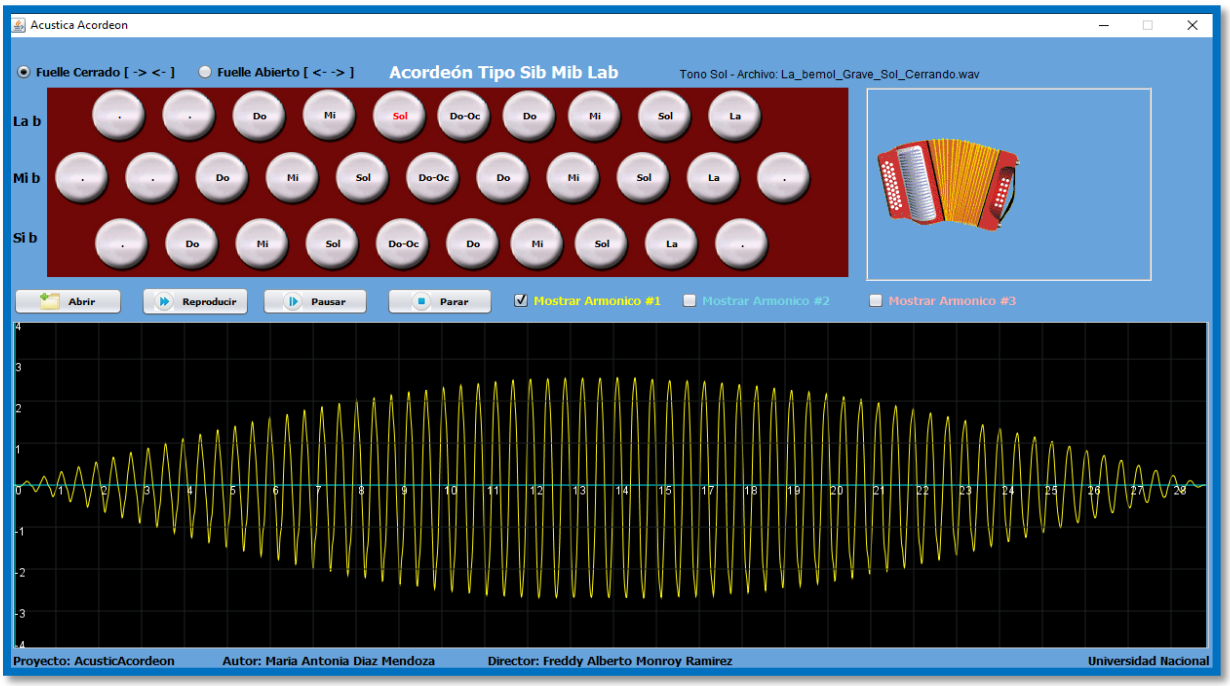
Tabla 4-2. Etapas del desarrollo de la herramienta Didáctica Interactiva

Etapas	Actividades Realizadas
Análisis	Para el desarrollo de esta fase, se tuvo en cuenta los resultados de la prueba inicial donde se seleccionaron los aspectos requeridos en su construcción, de los cuales se establecieron los siguientes: ▪ Cualidades del Sonido (Tono, Timbre e Intensidad) ▪ Relación de la frecuencia del sonido con la longitud de un tubo sonoro.
Diseño	Se realizó el esquema de la herramienta donde se explican las relaciones que tienen entre los módulos que la componen.

Programación	Se seleccionó como lenguaje de programación a utilizar java[6] bajo la herramienta Netbeans[7]. Se recolectó la información necesaria para el desarrollo de la herramienta didáctica. Se programó la herramienta didáctica interactiva.
Implantación	Se instaló la herramienta en una página web[8] dentro del sitio web[9] http://incatec.edu.co/acusticacordeon. Anexo CD.
Operación	Para este paso, se utilizó la herramienta en el desarrollo de las actividades propuestas dentro de la secuencia didáctica.

Fuente: Díaz Mendoza (2016)

Figura 4-1. Captura de Pantalla de la Herramienta AcusticAcordeón



Fuente: Diseño Díaz Mendoza (2016).

---

[6] En http://java.sun.com se puede leer que Java es: "Un lenguaje simple. Orientado al objeto, distribuido, interpretado, sólido, seguro, de arquitectura neutral, portable, de alto desempeño, de multihilos y dinámico"

[7] Es un entorno de desarrollo gratuito y de código abierto que está en su versión 8.1. Permite el uso de un amplio rango de tecnologías de desarrollo tanto para escritorio, como aplicaciones Web, o para dispositivos móviles. Da soporte a las siguientes tecnologías, entre otras: Java, PHP, Groovy, C/C++, HTML5, además puede instalarse en varios sistemas operativos: Windows, Linux, Mac OS.

[8] Una Página Web es un documento que contiene información específica de un tema en particular y que es almacenado en algún sistema de cómputo que se encuentre conectado a la red mundial de información denominada Internet, de tal forma que este documento pueda ser consultado por cualquiera persona que se conecte a esta red mundial de comunicaciones. [74]

[9] Un Sitio Web es un conjunto de páginas Web relacionadas entre sí. [74]

4.3. Estructura de la Secuencia didáctica[10]

La secuencia está estructurada en una prueba inicial, 4 actividades tal como se indica en la Tabla 4 – 3, en las cuales se usa la herramienta didáctica diseñada para la enseñanza de los temas seleccionados y la evaluación final que consiste en una prueba similar a la evaluación de entrada más 3 preguntas de profundización.

Tabla 4-3. Actividades de la Secuencia didáctica

Número	Título de las actividades	
Actividad 1	Evaluación de entrada (Ver Anexo C)	
Actividad 2	El Sonido se grafica como una Onda (Ver Anexo E)	Elementos de una onda
Actividad 3	Intensidad del Sonido (Ver Anexo F)	Relación Amplitud – Intensidad
Actividad 4	Tono del Sonido (Ver Anexo G)	Relación Frecuencia – Tono
Actividad 5	Timbre del Sonido (Ver Anexo H)	Relación Forma de la Onda - Timbre
Actividad 6	Evaluación Final (Ver Anexo I)	

Fuente: Díaz Mendoza (2016).

Las actividades de la 2 a la 5, están diseñadas con la misma estructura para cada uno de los temas, esta se puede ver en la Tabla 4-4.

Tabla 4-4. Estructura de las Actividades

a.	Título de la Actividad
b.	Objetivo
c.	Tareas propuestas
d.	Comentario sobre la actividad

Fuente: Díaz Mendoza (2016).

Cada actividad se desarrolla con apoyo del profesor, la guía contiene una serie de instrucciones, algunas son simples acciones que se deben ejecutar con el uso de la herramienta, otras incluyen interpretación de gráficos, mediciones y procesamiento de datos. La guía incluye observaciones, cálculos y algunas preguntas.

---

[10] Según Zabala, las secuencias didácticas "Son un conjunto de actividades ordenadas, estructuradas y articuladas para la consecución de unos objetivos educativos".

Antes de iniciar cada actividad, se expone la guía con ayuda del video beam, se explica cómo hacen uso de la herramienta, se organizan en el aula de clases y se les entrega un computador por cada estudiante y la guía impresa que deben desarrollar.

Estas actividades son aplicadas en un contexto específico, en la Institución Educativa Leonidas Acuña, una Institución pública, el cual cuenta actualmente con 3636 estudiantes en toda la unidad educativa y 1604 estudiantes en la básica secundaria y media. Estos estudiantes se encuentran en un 53% en estratos I y II, mientras que el 47% restante pertenecen a los estratos socioeconómicos II, IV y V, donde se implementa la jornada única escolar desde el año 2012.

5. Resultados. Uso de la herramienta didáctica interactiva AcusticAcordeón para la enseñanza de las cualidades del Sonido.

Durante el desarrollo de este proyecto se ha logrado estructurar una propuesta didáctica basado en el uso de la herramienta didáctica interactiva diseñada en la enseñanza de algunos aspectos de la acústica, específicamente las cualidades del sonido. Los resultados se presentan en tres secciones: resultado de la prueba de entrada, desarrollo de las guías propuestas, que incluye el uso de la herramienta AcusticAcordeón para elaborar las actividades y finalmente, resultado de la prueba final.

El parámetro a observar es la ganancia de Hake [37] *h* cuya fórmula, establece que es un indicador estadístico de que tanto han aprendido los estudiantes de la clase de Física dentro del contexto de una metodología didáctica en particular. La fórmula para evaluarla viene dada de acuerdo a la siguiente expresión matemática:

$$\boldsymbol{h} = \frac{(\%\,\boldsymbol{post} - \%\,\boldsymbol{pre})}{\boldsymbol{100} - \%\,\boldsymbol{pre}} \tag{5-1}$$

Teniendo en cuenta el resultado de la ganancia de Hake, se puede categorizar, como lo establece la tabla 5 – 1:

Tabla 5-1. Categorías de la Ganancia de Hake.

Categoría	Rango
Ganancia Baja	0,0 a 0,3
Ganancia Media	0,3 a 0,7
Ganancia Alta	0,7 a 1,0

Fuente: Díaz Mendoza (2016)

5.1. Prueba Inicial

La prueba inicial se planteó con el propósito de generar un diagnóstico sobre los conocimientos de los estudiantes acerca de algunos elementos de acústica, pues fueron necesarios para seleccionar los temas requeridos en el desarrollo de la herramienta didáctica interactiva.

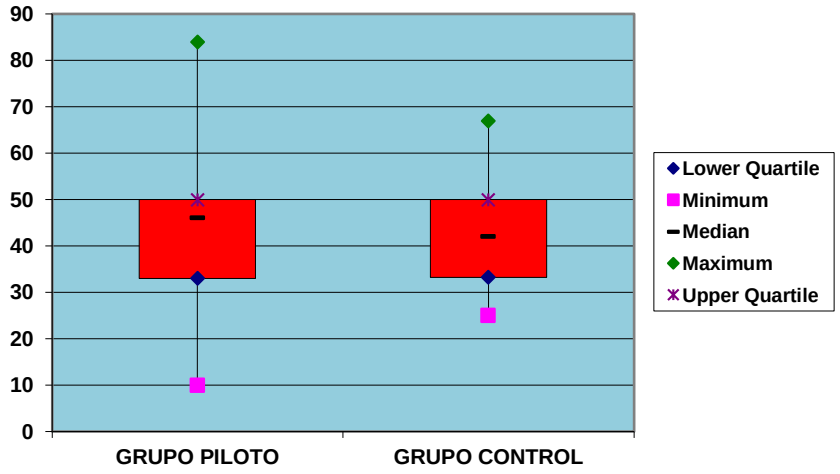
Esta prueba contó con 12 preguntas cerradas, de selección múltiple con única respuesta, que indagaban aspectos tales como, cualidades del sonido, frecuencia de un sonido, comportamiento de los tubos sonoros y velocidad del sonido en diferentes medios. (Ver Anexo C)

Se aplicó el día 25 de febrero de 2016 a 38 estudiantes del grado once tres (Grupo Piloto) y el 26 de febrero a 34 estudiantes del grado once uno (Grupo Control)

La dinámica de aplicación es la siguiente, los estudiantes se reunieron en el aula de Tecnología e Informática, donde recibieron la copia de la prueba por parte de la docente investigadora y la resolvieron, contando para ello con una (1) hora de clase, al finalizar la prueba, los estudiantes devolvieron la copia con sus respuestas consignadas. (Ver Anexo D).

Los resultados de esta prueba se muestran en la gráfica 5 – 1.

Grafico 5-1. Comparación de resultadas de la aplicación de la prueba de entrada en el grupo piloto y grupo control.



Fuente: Díaz Mendoza (2016)

Tabla 5-2. Resultados prueba inicial grupo piloto.

GRUPO PILOTO	
Q1[11]	33
Calificación Mínima	10
Mediana	46
Calificación Máxima	84
Q3[12]	50

Fuente: Díaz Mendoza (2016)

Tabla 5-3. Resultados prueba inicial grupo Control.

GRUPO CONTROL	
Q1	33,25
Calificación Mínima	25
Mediana	42
Calificación Máxima	67
Q3	50

Fuente: Díaz Mendoza (2016)

Analizando el gráfico anterior y sus tablas adjuntas se puede observar que el valor mínimo obtenido por los estudiantes en el grupo piloto fue de 10, es decir, que no respondieron ninguna de las preguntas correctas, esta nota la obtuvo un estudiante. Aunque respondió todas las preguntas, ninguna fue correcta. La máxima nota obtenida fue de 84, donde una sola estudiante la alcanzó. La máxima nota posible no fue sacada por ninguna estudiante. El promedio de esta prueba fue de 46.

Mientras que en el grupo control el puntaje mínimo obtenido fue de 25 que fue alcanzado por tres estudiantes. El promedio alcanzado por las estudiantes en la evaluación fue de 42 y la máxima nota alcanzada fue de 67.

Al realizar el análisis del primer cuartil Q1, de la prueba inicial en el grupo piloto se puede establecer que el 25% de los estudiantes con puntajes más bajos están entre 10 y 33 mientras que en el del grupo control el 25% de los estudiantes obtuvieron resultados entre

[11] El primer cuartil Q1, es el menor valor que es mayor que una cuarta parte de los datos; es decir, aquel valor de la variable que supera 25% de las observaciones y es superado por el 75% de las observaciones

[12] El tercer cuartil Q3, es el menor valor que es mayor que tres cuartas partes de los datos, es decir aquel valor de la variable que supera al 75% y es superado por el 25% de las observaciones.

10 y 33.25 lo que evidencia que, pese a que el grupo piloto tiene más dispersión, son grupos relativamente equilibrados.

La mediana muestra también que es muy pareja, ya que en el grupo control fue de 42 y en el grupo piloto de 46. Finalmente, al analizar el tercer cuartil (Q3) se puede apreciar que son grupos muy homogéneos ya que para ambos es de 50.

Finalmente, se establece que a los estudiantes del grupo piloto se les dificulta identificar las cualidades del sonido, no relacionan las magnitudes físicas que intervienen en las cualidades del Sonido.

5.2. Las Guías desarrolladas

En el proyecto se agrupan las actividades en guías de trabajo. Las actividades están orientadas a desarrollar algunos ejercicios con la herramienta diseñada. Cada actividad tiene un objetivo y debe ser desarrollada de manera secuencial. La guía incluye algunas actividades a realizar como dibujar algunas gráficas, analizarlas y realizar cálculos sencillos. Para finalizar una actividad se propone un espacio para las observaciones, en las que se les pide a los estudiantes que realicen una pequeña síntesis de lo aprendido en el proceso.

5.2.1. Guía 1

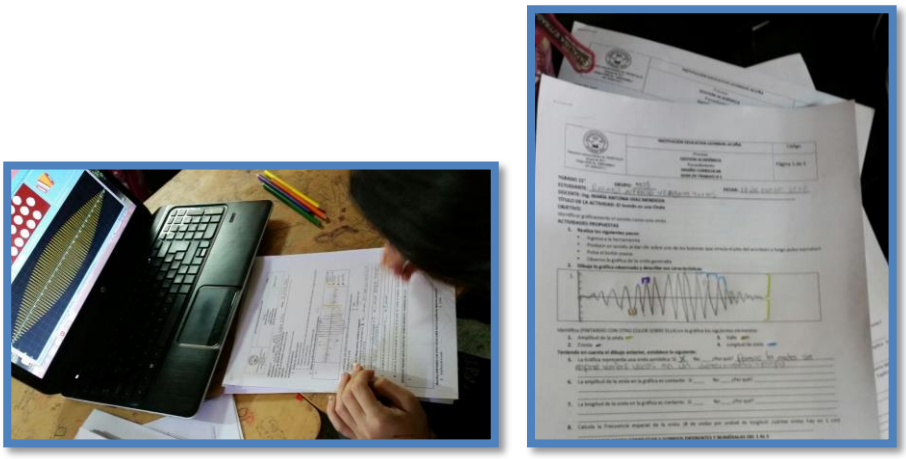
La primera guía desarrollada consistía en que los estudiantes observen que el sonido se grafica como una Onda, dibujen esa onda y señalen sus elementos.

Fue aplicada el día 10 de mayo de 2016, Los estudiantes utilizaron la herramienta AcusticAcordeón para cumplir con el objetivo propuesto.

Trabajaron de manera individual, a cada estudiante se le entregó una copia de la guía y un computador.

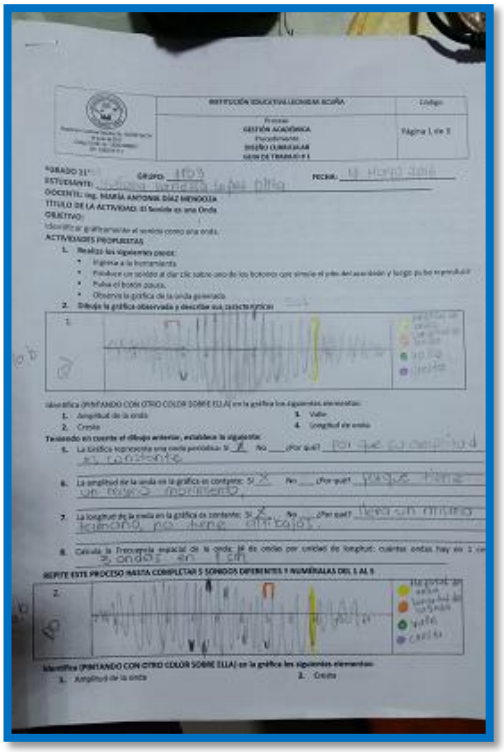
La actividad se desarrolló en una (1) hora de clases, los estudiantes realizaron las actividades sin ningún contratiempo.

Figura 5-1. Desarrollo de la guía 1.



Fuente: Fotografías tomadas por María Antonia Díaz Mendoza

Figura 5-2. Algunas respuestas de la guía 1.



Fuente: Fotografías tomadas por María Antonia Díaz Mendoza

5.2.2. Guía 2

Esta guía tenía como objetivo propuesto “Establecer la relación entre la amplitud de la onda sonora y la intensidad del sonido” (Ver Anexo F), tiene la misma estructura de las demás actividades descrita en el capítulo 4. (Ver Tabla 4-4).

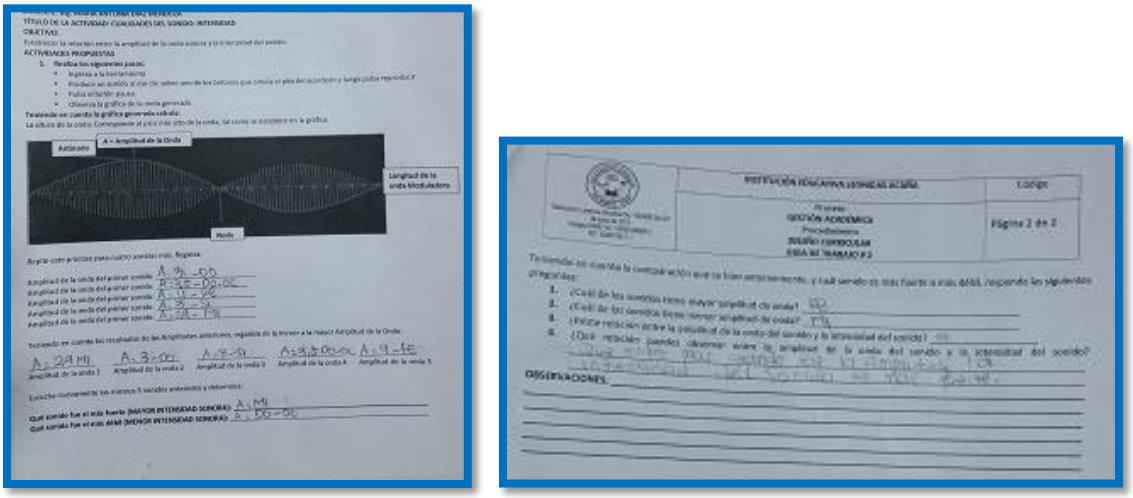
Se plantea el uso de la herramienta para generar cinco (5) gráficas de ondas de sonidos diferentes, donde los estudiantes determinan la amplitud en cada una de las gráficas, luego, organizan los resultados de las ondas teniendo en cuenta su amplitud, de menor a mayor. La actividad se desarrolló en una (1) hora de clases.

Con la aplicación de esta guía, el 78% de los estudiantes lograron establecer qué relación tiene la amplitud de la onda del sonido con la intensidad del sonido. Escribiendo que, a mayor amplitud de la onda, el sonido se escucha con más intensidad.

Figura 5-3. Desarrollo de la guía 2.

Fuente: Fotografías tomadas por María Antonia Díaz Mendoza

Figura 5-4. Algunas respuestas de la guía 2.



Fuente: Fotografías tomadas por María Antonia Díaz Mendoza

5.2.3. Guía 3

En esta guía, se aborda el tono del sonido y su relación con la frecuencia, los estudiantes hacen uso de la herramienta didáctica interactiva AcusticAcordeón para producir cinco (5) sonidos cualquiera y general la gráfica de la onda sonora para cada uno.

Teniendo en cuenta la gráfica, se calcula la longitud de la onda de cada una y mediante la ecuación $\boldsymbol{\lambda} = \frac{v}{f}$, Donde v es la Velocidad del sonido en el aire que corresponde a: $34000\ cm/s$, f es la frecuencia del sonido y $\boldsymbol{\lambda}$ es la Longitud de onda se despeja y se calcula la frecuencia de cada sonido.

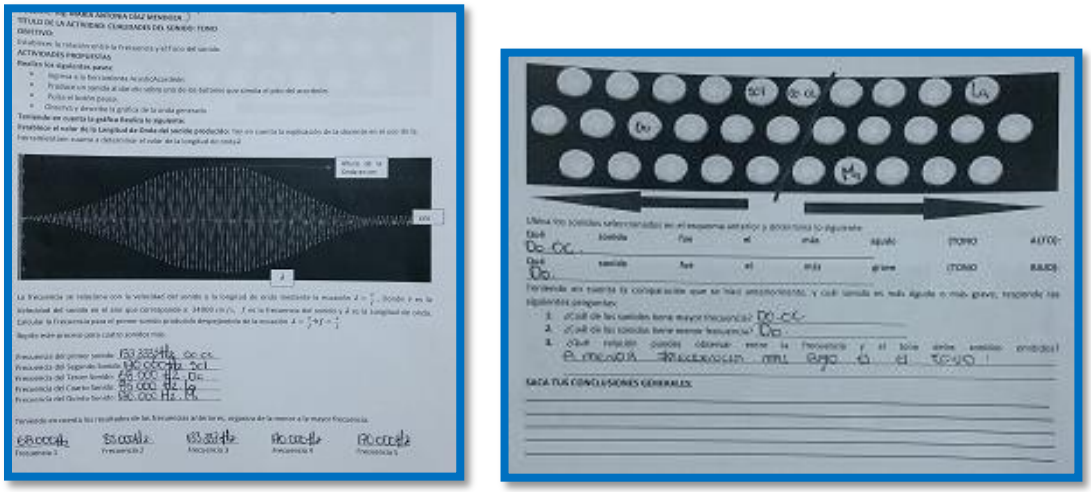
Luego se establece un orden de menor a mayor frecuencia y se organiza en el esquema de sonidos graves y agudos del acordeón vallenato.

Con respecto a la evaluación de esta guía se observó que el 100% de los estudiantes lograron determinar la relación entre el tono del sonido y la frecuencia, al determinar que, a mayor frecuencia, el sonido era más agudo y a menor frecuencia el sonido era más grave.

Figura 5-5. Aplicación de la guía 3

Fuente: Fotografías tomadas por María Antonia Díaz Mendoza

Figura 5-6. Algunas respuestas de la guía 3



Fuente: Fotografías tomadas por María Antonia Díaz Mendoza

5.2.4. Guía 4

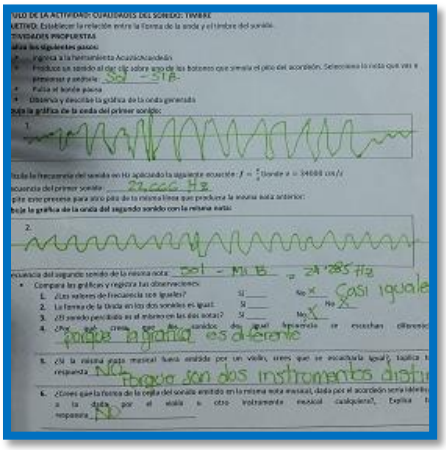
Esta guía aborda la cualidad del sonido que se relaciona con la forma de la onda, es decir, el timbre.

A los estudiantes se les dio la orientación para que produzcan dos sonidos de notas que tengan la misma frecuencia y que generen la gráfica de la onda sonora en ambos casos. Los estudiantes pudieron ver que, pese a que la frecuencia calculada era la misma, la forma de la onda era completamente diferente y el sonido emitido también era distinto.

Figura 5-7. Aplicación de la guía 4

Fuente: Fotografías tomadas por María Antonia Díaz Mendoza

Figura 5-8. Algunas Respuestas de la guía 4



Fuente: Fotografías tomadas por María Antonia Díaz Mendoza

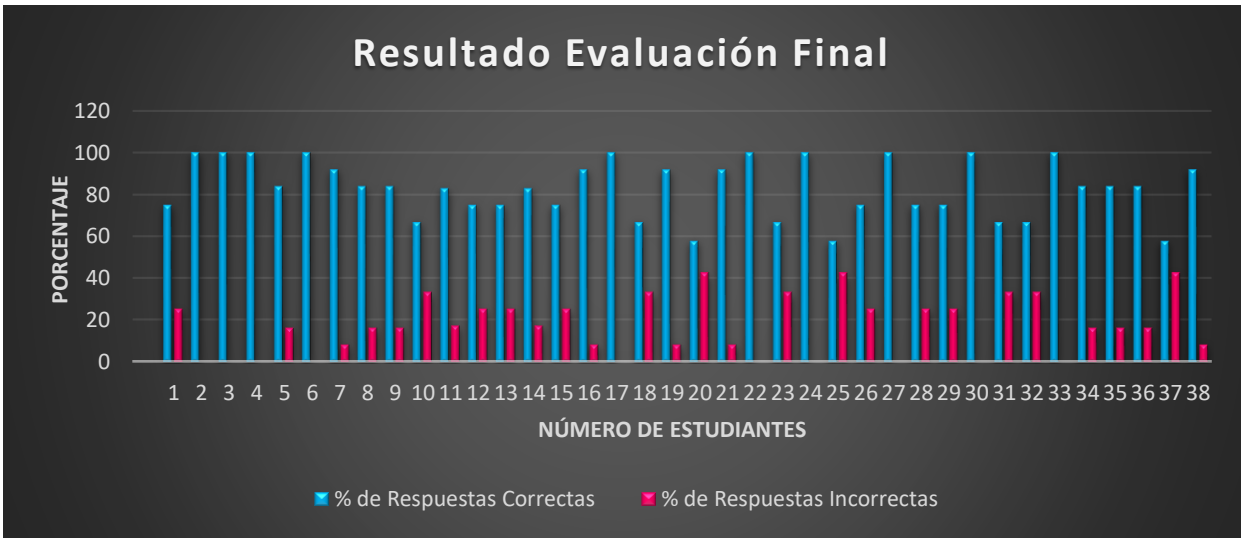
5.3. Evaluación Final

Para finalizar la aplicación de la secuencia, se realizó una evaluación final (Ver Anexo I), que está compuesta por 15 preguntas, de las cuales 12 son preguntas muy similares a las de la prueba de entrada (indagaban los mismos temas, pero propuestos de otra manera) con el fin de poder realizar una comparación entre ambas pruebas y así determinar la efectividad de la secuencia.

Las preguntas planteadas fueron cerradas, del tipo selección múltiple con única respuesta e indagaban los mismos temas que la prueba Inicial, cualidades del sonido, frecuencia de un sonido, Comportamiento de los tubos sonoros y velocidad del sonido en diferentes medios.

Los resultados se relacionan en el gráfico 5 – 2:

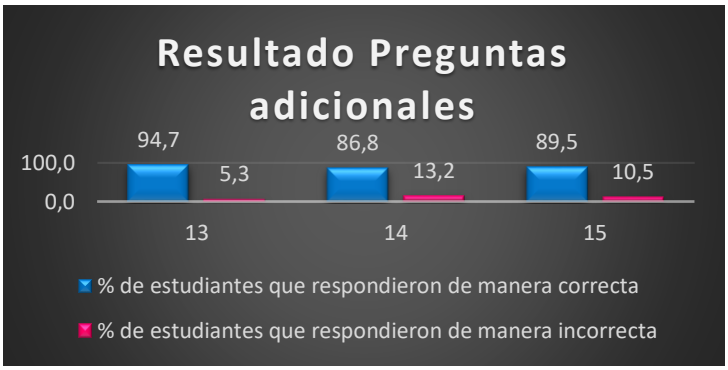
Grafico 5-2. Resultados Evaluación Final



Fuente: Díaz Mendoza (2016)

En cuanto a las respuestas de las tres preguntas adicionales, se muestran en el gráfico Por otro lado, mediante diagrama de caja, en el gráfico 5 – 3 se puede comparar los resultados de la prueba inicial y la evaluación final en el grupo control.

Grafico 5-3. Resultados Preguntas adicionales



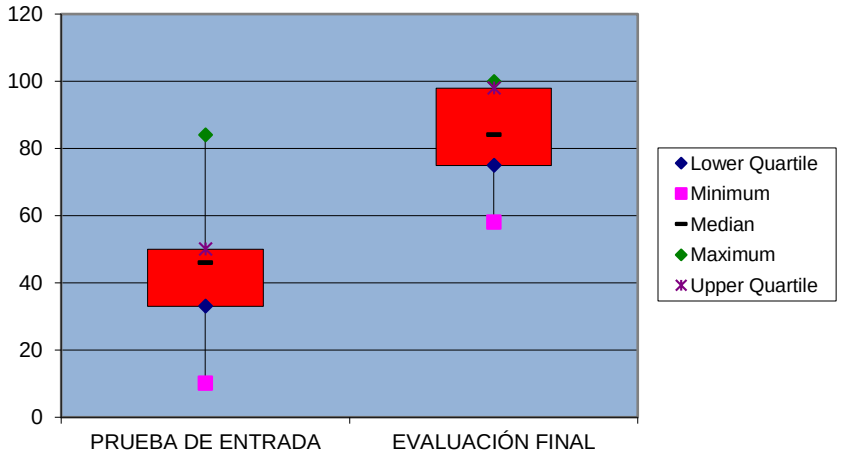
Fuente: Díaz Mendoza (2016)

Teniendo en cuenta el gráfico anterior, se puede observar que, en la pregunta 13 se indaga sobre las tres características perceptuales del sonido, el 94,7% respondiendo correctamente, en la pregunta 14 se indaga sobre el comportamiento del acordeón como

un tubo sonoro excitado por la vibración de una lengüeta, donde el 86,8% respondieron correctamente.

Por otro lado, la pregunta 15 indaga sobre la velocidad del sonido en diferentes medios donde el 89,5% respondieron acertadamente.

Grafico 5-4. Comparativo de la Prueba de entrada y la Evaluación final del grupo Piloto.



Fuente: Díaz Mendoza (2016)

Tabla 5-4. Resultados Evaluación Final grupo piloto.

EVALUACIÓN FINAL	
Q1	75
Calificación Mínima	58
Mediana	84
Calificación Máxima	100
Q3	98

Fuente: Díaz Mendoza (2016)

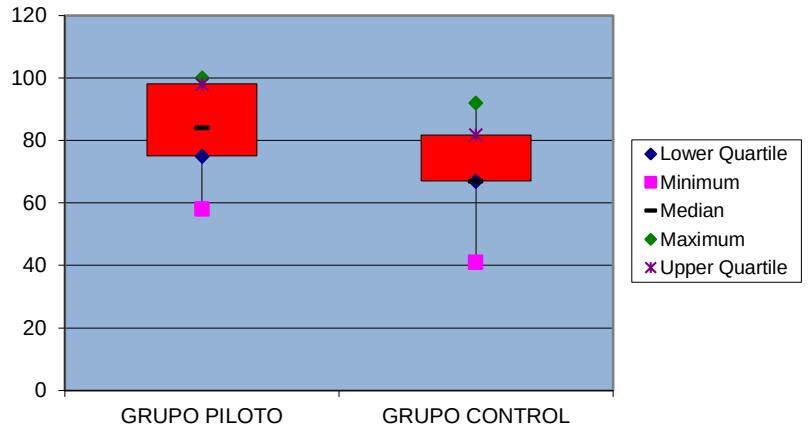
Analizando el gráfico 5 – 2 y la tabla 5 – 3 se puede observar que el valor mínimo obtenido por los estudiantes en el grupo piloto pasó de 10 en la prueba inicial a 58 en la evaluación final, obtenido por el mismo estudiante, lo que quiere decir que pasó de no responder ninguna correcta a responder 7 preguntas correctas.

Con el análisis del primer cuartil Q1, se pasó de un 25% de los estudiantes con puntajes entre 10 y 33 a un 25% de estudiantes con puntajes hasta 75.

La mediana pasó de ser 46 en la prueba inicial a 84 en la evaluación final. El tercer cuartil, Q3 pasó de 50 a 98.

Comparando los resultados de la prueba final del grupo control con el grupo piloto se obtiene la siguiente gráfica:

Grafico 5-5. Comparativo de la Evaluación final del grupo Piloto con el grupo Control.



Fuente: Díaz Mendoza (2016)

Al analizar el gráfico 5 – 5 se puede observar que el grupo piloto obtuvo mejores resultados que el grupo control.

Aunque el grupo control tuvo un avance en comparación con los resultados de la prueba inicial (Ver Gráfico 5 – 1), el porcentaje de avance del grupo piloto es mayor.

Por otro lado, el grupo control sigue siendo más homogéneo que el grupo piloto.

Figura 5-9. Aplicación de la Evaluación Final

Fuente: Fotografías tomadas por María Antonia Díaz Mendoza

5.3.1. Ganancia de Hake

Para realizar el análisis cuantitativo de los resultados anteriores y establecer la ganancia conceptual obtenida con la aplicación de la secuencia se comparan los resultados de la prueba inicial con los de la evaluación final, para ello se establece que ambas pruebas son iguales.

Teniendo en cuenta los resultados de ambas pruebas se valoran los datos con la ganancia normalizada propuesta por Hake [37], que permite establecer el índice de ganancia $< h >$ con el propósito de cuantificar el aprendizaje conceptual obtenido con la aplicación de actividades didácticas.

La ganancia normalizada $< h >$ se define como la razón del aumento de la evaluación inicial o pre – Test y la evaluación final o post – Test respecto al valor máximo posible, se determina a partir de los aciertos obtenidos en el instrumento de evaluación utilizado. Ver Ecuación [5 – 1]

En cuanto a la ganancia del grupo respecto a los resultados obtenidos en la evaluación inicial o pre – Test y la evaluación final o post – Test se utiliza la ecuación [5 – 2] que permite calcular el promedio de la ganancia normalizada $< \bar{h} >$, a partir del promedio de la ganancia normalizada de cada uno de los 38 estudiantes de grado Once Tres.

$$< \bar{h} > = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} h_i \qquad (5\text{-}2)$$

Donde n es el número de estudiantes a los cuales se les aplicó la prueba inicial y la evaluación final y h_i es la ganancia obtenida por cada estudiante.

En la Tabla 5 – 5 se muestran los resultados de la ganancia de Hake:

Tabla 5-5. Ganancia de Hake

ESTUDIANTES	% PRE	% POST	GANANCIA HAKE <*h*>	CATEGORÍA GANANCIA DE HAKE
1	25	75	0,67	Media
2	50	100	1,00	Alta
3	50	100	1,00	Alta
4	50	100	1,00	Alta
5	41,66	84	0,73	Alta
6	50	100	1,00	Alta
7	50	92	0,84	Alta

8	66,66	84	0,52	Media
9	41,66	84	0,73	Alta
10	16,66	67	0,60	Media
11	58,33	83	0,59	Media
12	33,33	75	0,63	Media
13	50	75	0,50	Media
14	58,33	83	0,59	Media
15	8,33	75	0,73	Alta
16	50	92	0,84	Alta
17	50	100	1,00	Alta
18	33,33	67	0,51	Media
19	50	92	0,84	Alta
20	33,33	58	0,37	Media
21	66,66	92	0,76	Alta
22	41,66	100	1,00	Alta
23	50	67	0,34	Media
24	66,66	100	1,00	Alta
25	16,66	58	0,50	Media
26	41,66	75	0,57	Media
27	83,33	100	1,00	Alta
28	33,33	75	0,63	Media
29	41,66	75	0,57	Media
30	58,33	100	1,00	Alta
31	16,66	67	0,60	Media
32	25	67	0,56	Media
33	33,33	100	1,00	Alta
34	16,66	84	0,81	Alta
35	58,33	84	0,62	Media
36	41,66	84	0,73	Alta
37	25	58	0,44	Media
38	58,33	92	0,81	Alta
PROMEDIO	43,198	83,26	0,73	

Fuente: Díaz Mendoza (2016)

Ahora se calcula la ganancia del grupo, reemplazando los valores en la ecuación (5 – 2):

$$< \bar{h} >= \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} h_i = \frac{1}{38}\sum_{i=1}^{38} h_i = \frac{1}{38} \times 27{,}60 = 0{,}73$$

El valor resultante es igual al promedio de las ganancias obtenidas por cada estudiante.

Este resultado está categorizado como una ganancia “Alta”, de los cuales 20 de 38 están en esta categoría, y los 18 restantes están en la categoría “Media”, ninguno de los estudiantes del grado once tres (11º 03) está en la categoría Baja.

5.3.2. Índice de Dificultad

Otra manera de validar la estrategia es midiendo la dificultad de cada pregunta, lo que se entiende como la proporción de personas que responden correctamente una pregunta de una prueba. Entre mayor sea esta proporción, menor será su dificultad. Lo que quiere decir que se trata de una relación inversa, es decir, a mayor dificultad de la pregunta, menor será su índice. [38] . Para calcular la dificultad de una pregunta o ítem, se divide el número de estudiantes que contestó correctamente la pregunta entre el número total de personas que presentaron la prueba.

Se calcula mediante la ecuación:

$$P_i = \frac{A_i}{N} \qquad (5\text{-}3)$$

Donde, $P_i =$ Índice de dificultad del ítem i

$A_i =$ Número de aciertos en el ítem i

$N =$ Número de aciertos más número de errores en el ítem i

Según Backhoff y Otros [39], las categorías para medir el índice de dificultad de las preguntas se establecen en la tabla 5 – 6:

Tabla 5-6. Rango índice de dificultad

Rango	Categoría
0 – 0. 35	Muy Difícil (MD)
Entre 0.35 – 0.60	Moderadamente Difícil (mD),
Entre 0.60 – 0.85	Moderadamente Fácil (mF)
Entre 0.85 – 1.00	Muy Fácil (MF)

Fuente: Díaz Mendoza (2016)

Teniendo en cuenta lo anterior, se utiliza la ecuación (5 – 3) para calcular el índice de dificultad de cada pregunta y categorizarlas. Los resultados se muestran en la Tabla 5 – 7.

Tabla 5-7. Índice de dificultad

Número de Pregunta	% Respuestas Correctas Prueba Inicial	% Respuestas Correctas Evaluación Final	Ganancia de Hake Por preguntas	Índice de Dificultad	Categoría de la pregunta
1	92,1	94,7	0,3	0,92	MF
2	7,9	81,6	0,8	0,08	MD
3	28,9	92,1	0,9	0,29	MD
4	5,3	89,5	0,9	0,05	MD
5	26,3	84,2	0,8	0,26	MD
6	44,7	73,7	0,5	0,45	mD
7	31,6	73,7	0,6	0,32	MD
8	39,5	71,1	0,5	0,39	mD
9	57,9	81,6	0,6	0,58	mD
10	81,6	92,1	0,6	0,82	mF
11	68,4	89,5	0,7	0,68	mF
12	36,8	71,1	0,5	0,37	mD
PROMEDIO	43,4	82,9	0,6		

Fuente: Díaz Mendoza (2016)

Al analizar el resultado de los promedios de las respuestas correctas en la evaluación inicial y final, se observa un incremento del 40%.

En cuanto a la categorización de las preguntas, 1 quedó en Muy Fácil (MF), 2 preguntas en Moderadamente fácil (mF), 5 preguntas en Muy Difícil (MD) y 4 en moderadamente difícil (mD).

A partir de este resultado se elimina la pregunta que está categorizada como muy Fácil (MF) y se calcula la ganancia de Hake, haciendo uso de la ecuación (5 – 2) y el resultado es 0,7, que se ubica en la categoría “Alta”.

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

Al finalizar la ejecución y el análisis de la estrategia basada en el uso de una herramienta didáctica interactiva para la enseñanza de las cualidades del sonido se puede concluir que:

- Teniendo en cuenta la ganancia de Hake de cada estudiante, el 53% se ubica en la categoría “Alta”, mientras el 47% se ubica en la categoría “Media” y ningún estudiante se ubica en la categoría “Baja”, lo que permite establecer que la propuesta resultó efectiva a nivel individual.

- La ganancia normalizada promedio por el grupo de estudiantes del grado once 03 (grupo piloto) fue de $< \bar{h} > = 0{,}73$, lo cual según la tabla 5 – 4, se ubica en la zona “Alta”, que permite establecer que la herramienta diseñada para la enseñanza de las cualidades del sonido es efectiva.

- En cuanto a la comparación entre el grupo control y el grupo piloto, se evidencia que, aunque ambos lograron un avance, fue mayor en el grupo que se utilizó la herramienta diseñada.

- Al observar el porcentaje de respuestas correctas entre la prueba inicial y la evaluación final, se obtiene un incremento porcentual del 40%, que corrobora que la propuesta fue efectiva.

- Por otro lado, al analizar el índice de dificultad de cada pregunta, el 41,7% está categorizada como Muy Difícil, de las cuales, la ganancia de Hake para esas preguntas corresponde a 0,8, que la ubica en la zona “Alta”, lo que evidencia el avance significativo en el aprendizaje de los estudiantes.

- Es indispensable anotar que a los estudiantes les llama mucho la atención el uso de las herramientas TIC en los procesos de enseñanza – aprendizaje, la particularidad de la herramienta diseñada y la novedad del uso del instrumento utilizado en la música autóctona de la región, hizo que los muchachos se sintieran entusiasmados con la aplicación de la propuesta.

- Se comprueba que las opiniones de Campanario y Moya [2], donde manifiestan que metodología que funciona en la enseñanza de las ciencias es aplicar estrategias propias del contexto cotidiano del educando, son correctas, ya que los estudiantes se sintieron familiarizados con el contexto de la secuencia, lo que facilitó su aplicación y tuvo mucho que ver con los resultados positivos.

6.2. Recomendaciones

Luego de la aplicación de la secuencia y el análisis de los resultados se puede establecer que los estudiantes son receptivos a los proyectos que involucren el uso de las TIC en la enseñanza, por lo que se recomienda que se desarrollen más proyectos de este tipo, para lograr aprendizajes significativos en los estudiantes, ya que son nativos digitales[13] y responden de una manera positiva al uso de este tipo de estrategias.

Por otro lado, citando nuevamente a Campanario y Moya [2], se recomienda desarrollar proyectos que involucren situaciones propias del contexto del estudiante.

En cuanto al proyecto, se recomienda utilizar la herramienta para la enseñanza de las cualidades del sonido, ya que fue diseñada para todos los docentes que estén dispuestos hagan uso de ella.

[13] Término acuñado por el autor estadounidense Marc Prensky en 2001, que describe a los menores de 30 años, que han crecido con la tecnología y, por lo tanto, tienen una habilidad innata en el lenguaje y el entorno digital.

A. Anexo A: Recuento histórico del Acordeón y su llegada a Colombia y a Valledupar

Historia del Acordeón

1. Antecedentes

Para el escritor Sachs, los fundamentos del acordeón parecen haberse dado muchos siglos antes de la patente de Demian, en Asia, específicamente en China en torno al año 2.930 a. C. el autor considera que el primer antecedente del acordeón es el **Scheng**, un instrumento que los chinos utilizaban que tenía un sistema de lengüeta metálica impulsada por el aliento, con el cual acompañaban sus rituales, pero el musicólogo Terry E. Miller [40] considera que esto no se ha podido validar, dado que el Scheng es un instrumento que él considera organológicamente muy desarrollado y que, necesariamente tuvo que tener otros antecesores de lengüeta libre menos evolucionados. El Scheng, se presume fue el primero en utilizar las vibraciones de lengüetas libres para producir sonido, principio en el cual se basa el sonido del acordeón. Los primeros ejemplares del Scheng de los que se tiene noticia, aparecieron en la dinastía del Emperador FU-HSI (2930 A.C). [41]

El accordion de Demian

El 6 de mayo de 1829, el austriaco Cyril Demian quien era constructor de planos y órganos, luego de concretar y perfeccionar su inquietud, patentó en Viena a su nombre y de sus hijos Karl y Guido, un instrumento de cinco botones y fuelle de tres pliegues, al que le dio el nombre de Accordion, precisamente porque su función para entonces, era producir solo acordes.

Figura 6-1. Accordion de Demian Viena (1829).

Fuente: Extraída de [42, p. 37]

Para 1831 ya se fabricaban en Europa y Rusia varias versiones del accordion para la exportación. De lo anterior se deduce que lo más rápido que pudo llegar el acordeón a tierras colombianas, sería a mediados o finales del siglo XIX.

Es por eso que autores como Hermosa [41] manifiestan que existen indicios de que hubo acordeones antes del de Demian y evidencias de que en los años posteriores a su patente también existieron estos instrumentos que tuvieron otros nombres, como *accordéon, accordion, Akkordeon, fisarmonica, bayan, sanfona* dependiendo del idioma, antes de que a mediados del siglo XIX el término acordeón se utilizara para refiriese a toda la familia de instrumentos de este tipo.

Para Hermosa [41], Demian patentó un juguete, un instrumento incompleto que necesitó unas grandes mejoras organológicas para poder ser un instrumento apto para hacer música. El término acordeón se refiere a una familia de instrumentos enormemente variada y formada por multitud de modelos o prototipos que han tenido mayor o menor difusión. Lo cierto es que cada modelo de acordeón tiene un inventor o una persona que realizó una mejora organológica a un modelo anterior. Ver tabla 5-1.

Tabla 6-1. Cronología del Acordeón

MEJORA ORGANOLÓGICA	AÑO	INVENTOR	FUENTE	LUGAR
Manual derecho con un sonido por botón	1831	Mathieu François Isoard	[42]	París
Manual izquierdo de dos botones	1834	Adolf Müller	[42]	Viena
Prototipo de acordeón unisonoro	1840	Leon Douce	[42]	París
Registros	1846	Jacob Alexandre	[42]	París[14]
Registros	1850	Franz Walther	[43]	Viena
Manual derecho cromático de botones	1870	Nicolai I. Beloborodov	[42]	Tula, Rusia
	1891	Georg Mirwald	[44]	Bavaria
Manual derecho de teclas	1853	Auguste Alexandre Titeux	[45]	París
Manual de Bajos estándar	1880	Tessio Jovani	[44]	Strandella
	1885	Mattia Beraldi	[42]	Castelfidardo

[14] Según [42]Alexandre, aunque era ruso, vivió largo tiempo en París, donde patentó este invento. Según la mayoría del resto de fuentes nació en París.

Manual de bajos libres	1890	Matthaus Bauer	Maurer[15]	Viena
	1890	Rosario Spadaro	[46]	Catania
	1890	Dallapé	[43]	Stradella
	1897	Acordeón Wyborny	[44]	Viena
Patente del acordeón cromático de bajos	1897	Paolo Soprani	[46]	Italia
Manual de bajos añadidos	1898	Pasquale Ficosecco	[46]	Italia
	1905	Savoia-Gagliardi	[47]	París
Convertor Manual	1911	Desconocido	[48]	Bélgica
	1929	W. Samsonov	[49]	Rusia
	1929	P. Sterligov	[50]	Rusia
	1929	Julez Prez	[42]	Francia
Sistema Convertor actual	1959	Vittorio Mancini	[18]	Italia

Fuente: Hermosa [41]

Para Hermosa [41], Demian no puede ser llamado el inventor del acordeón, ya que considera que el primer instrumento de teclado de lengüeta libre cuyo fuelle era accionado por el brazo izquierdo del intérprete fue el órgano de Kirsnik-Kratzenstein de 1780, mucho más parecido al acordeón actual que el accordion de Demian.

La Handaeoline

Autores como Mensing [51] cita como el primer acordeón la handaeoline patentada en 1822 por Christian Friedrich Ludwig Buschmann (1805-1864), un instrumento similar a la armónica, pero en el que el aire era insuflado mediante un fuelle.

Figura 6-2. Handaeolina de Mensing

Fuente: Extraído de [44, p. 6]

El Acordeón de Dillner

Un hombre de nacionalidad sueca llamado Fredrik Dillner tenía entre sus posesiones más preciadas un acordeón, en cuyo estuche se indica que el padre Johannes Dillner (1785-1862) recibió ese instrumento en la década de 1820 como regalo. En ese instrumento está inscrito el nombre de Friedrich Lohner como fabricante y se tiene indicios que en aquella época existieron dos fabricantes de órganos y pianos (padre e hijo) que vivieron en Nurenberg (Alemania), el padre vivió entre 1737 y 1816 y el hijo entre 1795 y 1865. La inscripción del estuche podría ser falsa o incorrecta.

[15] Fuente no Confiable.

Desde luego no hay patente que apoye lo que en ella se dice, pero de ser verdad habría que reescribir la historia del acordeón.

Figura 6-3. Acordeón de Dillner

Fuente: Extraída de: http://free-reed.net/essays/dillner_interview.html

Figura 6-4. Escritura en el acordeón de Dillner

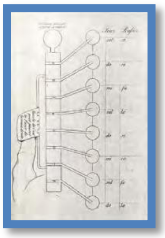
Fuente: Extraída de: http://free-reed.net/essays/dillner_interview.html

Aparición del acordeón diatónico con notas sueltas

En el año 1831 cuando Mathieu François Isoard en colaboración con Jean Philibert Gabriel Pichenot[16] fabricaron y patentaron un acordeón que daba notas sueltas en cada botón, en lugar de los acordes que daba el modelo de Demian. [42].

Figura 6-5. Acordeón de Pichenot-Isoard

[16] Según [70] se llamaba Frondhilbert-Gabriel Pichenot y según [42] Pichenot Jeune, aunque su verdadero nombre (tal y como aparece en la patente de 1835) era Jean Philibert Gabriel Pichenot. Otros autores se refieren a él también como Pinsonnat, confundiéndolo con Pierre Pinsonnat, autor que patentó mejoras en los instrumentos de lengüeta libre en la misma época (concretamente un nuevo diapasón para contener la lengüeta en 1828)

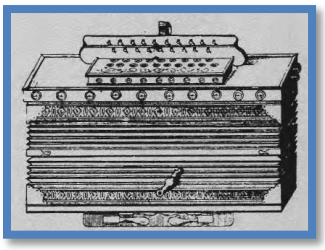


Fuente: Extraído de [42, p. 39]

Acordeón diatónico con teclado izquierdo

Adolf Müller, de nacionalidad alemana en 1834 incorporó al acordeón de Pichenot-Isoard un segundo teclado con bajos y acordes, ubicados en el lado izquierdo del instrumento.

Figura 6-6. Acordeón de Müller, Viena 1834



Fuente: Extraído de [42, p. 54]

Acordeón con Registros

En 1846 se le atribuye a Jacob Alexandre el invento de los registros del acordeón, para Monichon [42], para este tiempo el acordeón se hace más complejo, creciendo también en tesitura.

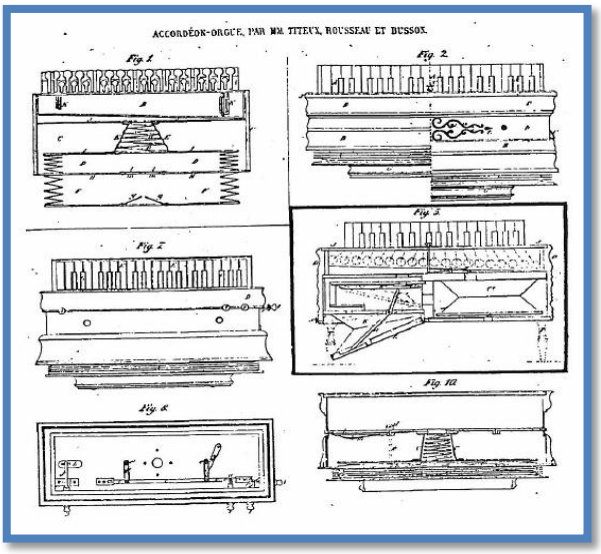
Figura 6-7. Acordeón con Registros. Soprani. 1870

Fuente: Extraído el día 12 de febrero de 2016 de: http://www.musicantic.eu/free-reeds-instruments/accordion/diatonic-accordion-by-paolo- soprani_1847_uk_D.html

Acordeón de Manual derecho de Teclas

En 1853 Auguste Alexandre Titeux y Auguste Théopile Rousseau[17] patentaban el accordéon-orgue, el primer acordeón unisonoro con teclado piano. En la adición de la patente que hicieron el 11 de noviembre de 1853, añadieron a Constant Busson como concesionario de la patente, y además se presenta un pie para el acordeón.

Figura 6-8. Patente de Titeux-Rousseau (Francia, 1853)



Fuente: Extraída de [45, p. 829]

En los años siguientes, surgirían diferentes acordeones que incorporaban teclados a su sistema, tales como teclado: la clavierharmonika de Matthaus Bauer de 1854, la harmoni-flute de Mayer Marix de 1856, la organina de Louis Maurice Kasriel (1862) [41]

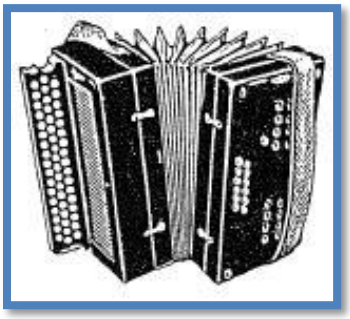
---

[17] Existe confusión al respecto de la invención del manual derecho de teclas. Según muchos autores fue en 1852 cuando Philippe Joseph Bouton (apellidado Busson según algunas fuentes) inventó en París la armoniflauta. Ese dato es erróneo según demostró [41] Tampoco se puede dar la paternidad del manual derecho de teclas a la harmoni-flute de Mayer Marix de 1856, ya que la invención de Titeux-Rousseau es anterior. Según Maurer citado por **Fuente especificada no válida.** y el diccionario Grove [43], Busson lo inventó en 1855, por lo que el primer instrumento de este tipo fue la clavierharmonika inventada en Viena por Matthäus Bauer en 1854, que tenía un manual izquierdo diatónico y también se tocaba horizontalmente como el armonio. No obstante Hermosa [41] se muestra una foto de la clavierharmonika del Hohner Archivo**Fuente especificada no válida.** y no tiene manual izquierdo, por lo que la descripción del Grove [43] es errónea. Además, esta fuente dice que ese teclado izquierdo era el mismo que el de Walther de 1850, por lo que pierde mucha credibilidad y se hace difícil demostrar que el acordeón de Walther responda a la descripción que proponen.

Acordeón unisonoro con botones

En el momento no se tiene la completa certeza de quién fue el responsable de los acordeones unisonoros con botones, a diferentes acordeonistas se le atribuye esta añadidura al instrumento, entre los cuales se destacan Franz Walther[18] en 1850, Nikolai I.Belobodorov[19] en 1870 [42], Georg Mirwald [20] en 1891 [44]

Figura 6-9. Acordeón de Mirwald (Alemania) 1891



Fuente: Extraído de [44, p. 16]

Acordeón de Bajos Estándar

El manual de bajos estándar (MII o Standard basses) surge a finales del siglo XIX, pero no se tiene claridad de a quién atribuirle su invención, según Doktorski [52] su inventor pudo ser Tessio Jovani en Stradella en 1880 ya que diseñó un sistema de bajos que tenía 64

---

[18] Según el Grove [43] , el primer acordeón de teclado cromático fue construido por el músico vienés Franz Walther en 1850. Tenía 46 botones (después aumentados a 52) en el teclado derecho, ordenados en filas por terceras menores,cada fila un semitono más agudo que la anterior. El teclado izquierdo tenía 8 botones diatónicos (posteriormente aumentados a 12) divididos en notas bajas simples y acordes de dos notas. Autores como Maurer [72] dan una descripción errónea del primer acordeón de teclas, por lo que la credibilidad de su descripción del acordeón de Walther queda en duda.

[19] Otras fuentes como Doktorski [52], Zavialov [50] y Hrustanbegovic [71], también coinciden con Monichon [42]. Según Zavialov [50] fue en 1871 y el instrumento "era muy mejorable". Maurice [53] dice que el acordeón cromático creado por Bakanov, Beloborodov y Sterligov sólo tenía 2 filas de botones y estaban ordenados de un modo similar a la del teclado del piano.

[20] Mirek cita en el texto de su libro la fecha 1891, pero en el diagrama adjunto al libro lo sitúa en 1881 (podría ser un error de escritura, pero su posición en el diagrama corresponde a esa fecha, no a 1891)

botones en el manual izquierdo o Dallapé, quién construyó en 1890 un modelo con 112 botones.

Figura 6-10. Acordeón de bajos de Dallapé. Italia. 1898

Fuente: Extraído de [46, p. 41]

Estandarización del Acordeón unisonoro

Durante el siglo XIX el acordeón que más venta tenía eran los modelos diatónicos, debido que aún no se estandarizaba ningún modelo de acordeón cromático, pero en 1897 Paolo Soprani (1844-1918), secundado por los artesanos Mattia Beraldi y Raimondo Piatanesi (18771964) Patenta en Italia el acordeón cromático.

La fabricación industrial de Soprani, sumado a su óptima calidad, permitió que estos instrumentos se estandarizaran por todo el mundo y que fueran imitados por otros fabricantes. [42]

Figura 6-11. Acordeón patentado por Soprani. Italia. 1897

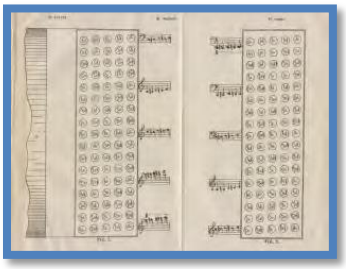
Fuente: Extraído de [42, p. 109]

Acordeón de Bajos añadidos

Alrededor de 1895 se tenía la opción de tocar acordeones de bajos libres y standard por separado, pero algunos acordeonistas, entre los que se destaca Pasquale Ficossecco en 1898 quisieron combinar ambos tipos de bajos. Giovanni Gagliardi (1882 – 1964), acordeonista famoso de la época, pionero en las interpretaciones fieles de transcripciones con el acordeón, diseñó un sistema para poder tener bajos libres y bajos estándar en el

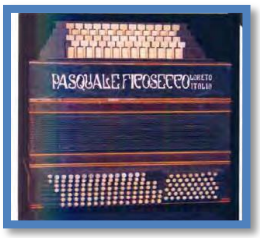
manual izquierdo. La casa Savoia fabricó para él un instrumento con estas especificaciones que Gagliardi patentaría en 1910.[21]

Figura 6-12. Cromo-harmónica de Gagliardi 1910



Fuente: Extraída de: http://vapaalehdykka.net/?k=soittimet/harmonikka&sivu=historia

Figura 6-13 acordeón de Ficosecco. Italia 1898



Fuente*: Extraída de* **[46, p. 45]**

Figura 6-14. Piatanesi-Raimondo. Italia 1921

Fuente: Extraída de [46, p. 54]

Acordeón Convertor

[21] Gagliardi presentó la patente de la cromo-harmonica el 17 de diciembre 1910 y obtuvo la respuesta positiva el 24 de febrero de 1911. Según Macerollo [48], el primer instrumento de bajos añadidos se construyó en Viena en 1901.

El acordeón que unió el manual de bajos estándar y bajos libres era de gran tamaño, por lo que surgieron diferentes alternativas para unirlos como un sistema convertor. Para Macerollo [48], el primer sistema conversor fue inventado en Bélgica en 1911 por un autor desconocido, mientras que Zavialov [50] y Maurice [53] se lo atribuyen al ruso P. Sterligov en 1929 y Monichon [42] considera que este sistema fue creación de Julez Prez en 1929 en Bélgica. Lo cierto es que el sistema convertor actual fue inventado en Castelfidardo por Vittorio Mancini [18] y ha sido, hasta hoy, la última gran evolución del acordeón.

Figura 6-15. *A.* Acordeón Convertor de Prez. **B. Acordeón convertor actual.**

Fuente a. [44, p. 45]

Fuente: extraído el 12 de febrero de 2016 de: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Jupiter_bayan_accordion.JPG

2. Llegada del Acordeón a Colombia y a Valledupar

En cuanto a la llegada a Colombia del Acordeón, surgieron muchas hipótesis, la de mayor fuerza es que lo trajeron los alemanes. Esta hipótesis fue la primera en proponerse y en ella se afirma que el acordeón diatónico, llegó al país con los primeros conquistadores alemanes (Víctor Camarillo, versión oral). Los argumentos a favor son que este instrumento es de origen alemán por pertenecer Austria en ese entonces a los germanos, y que los primeros conquistadores alemanes arribaron a tierras americanas por Venezuela, adentrándose a Colombia por las tierras del Valle de Upar. En ese viaje desde Europa, pudieron traer consigo el acordeón.

Lo anterior da lugar a varias contradicciones, pero la mayor y que derrumba esta posibilidad, es que los primeros conquistadores alemanes llegaron a tierras vallenatas hacia 1529, es decir casi 300 años antes de la fecha en que se considera, fue inventado el acordeón como se conoce actualmente. Esto, hace improbable esta hipótesis.

Otra de las hipótesis es la dada por el investigador vallenato Simón Martínez Ubarnez, que manifiesta que este instrumento entró al país por el puerto de Riohacha y se asentó en el municipio de El Paso (Cesar), debido a que luego de arribar a Riohacha y durante un envío al interior del país por el rio Magdalena, una embarcación pudo encallar o quedarse por alguna razón a la altura del Paso y sus habitantes entraron de esa forma en contacto con el instrumento.

Los argumentos a favor de la anterior teoría, incluyen el hecho que Riohacha en el siglo XIX y buena parte del XX, fue un puerto de gran movimiento comercial, especialmente con las Antillas y Europa; entre otras razones por lo preciado que era el Dividivi para la industria de tinturas. Otros datos que apoya esta noción son la preponderancia del rio Magdalena como vía de transporte por esa época y la proliferación en sus regiones rivereñas de varias y talentosas figuras del vallenato. Los argumentos detractores se apoyan en la falta de un documento probatorio de ese hecho y lo extremadamente puntual que sería el arribo del instrumento al municipio del Paso en el departamento del Cesar.
Otra de las teorías que se han escuchado sobre la llegada del acordeón a Colombia es que la trajeron consigo los navieros alemanes a través del rio Magdalena. Hay informes del doctor Luis Delio Gómez acerca de la existencia de vapores alemanes navegando por el rio Magdalena desde 1824, para transportar personas, tabaco y mercancías diversas entre Colombia y Alemania. Esto aunado a que en 1847 se decretó la libertad arancelaria, ha hecho suponer que pudo ser la vía de entrada del acordeón a nuestras tierras. Sobre esta teoría, no existen pruebas contundentes.

Por otro lado, Varios folcloristas e investigadores, entre ellos el doctor Tomás Darío Gutiérrez, recuerdan que en América existieron otros grandes puertos como Rio de Janeiro, Nueva Orleans, Santa Marta, Coveñas, entre muchos, y que es muy probable que el acordeón llegara simultáneamente a diversos puntos del continente e incluso de Colombia. Además, muchas personas tenían la posibilidad de viajar a tierras europeas y traer consigo alguno de estos instrumentos, tal como lo registra el ex gobernador del Cesar Jorge Dangond Daza en su libro “de París a Villanueva: Memorias de un Vallenato” [54]. Así el acordeón pudo llegar a Valledupar de diferentes maneras, en diversas épocas y por distintos lugares.

Además de los argumentos cronológicos y geográficos, esta hipótesis cuenta con varios hechos regionales a favor. Algunos de ellos, son testimonios de personas con edades cercanas a los 100 años, en la región de Atanquez (Cesar) y que dan cuenta de la existencia de José León Carrillo Mindiola, un atanquero que viajó a Europa a mediados del siglo XIX para realizar estudios de sacerdocio. Carrillo Mindiola al final, solo trajo consigo, una sotana de seminarista y un acordeón, con el cual acompañó las gaitas en esa tierra a finales de la pasada centuria.

Las anteriores son todas hipótesis, no se tiene con certeza cuál o cuáles son las verdaderas, lo que si se tiene claridad es que el acordeón llegó de Europa, específicamente de Alemania y se quedó en el Cesar y La Guajira donde se encontró con la caja y la guacharaca, tres instrumentos que al juntarse le regalaron a estos departamentos su música más representativa, el vallenato y convirtiendo a Valledupar la Capital mundial de esta bella música orgullo no sólo de los oriundos de estas exóticas y cálidas tierras, sino de todo una nación, más cuando ha sido declarada por la UNESCO Patrimonio cultural inmaterial de la humanidad. Cabe anotar que el acordeón vallenato es modificado en el país.

B. Anexo B: Clasificación de los Tubos Sonoros.

Zagalaz [17] Clasifica los tubos sonoros de la siguiente manera:

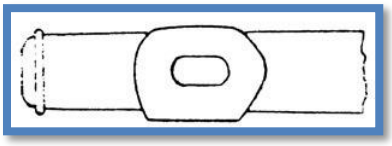
Según el modo de excitación de la columna de aire

Estos pueden ser:

Tubos de embocadura: son tubos sonoros que poseen una abertura convenientemente dispuesta llamada embocadura, uno de cuyos bordes es biselado. Contra este borde incide una corriente de aire que se divide en dos ramas; la rama que penetra en el tubo origina pequeñas vibraciones que a su vez excitan por resonancia la columna aérea contenida en el tubo. Estos se pueden dividir en:

- **Tubos de embocadura directa**. Los tubos de embocadura directa son aquellos en que la corriente de aire es dirigida sobre la embocadura directamente por los labios del ejecutante. La siguiente figura muestra una embocadura de flauta travesera que es el prototipo de los instrumentos de embocadura directa.

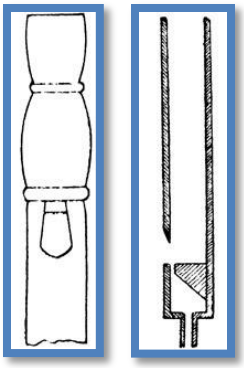
Figura 6-16. Tubos de Embocadura directa



Fuente: Extraído de [17]

- **Tubos de embocadura indirecta:** son aquellos donde la corriente de aire, producida mecánicamente o por el ejecutante, pasa por un tubo llamado *portaviento* antes de incidir sobre el bisel de la embocadura. Las siguientes figuras representa la parte superior de una flauta de pico y a un tubo de órgano, el órgano tiene varias clases de tubos, siendo uno de ellos “tubos de bisel”.

Figura 6-17. Tubos de embocadura indirecta



Fuente: Extraído de [17]

La forma de los tubos de embocadura es muy variada: los hay cónicos, cilíndricos, prismáticos y de tipos intermedios. Se construyen siempre rectos, aunque no hay ningún inconveniente teórico que impida doblarlos. Pueden ser abiertos o cerrados.

Tubos de lengüeta: están formados por pequeñas laminillas elásticas, generalmente de metal o de madera (caña) que sujetas a un soporte de manera conveniente, vibran al paso de una corriente aérea, produciendo sonido; se las clasifica según su mayor o menor libertad de movimiento en dos tipos diferentes: libres y batientes.

- **Tubos de lengüetas libres:** aquellas que vibran libremente a uno y otro lado del plano que determinan cuando están en reposo; esto se obtiene con un soporte cuyos únicos puntos de contacto con la lengüeta son aquellos en que ésta se halla fijada a aquel. Las lengüetas libres son siempre de metal; se utilizan en el armonio, el acordeón, la armónica y otros aerófonos libres.

Figura 6-18. Tubos de Lengüetas libres

Fuente: Extraído de [17]

- **Tubos de lengüetas batientes:** aquellas que baten contra el soporte al cual están sujetas. En estas las vibraciones se hallan restringidas por la presencia del soporte, cosa que no ocurre con las lengüetas libres.

Figura 6-19. Tubos de Lengüetas Batientes

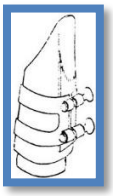
Fuente: Extraído de [17]

Las lengüetas batientes se dividen a su vez en simples y dobles, según el tipo de soporte que utilizan.

- **Tubos de lengüetas batientes simples**: llamadas corrientemente lengüetas simples (cañas), son aquellas que se colocan sobre los bordes de una abertura contra los cuales baten.

  Son utilizadas por los clarinetes, saxofones y por los juegos de lengüeta del órgano, siendo de metal en este instrumento y de madera (caña) en los primeros.

Figura 6-20. Tubos de Lengüetas batientes simples



Fuente: Extraído de [17]

- **Tubos de lengüetas batientes dobles**: llamadas lengüetas dobles, son aquellas que utilizan como soporte otra lengüeta contra la cual baten, batiendo ésta a su vez contra la primera.
  Las lengüetas batientes dobles se construyen siempre de madera (caña) siendo utilizadas por los oboes y fagotes. También utilizan lengüetas dobles algunos instrumentos como la gaita[22].

Figura 6-21. Tubos de Lengüetas Batientes dobles

Fuente: Extraído de [17]

La frecuencia de los sonidos que produce una lengüeta batiente aislada, varía enormemente con la presión del aire que la excita; esto se observa fácilmente

[22] La gaita presenta la particularidad de utilizar simultáneamente lengüetas simples y dobles.

soplando a través de una lengüeta de oboe sin asociarla al tubo del instrumento. En cambio, la frecuencia de los sonidos que producen las lengüetas libres no depende de la presión del aire que las excita, variando sólo su intensidad.

- **Tubos de lengüeta labial o membranácea**: Los principales son trompas, trompetas, trombones y tuba, en este tipo de instrumentos los labios del ejecutante actúan del mismo modo que una lengüeta batiente doble, por lo cual se dice que forman una lengüeta doble membranácea.

  En estos instrumentos la boquilla es muy diferente a la de los instrumentos de lengüeta y de embocadura, pues se la construye con el objeto de ser adosada a los labios del ejecutante en lugar de ser introducida entre ellos.

Según la obtención de las escalas.

Si se ordenaran según su frecuencia los parciales que pueden obtenerse con un tubo sonoro, la escala sería, en el mejor de los casos, igual a la serie de armónicos de la fundamental del tubo. Es evidente que los recursos musicales de un instrumento de esta clase, cuya escala estuviera formada por los parciales de una sola columna aérea, serían muy reducidos. Ahora bien, con la excepción del órgano que posee un tubo sonoro para cada sonido, los instrumentos de viento poseen un tubo sonoro único, debiendo recurrirse por esta razón a diversos artificios para variar la longitud de la columna aérea que contienen, y obtener así un número suficiente de columnas aéreas para formar su escala con las fundamentales y los parciales de dichas columnas.

Los **procedimientos** seguidos para obtener columnas aéreas de diferente longitud sobre un mismo tubo sonoro pueden reducirse a dos:

Perforar sobre sus paredes orificios: de tamaño y posición convenientes que permitan variar la longitud acústica del tubo, determinando la longitud de la columna aérea en el momento en que se destapa o cierra un orificio dado. (**Tubos con orificios**: instrumentos de viento madera, entre otros.)

Estos orificios se controlan mediante los dedos o mediante llaves; éstas son palancas o sistemas de palancas que permiten controlar aquellos orificios cuyo diámetro excede al ancho de la yema de los dedos o cuya situación sobre el tubo no permite un control directo.

No es indiferente el diámetro de los orificios que se perforan sobre un tubo sonoro; para una misma longitud acústica, un orificio de diámetro grande producirá un sonido de frecuencia algo mayor (más agudo) que uno de diámetro más pequeño.

En ciertos instrumentos como el fagot, los orificios exteriores no indican la posición real del orificio sobre la pared interna del instrumento, pues se perforan oblicuamente para agruparlos mejor bajo el control de la mano.

Los instrumentos que utilizan este sistema de orificios forman su escala variando la longitud acústica de sus tubos; cada columna aérea produce su fundamental y un corto número de parciales que se obtienen variando la fuerza del soplo y la tensión de los labios; en los tubos de lengüeta, la obtención de parciales se facilita mediante un portavoz (llaves de octava), pequeño orificio situado cerca del extremo superior de estos tubos, que actúa sobre las columnas de aire como un dedo apoyado ligeramente sobre una cuerda vibrante, es decir, favoreciendo la producción de los parciales de dichas columnas. Algunos instrumentos utilizan dos portavoces (saxofón).

Variar su longitud real mediante porciones de tubo que se conectan al tubo principal obteniéndose así las columnas aéreas deseadas (**Tubos de longitud variable**: instrumentos de viento metal, etc.). Se utilizan tres procedimientos:

- **La Vara** (Trombón de varas): Consiste en cortar el tubo del instrumento y adaptar a sus extremos un tubo en forma de “U”, cuyas ramas enchufan telescópicamente sobre las ramas del tubo fijo. Mediante la vara, la longitud del tubo puede ser variada continuamente, permitiendo obtener diferentes sonidos.
- **Los Pistones** (Trompetas, Trombón de pistones, entre otros.): Generalmente cuando la longitud es variada mediante pistones, uno de éstos, que se considera el primero, produce una serie de parciales situados un tono más bajo que la serie original; otro, considerado segundo, produce un descenso de un semitono y un tercero, produce un descenso de tono y medio. Los pistones pueden utilizarse simultáneamente para lograr descensos mayores. Algunos instrumentos poseen pistones que provocan descensos mayores de un tono y medio (cuarto y quinto pistón)

- **Las Válvulas Rotatorias** (Trompas, Tubas, etc.): Todo lo que he dicho respecto de los pistones puede aplicarse igualmente a las válvulas rotatorias

Según su forma interior, que puede o no coincidir con la exterior pueden ser: **cónicos, cilíndricos y prismáticos**.

Los tubos prismáticos se utilizan solamente en ciertos registros de órgano y en algunos instrumentos primitivos, los demás instrumentos poseen tubos cilíndricos (flauta travesera, entre otros) cónicos (saxofón, fagot, entre otros) o de tipos intermedios (clarinete, oboe, trompeta, entre otros).

C. Anexo C: Prueba de Entrada

GRADO 11° **GRUPO: 11 _____** **FECHA: _____**
ESTUDIANTE: _____
DOCENTE: Ing. MARÍA ANTONIA DÍAZ MENDOZA

LAS SIGUIENTES PREGUNTAS CONSTAN DE CUATRO PROBABILIDADES DE RESPUESTA. MARCA EN LA HOJA DE RESPUESTA UBICADA EN LA PARTE INFERIOR LA QUE CONSIDERES CORRECTA:

1. **¿CON QUÉ CUALIDAD DEL SONIDO ESTÁ RELACIONADA LA AMPLITUD DE ONDA?**
   A. Altura
   B. Duración
   C. Intensidad
   D. Timbre

2. **PARA QUE UN SONIDO SEA GRAVE DEBE TENER:**
   A. Menor número de vibraciones por segundo, es decir menor frecuencia
   B. Menor amplitud de onda, es decir menor intensidad
   C. Mayor número de vibraciones por segundo, es decir mayor frecuencia
   D. Mayor amplitud de onda, es decir mayor intensidad

3. **LA INTENSIDAD, ES LA CUALIDAD QUE NOS PERMITE DISTINGUIR SONIDOS....**
   A. Agudos y fuertes
   B. Fuertes y débiles
   C. Débiles y cortos
   D. Fuertes y graves

4. **DOS SONIDOS PRODUCIDOS POR DOS INSTRUMENTOS DISTINTOS, POR EJEMPLO, LA NOTA LA EN UN ACORDEÓN Y LA NOTA LA EN UN PIANO, PUEDEN TENER LA MISMA FRECUENCIA FUNDAMENTAL (440 HZ) PERO SERÁN ESCUCHADOS DE FORMA DISTINTA POR UNA PERSONA. ESTA CUALIDAD QUE DIFERENCIA UN SONIDO DE OTRO SE DENOMINA:**
   A. Tono.
   B. Amplitud.
   C. Armónica.
   D. Timbre.

5. **UN SONIDO SE PROPAGA POR EL AIRE CON UNA LONGITUD DE ONDA *x* Y UNA VELOCIDAD y. ¿QUÉ PASARÁ CON LA LONGITUD DE ONDA SI SE DUPLICA LA VELOCIDAD A 2y?**
   A. Se duplica
   B. Se reduce a la mitad
   C. Queda igual
   D. Se reduce 4 veces

6. **A MENOR AMPLITUD DE ONDA EL SONIDO, ES MÁS:**
   A. Alto
   B. Grave
   C. Débil
   D. Fuerte

7. **LA ALTURA DE UN SONIDO DEPENDE DE LA FRECUENCIA, QUE ES:**
   A. El número de vibraciones por segundo o hertzios
   B. El número de oscilaciones por hora
   C. El tiempo que tarda en desaparecer el sonido
   D. El tiempo que demora la onda en propagarse

8. **TENIENDO EN CUENTA EL COMPORTAMIENTO DE LOS TUBOS SONOROS, SELECCIONA LA UBICACIÓN CORRECTA DE LOS SIGUIENTES INSTRUMENTOS MUSICALES DONDE CORRESPONDAN:**

1. Saxofones
2. Flauta Travesera
3. Trompetas
4. Trompas

Tubos Abiertos	Tubos Cerrados
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

A. 1, 2 y 3 en tubos abiertos y 4 en tubos cerrados
B. 1, 3 y 4 en tubos abiertos y 2 en tubos cerrados
C. 1 en tubos abiertos y 2, 2, 4 en tubos cerrados
D. ninguno en tubos cerrados y todos en tubos abiertos

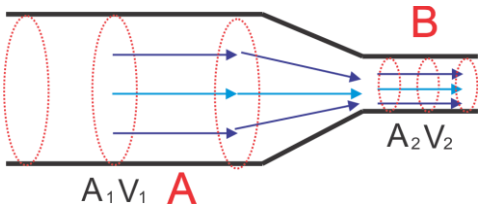
DEL SIGUIENTE TEXTO RESPONDE LAS PREGUNTAS 9 Y 10

JUAN ESTÁ DISFRUTANDO UN RICO BAÑO EN LAS FRÍAS AGUAS DEL RÍO BADILLO Y SOFÍA ESTÁ ACOSTADA SOBRE UNA TOALLA REPOSANDO JUNTO A LA ORILLA, SU HIJO JAVIER ESTÁ A LA MISMA DISTANCIA DE AMBOS, (6 m) Y ESTÁ TOCANDO MELODÍAS VALLENATAS CON SU ACORDEÓN A LA OTRA ORILLA DEL RÍO, MIENTRAS MARGARITA, LA OTRA HIJA EMITE SONIDOS GOLPEANDO DOS PRIEDRAS DEBAJO DEL AGUA.

9. ¿CUÁL DE LOS DOS SONIDOS ESCUCHA PRIMERO JUÁN?
A. Juan, escucha primero el sonido de las piedras debajo del agua
B. Juan escucha primero el acordeón de Javier.
C. Juan no escucha ninguno de los dos sonidos porque está sumergido en el agua
D. Juan escucha los dos sonidos al mismo tiempo

10. ¿CUÁL DE LOS DOS SONIDOS ESCUCHA PRIMERO SOFÍA?
A. Sofía no escucha ninguno de los dos sonidos
B. Escucha primero el sonido de las piedras, puesto que éstas hacer mayor ruido
C. Escucha primero el acordeón de Javier
D. Escucha los dos sonidos al mismo tiempo

TENIENDO EN CUENTA LA SIGUIENTE IMAGEN RESPONDE LAS PREGUNTAS 11 Y 12. LA IMAGEN CORRESPONDE A UN TUBO SONORO, LAS FLECHAS REPRESENTAN EL AIRE MOVIÉNDOSE POR LA ESTRUCTURA DEL TUBO



Ten en cuenta que:

$$A_1V_1 = A_2V_2$$

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

11. ES CORRECTO AFIRMAR QUE LA FRECUENCIA DEL SONIDO DEL AIRE VIBRANDO EN EL PUNTO *B* ES CON RESPECTO A LA FRECUENCIA DEL SONIDO DEL AIRE VIBRANDO EN EL PUNTO *A* ES:
A. Igual, la frecuencia es la misma en todo el tubo
B. Diferente, debido a la diferencia de área por donde circula el aire
C. No se pude determinar ya que no se conoce la frecuencia en el punto A
D. Diferente, debido a que por el punto B no circula el aire

12. LA VELOCIDAD DEL SONIDO DEL AIRE VIBRANDO EN EL PUNTO *B* ES CON RESPECTO A LA VELOCIDAD DEL SONIDO DEL AIRE VIBRANDO EN EL PUNTO *A*:
A. Mayor
B. Igual
C. Menor
D. No se puede saber

HOJA DE RESPUESTA

NOMBRE: _____**GRADO:** _____

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
C	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
D	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

MUCHAS GRACIAS POR TU PARTICIPACIÓN

D. Anexo D: Tabulación y Gráficas de la Prueba de Entrada a los grupos piloto y control.

Tabulación Prueba de Entrada Grupo piloto

Esta prueba fue aplicada a los 38 estudiantes del grado 11º03 el día 25 de febrero de 2016, las respuestas consignadas por ellos se relacionan en la Tabla 5-2:

Tabla 6-2. Resultados Prueba de Entrada Grupo Piloto.

Número de Pregunta	Número de estudiantes que respondieron de manera correcta	Número de estudiantes que respondieron de manera incorrecta
1	35	3
2	3	35
3	11	27
4	2	36
5	10	28
6	17	21
7	12	26
8	15	23
9	22	16
10	31	7
11	26	12
12	14	24

Fuente: (Díaz Mendoza, 2016)

Tabulación Prueba de Entrada Grupo Control

Esta prueba fue aplicada a los 34 estudiantes del grado 11º01 el día 26 de febrero de 2016, las respuestas consignadas por ellos se relacionan en la Tabla 5-3:

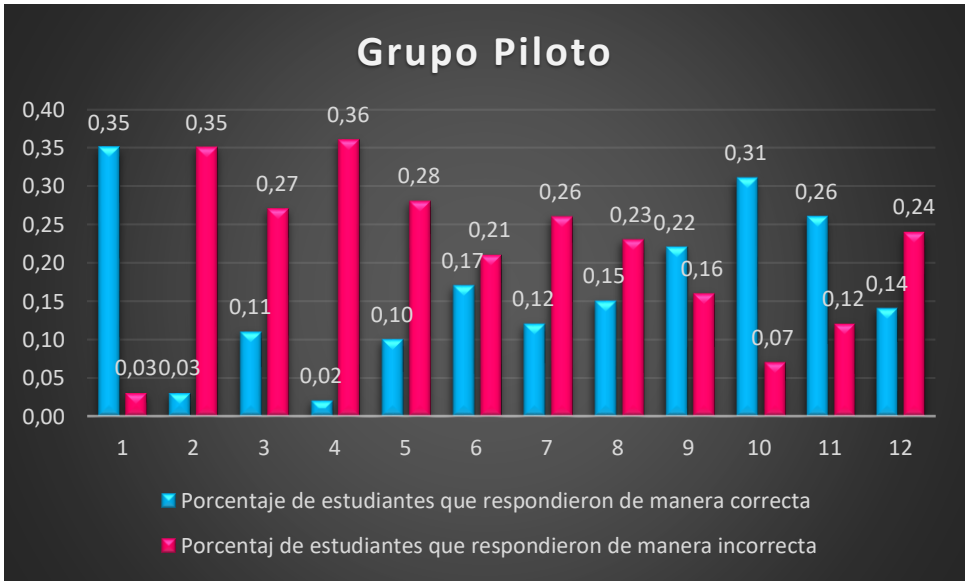
Tabla 6-3. Resultados Prueba de Entrada Grupo Control

Número de Pregunta	Número de estudiantes que respondieron de manera correcta	Número de estudiantes que respondieron de manera incorrecta
1	28	6
2	4	30
3	3	31
4	6	28
5	2	32
6	17	17
7	23	11
8	12	22
9	27	7
10	26	8
11	20	14
12	6	28

Fuente: (Díaz Mendoza, 2016)

Gráfico Prueba de Entrada Grupo piloto

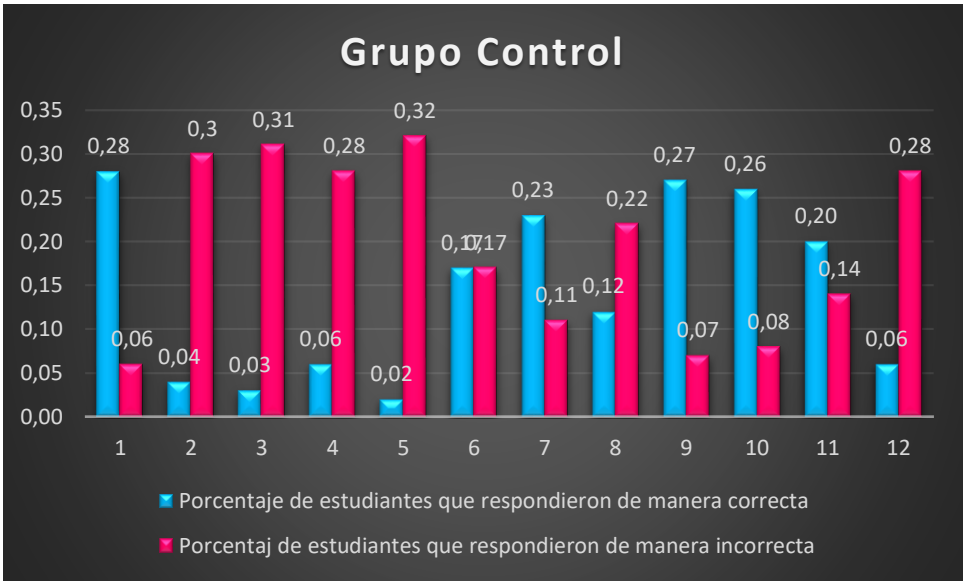
Gráfica 6-1. Resultados prueba de entrada grupo piloto.



Fuente: (Díaz Mendoza, 2016)

Gráfico Prueba de Entrada Grupo Control.

Gráfica 6-2. Resultados prueba de entrada grupo Control.



Fuente: (Díaz Mendoza, 2016)

E. Anexo E: Guía # 1

GRADO 11° **GRUPO:** _____ **FECHA:** _____
ESTUDIANTE: _____
DOCENTE: Ing. MARÍA ANTONIA DÍAZ MENDOZA
TÍTULO DE LA ACTIVIDAD: El Sonido es una Onda
OBJETIVO:
Identificar gráficamente el sonido como una onda.
ACTIVIDADES PROPUESTAS

1. **Realiza los siguientes pasos:**
   - Ingresa a la herramienta
   - Produce un sonido al dar clic sobre uno de los botones que simula el pito del acordeón y luego pulsa reproducir
   - Pulsa el botón pausa.
   - Observa la gráfica de la onda generada
2. **Dibuja la gráfica observada y describe sus características**

1.

Identifica (PINTANDO CON OTRO COLOR SOBRE ELLA) en la gráfica los siguientes elementos:

1. Amplitud de la onda
2. Cresta
3. Valle
4. Longitud de onda

Teniendo en cuenta el dibujo anterior, establece lo siguiente:

5. La Gráfica representa una onda periódica: Sí ____ No ____ ¿Por qué? _____
_____
_____
6. La amplitud de la onda en la gráfica es contante: Sí ____ No ____ ¿Por qué? _____
_____
_____
7. La longitud de la onda en la gráfica es contante: Sí ____ No ____ ¿Por qué? _____
_____
_____
8. Calcula la Frecuencia espacial de la onda: (# de ondas por unidad de longitud: cuántas ondas hay en 1 cm) _____

REPITE ESTE PROCESO HASTA COMPLETAR 5 SONIDOS DIFERENTES Y NUMÉRALAS DEL 1 AL 5

2.

Identifica (PINTANDO CON OTRO COLOR SOBRE ELLA) en la gráfica los siguientes elementos:

1. Amplitud de la onda
2. Cresta
3. Valle
4. Longitud de onda

Teniendo en cuenta el dibujo anterior, establece lo siguiente:

5. La Gráfica representa una onda periódica: Sí ____ No ____ ¿Por qué? _____
_____
_____

6. La amplitud de la onda en la gráfica es contante: Sí ____ No ____ ¿Por qué? _____
_____
_____
_____

7. La longitud de la onda en la gráfica es contante: Sí ____ No ____ ¿Por qué? _____
_____
_____

8. Calcula la Frecuencia espacial de la onda: _____

3.

Identifica (PINTANDO CON OTRO COLOR SOBRE ELLA) en la gráfica los siguientes elementos:

1. Amplitud de la onda
2. Cresta
3. Valle
4. Longitud de onda

Teniendo en cuenta el dibujo anterior, establece lo siguiente:

5. La Gráfica representa una onda periódica: Sí ____ No ____ ¿Por qué? _____
_____
_____

6. La amplitud de la onda en la gráfica es contante: Sí ____ No ____ ¿Por qué? _____
_____
_____
_____

7. La longitud de la onda en la gráfica es contante: Sí ____ No ____ ¿Por qué? _____
_____
_____

8. Calcula la Frecuencia espacial de la onda: _____

4.

Identifica (PINTANDO CON OTRO COLOR SOBRE ELLA) en la gráfica los siguientes elementos:

1. Amplitud de la onda
2. Cresta
3. Valle
4. Longitud de onda

Teniendo en cuenta el dibujo anterior, establece lo siguiente:

5. La Gráfica representa una onda periódica: Sí ____ No ____ ¿Por qué? _____
_____
_____

6. La amplitud de la onda en la gráfica es contante: Sí ____ No ____ ¿Por qué? _____

_____
_____
_____

7. La longitud de la onda en la gráfica es contante: Sí ____ No ____ ¿Por qué? _____
_____
_____

8. Calcula la Frecuencia espacial de la onda: _____

5.

1. Amplitud de la onda
2. Cresta
3. Valle
4. Longitud de onda

Teniendo en cuenta el dibujo anterior, establece lo siguiente:

1. La Gráfica representa una onda periódica: Sí ____ No ____ ¿Por qué? _____
_____
_____

2. La amplitud de la onda en la gráfica es contante: Sí ____ No ____ ¿Por qué? _____
_____
_____
_____

3. La longitud de la onda en la gráfica es contante: Sí ____ No ____ ¿Por qué? _____
_____
_____

4. Calcula la Frecuencia espacial de la onda: _____

OBSERVACIONES: _____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

F. Anexo F: Guía # 2

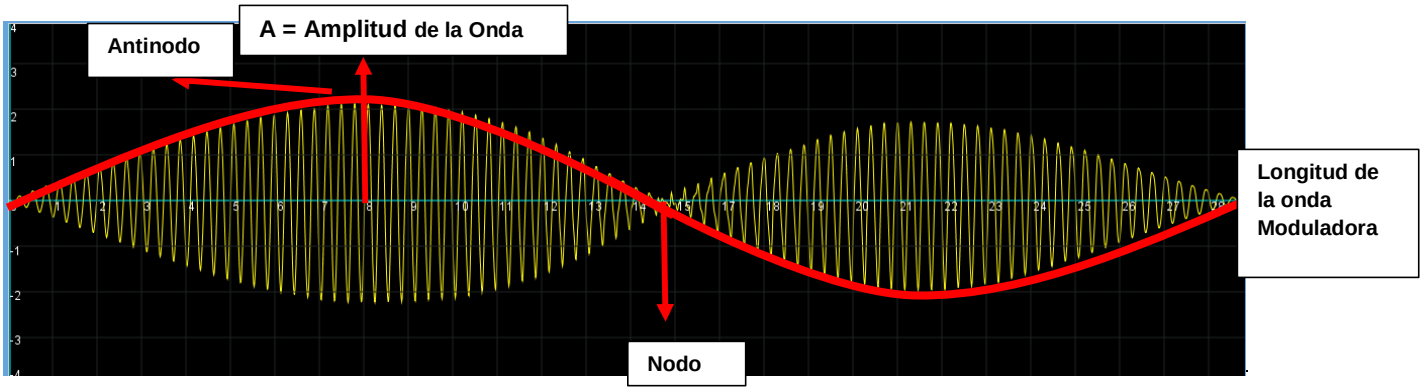
GRADO 11° **GRUPO:** _____ **FECHA:** _____
ESTUDIANTE: _____
DOCENTE: Ing. MARÍA ANTONIA DÍAZ MENDOZA

TÍTULO DE LA ACTIVIDAD: CUALIDADES DEL SONIDO: INTENSIDAD
OBJETIVO: Establecer la relación entre la amplitud de la onda sonora y la intensidad del sonido.

ACTIVIDADES PROPUESTAS

3. **Realiza los siguientes pasos:**
   - Ingresa a la herramienta
   - Produce un sonido al dar clic sobre uno de los botones que simula el pito del acordeón y luego pulsa reproducir
   - Pulsa el botón pausa.
   - Observa la gráfica de la onda generada

Teniendo en cuenta la gráfica generada calcula:
La altura de la onda: Corresponde al pico más alto de la onda, tal como se establece en la gráfica:



Repite este proceso para cuatro sonidos más. Registra:

Amplitud de la onda del primer sonido: _____
Amplitud de la onda del primer sonido: _____
Amplitud de la onda del primer sonido: _____
Amplitud de la onda del primer sonido: _____
Amplitud de la onda del primer sonido: _____

Teniendo en cuenta los resultados de las Amplitudes anteriores, organiza de la menor a la mayor Amplitud de la Onda:

_____	_____	_____	_____	_____
Amplitud 1	Amplitud 2	Amplitud 3	Amplitud 4	Amplitud 5

Escucha nuevamente los mismos 5 sonidos anteriores y determina:

Qué sonido fue el más fuerte (MAYOR INTENSIDAD SONORA): _____
Qué sonido fue el más débil (MENOR INTENSIDAD SONORA): _____
Teniendo en cuenta la comparación que se hizo anteriormente, y cuál sonido es más fuerte o más débil, responde las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál de los sonidos tiene mayor amplitud de onda? _____
2. ¿Cuál de los sonidos tiene menor amplitud de onda? _____
3. ¿Existe relación entre la amplitud de la onda del sonido y la intensidad del sonido? _____
4. ¿Qué relación puedes observar entre la amplitud de la onda del sonido y la intensidad del sonido? _____
_____
_____

OBSERVACIONES: _____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

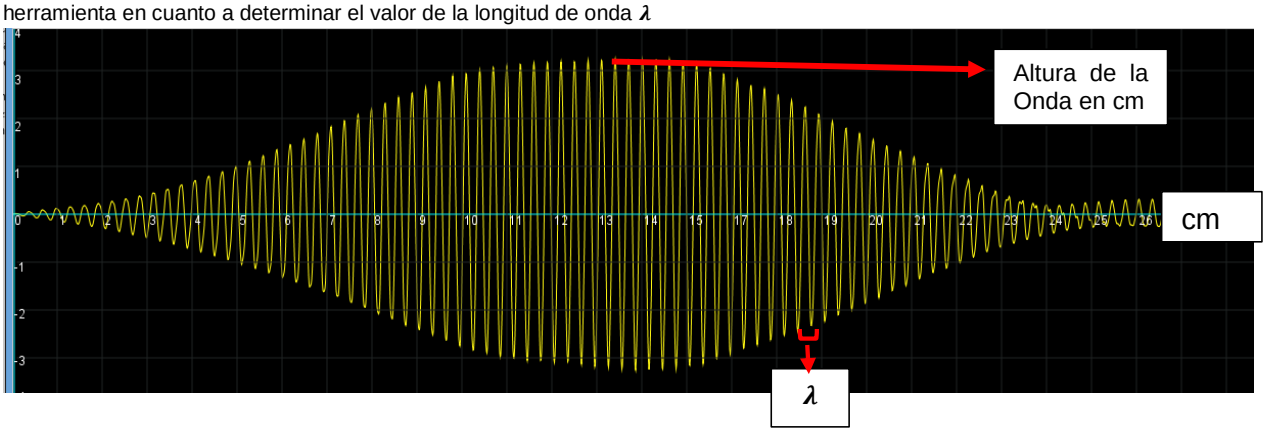
G. Anexo G: Guía # 3

GRADO 11° **GRUPO:** _____ **FECHA:** _____
ESTUDIANTE: _____
DOCENTE: Ing. MARÍA ANTONIA DÍAZ MENDOZA
TÍTULO DE LA ACTIVIDAD: CUALIDADES DEL SONIDO: TONO
OBJETIVO: Establecer la relación entre la Frecuencia y el Tono del sonido.

ACTIVIDADES PROPUESTAS
Realiza los siguientes pasos:

- Ingresa a la herramienta AcusticAcordeón
- Produce un sonido al dar clic sobre uno de los botones que simula el pito del acordeón.
- Pulsa el botón pausa.
- Observa y describe la gráfica de la onda generada

Teniendo en cuenta la gráfica Realiza lo siguiente:
Establece el valor de la Longitud de Onda del sonido producido: Ten en cuenta la explicación de la docente en el uso de la herramienta en cuanto a determinar el valor de la longitud de onda $\boldsymbol{\lambda}$



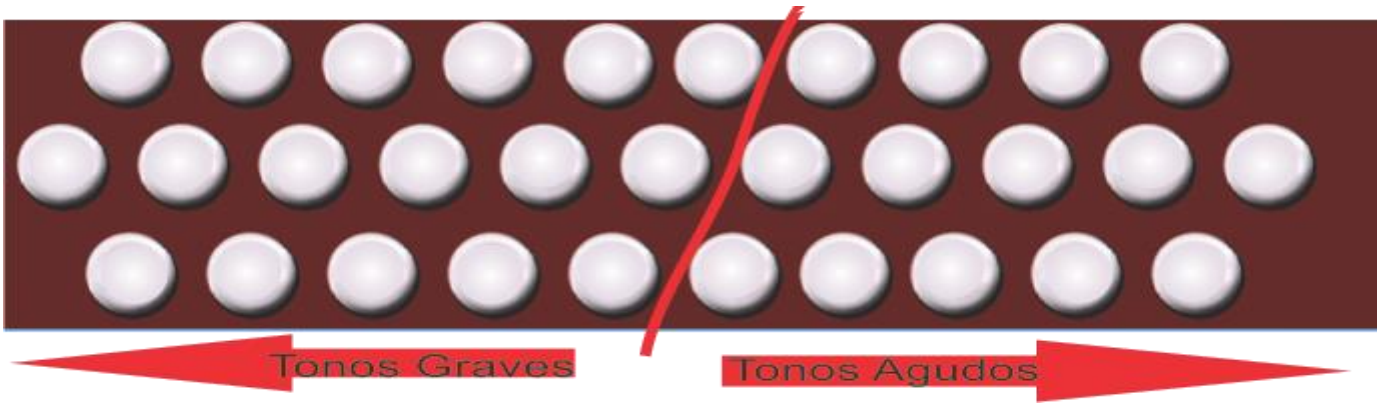
La frecuencia se relaciona con la velocidad del sonido y la longitud de onda mediante la ecuación $\boldsymbol{\lambda} = \frac{v}{f}$, Donde v es la Velocidad del sonido en el aire que corresponde a: $34000\ cm/s$, f es la frecuencia del sonido y $\boldsymbol{\lambda}$ es la Longitud de onda. Calcular la Frecuencia para el primer sonido producido despejándola de la ecuación $\boldsymbol{\lambda} = \frac{v}{f}$ → $\boldsymbol{f} = \frac{v}{\lambda}$

Repite este proceso para cuatro sonidos más.

Frecuencia del primer sonido: _____
Frecuencia del Segundo Sonido: _____
Frecuencia del Tercer Sonido: _____
Frecuencia del Cuarto Sonido: _____
Frecuencia del Quinto Sonido: _____

Teniendo en cuenta los resultados de las frecuencias anteriores, organiza de la menor a la mayor frecuencia:

_____	_____	_____	_____	_____
Frecuencia 1	Frecuencia 2	Frecuencia 3	Frecuencia 4	Frecuencia 5



Ubica los sonidos seleccionados en el esquema anterior y determina lo siguiente

Qué sonido fue el más agudo (TONO ALTO): _____

Qué sonido fue el más grave (TONO BAJO): _____

Teniendo en cuenta la comparación que se hizo anteriormente, y cuál sonido es más Agudo o más grave, responde las siguientes preguntas:

5. ¿Cuál de los sonidos tiene mayor frecuencia? _____
6. ¿Cuál de los sonidos tiene menor frecuencia? _____
7. ¿Qué relación puedes observar entre la frecuencia y el tono de los sonidos emitidos? _____
_____

OBSERVACIONES: _____
_____
_____
_____
_____

H. Anexo H: Guía # 4

GRADO 11° **GRUPO:** _____ **FECHA:** _____
ESTUDIANTE: _____
DOCENTE: Ing. MARÍA ANTONIA DÍAZ MENDOZA
TÍTULO DE LA ACTIVIDAD: CUALIDADES DEL SONIDO: TIMBRE
OBJETIVO: Establecer la relación entre la Forma de la onda y el timbre del sonido.
ACTIVIDADES PROPUESTAS
Realiza los siguientes pasos:

- Ingresa a la herramienta AcusticAcordeón
- Produce un sonido al dar clic sobre uno de los botones que simula el pito del acordeón. Selecciona la nota que vas a presionar y anótala: _____
- Pulsa el botón pausa.
- Observa y describe la gráfica de la onda generada

Dibuja la gráfica de la onda del primer sonido:

1.

Calcula la frecuencia del sonido en Hz aplicando la siguiente ecuación: $\boldsymbol{f} = \frac{v}{\lambda}$ Donde $v = 34000\ cm/s$
Frecuencia del primer sonido: _____

Repite este proceso para otro pito de la misma línea que produzca la misma nota anterior:
Dibuja la gráfica de la onda del segundo sonido con la misma nota:

2.

- Compara las gráficas y registra tus observaciones:
  1. ¿El valor de frecuencia son iguales? Sí _____ No _____
  2. La forma de la Onda en los dos sonidos es igual: Si _____ No _____
  3. ¿El sonido emitido es el mismo en las dos notas? Sí _____ No _____
  4. ¿Por qué crees que los sonidos de igual frecuencia se escuchan diferente? _____

_____
_____
_____

OBSERVACIONES: _____
_____
_____
_____
_____
_____

I. Anexo I: Evaluación Final

GRADO 11° **GRUPO: _____** **FECHA: _____**

ESTUDIANTE: _____

DOCENTE: Ing. MARÍA ANTONIA DÍAZ MENDOZA

LAS SIGUIENTES PREGUNTAS CONSTAN DE CUATRO PROBABILIDADES DE RESPUESTA. MARCA EN LA HOJA DE RESPUESTA UBICADA EN LA PARTE INFERIOR LA QUE CONSIDERES CORRECTA:

1. **LA INTENSIDAD EN LA CUALIDAD DEL SONIDO QUE SE RELACIONA CON…**
   - **A.** Tono
   - **B.** Frecuencia
   - **C.** Amplitud de la Onda
   - **D.** Forma de la Onda
2. **A MAYOR FRECUENCIA EL SONIDO VA A SER:**
   - **A.** Grave, puesto que la frecuencia en un sonido es muy alta
   - **B.** Bajo porque casi no se va a escuchar
   - **C.** Alto porque la frecuencia define el timbre del sonido
   - **D.** Agudo, porque a mayor frecuencia, el tono del sonido también es más alto.
3. **LA CUALIDAD DEL SONIDO QUE PERMITE DISTINGUIR ENTRE SONIDOS FUERTES Y DÉBILES SE LLAMA**
   - **A.** Tono
   - **B.** Intensidad
   - **C.** Timbre
   - **D.** Frecuencia
4. **LA CUALUDAD DEL SONIDO QUE PERMITE DISTINGUIR ENTRE DOS SONIDOS DE IGUAL FRECUENCIA QUE SE ESCUCHAN DIFERENTES ES:**
   - **A.** Tono.
   - **B.** Amplitud.
   - **C.** Armónica.
   - **D.** Timbre.
5. **LA RELACIÓN DE PROPORCIONALIDAD ENTRE LA LONGITUD DE LA ONDA SONORA Y LA VELOCIDAD ES**
   - **A.** Inversamente Proporcional, cuando la longitud de la onda aumenta la velocidad disminuye
   - **B.** Directamente proporcional, cuando la longitud de la onda aumenta la velocidad aumenta
   - **C.** No tienen ninguna relación de proporcionalidad
   - **D.** La onda sonora no tiene longitud
6. **LA FORMA DE LA ONDA SONORA SE RELACIONA CON:**
   - **A.** El Timbre del sonido
   - **B.** El Tono del sonido
   - **C.** La fuerza del sonido
   - **D.** La Intensidad del sonido
7. **CUANDO EL SONIDO ES PRODUCIDO POR PROCESOS FÍSICOS, TAL COMO LA VIBRACIÓN DEL AIRE AL INTERIOR DE UN INSTRUMENTO DE VIENTO, AL CALCULAR EL NÚMERO DE VIBRACIONES POR SEGUNDO O HERTZIOS ESTAMOS CALCULANDO…**
   - **A.** El Timbre del Sonido
   - **B.** La longitud del instrumento
   - **C.** **La frecuencia del sonido**
   - **D.** El tiempo que demora la onda sonora en propagarse
8. **TENIENDO EN CUENTA EL COMPORTAMIENTO DE LOS TUBOS SONOROS, SELECCIONA LA UBICACIÓN CORRECTA DE LOS SIGUIENTES INSTRUMENTOS MUSICALES DONDE CORRESPONDAN:**
   1. Saxofones
   2. Flauta Travesera
   3. Trompetas
   4. Trompas

Tubos Abiertos	**Tubos Cerrados**
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

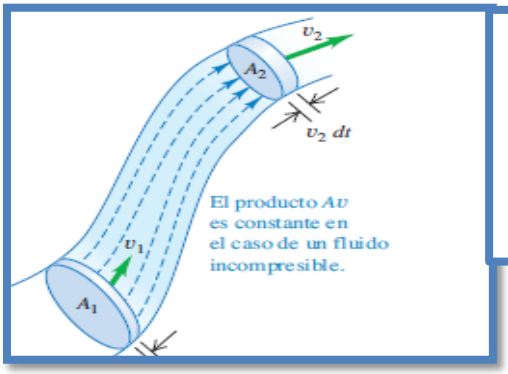
   - **A.** 1, 2 y 3 en tubos abiertos y 4 en tubos cerrados
   - **B.** 1, 3 y 4 en tubos abiertos y 2 en tubos cerrados
   - **C.** 1 en tubos abiertos y 2, 3, 4 en tubos cerrados
   - **D.** ninguno en tubos cerrados y todos en tubos abiertos
9. **LA VELOCIDAD DE UN SONIDO PRODUCIDO Y ESCUCHADO DEBAJO DEL AGUA EN COMPARACIÓN CON LA VELOCIDAD DE UN SONIDO EN LAS MISMAS CONDICIONES PRODUCIDO Y ESCUCHADO EN EL AIRE ES**

A. Igual, puesto que es el mismo sonido
B. Diferente, puesto que debajo del agua el sonido se propaga con mayor rapidez
C. Igual, puesto que la rapidez con que se propaga un sonido es la misma en diferentes medios
D. Diferente, debido a que en el aire el sonido es más rápido.

10. AL HACER VIBRAR UN CUERPO, NO SE OBTIENEN SONIDOS PUROS, SINO UNO COMPUESTO DE SONIDOS DE DIFERENTES FRECUENCIAS. ESTOS SONIDOS SON LLAMADOS:

A. Sonidos probables
B. Ruido
C. Frecuentes
D. Armónicos

TENIENDO EN CUENTA LA SIGUIENTE IMAGEN RESPONDE LAS PREGUNTAS 11 Y 12. LA IMAGEN CORRESPONDE A UN TUBO SONORO, LAS FLECHAS REPRESENTAN EL AIRE MOVIÉNDOSE POR LA ESTRUCTURA DEL TUBO



Ten en cuenta que:

$$A_1V_1 = A_2V_2$$

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

11. SI A_1 ES MAYOR A A_2, LA VELOCIDAD V_1 ES, CON RESPECTO A LA VELOCIDAD V_2:

A. Mayor
B. Igual
C. Menor
D. No se puede saber

12. AL OBSERVAR LA IMAGEN SE PUEDE AFIRMAR QUE EL PRODUCTO DEL ÁREA TRANSVERSAL A Y LA VELOCIDAD V EN CUALQUIER PUNTO ES UNA CONSTANTE. LO ANTERIOR SE EXPRESA EN UNA ECUACIÓN CONOCIDA COMO:

A. Ecuación del sonido
B. Ecuación de continuidad de un fluido
C. Ecuación de pascal
D. Ecuación de Bernoulli

13. CUALQUIER SONIDO PUEDE PERCIBIRSE MEDIANTE TRES CARACTERÍSTICAS PERCEPTUALES, LAS CUALES SON:

A. Tono, Intensidad y Frecuencia
B. Tono, Timbre e Intensidad
C. Frecuencia, amplitud y forma de onda.
D. Amplitud, Tono e Intensidad

14. LOS INSTRUMENTOS MUSICALES DE VIENTO SON TUBOS EN LOS CUALES LA COLUMNA DE AIRE QUE VIBRA ES EXCITADA POR DIFERENTES MEDIOS, EN EL ACORDEÓN LA COLUMNA DE AIRE ES EXITADO POR:

A. Una corriente o un soplo de aire
B. Las vibraciones de los labios del músico
C. Las vibraciones de una lengüeta
D. La mano del acordeonero

DEL SIGUIENTE TEXTO RESPONDE LA PREGUNTA 15

JUAN ESTÁ SUMERGIDO DISFRUTANDO UN RICO BAÑO EN LAS FRÍAS AGUAS DEL RÍO BADILLO SU HIJO JAVIER ESTÁ Y ESTÁ TOCANDO MELODÍAS VALLENATAS CON SU ACORDEÓN A UNA DISTANCIA DE 6 m, MIENTRAS MARGARITA, LA OTRA HIJA EMITE SONIDOS GOLPEANDO DOS PRIEDRAS DEBAJO DEL AGUA A LA MISMA DISTANCIA DE JUAN.

15. ¿CUÁL DE LOS DOS SONIDOS ESCUCHA PRIMERO JUÁN?

A. Juan, escucha primero el sonido de las piedras debajo del agua
B. Juan escucha primero el acordeón de Javier.
C. Juan no escucha ninguno de los dos sonidos porque está sumergido en el agua
D. Juan escucha los dos sonidos al mismo tiempo

HOJA DE RESPUESTA

NOMBRE: _____ **GRADO:** _____

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
C	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
D	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

MUCHAS GRACIAS POR TU PARTICIPACIÓN

7. Bibliografía

[1] Diccionario Harvard de la Música , Sonido, 1997.

[2] J. M. Campanario y A. Moya, «¿CÓMO ENSEÑAR CIENCIAS? PRINCIPALES TENDENCIAS Y PROPUESTAS,» Grupo de Investigación en Aprendizaje de las Ciencias. Departamento de Física. Universidad de Alcalá de Henares., Alcalá de Henares. Madrid, 1999.

[3] F. Perales, «Escuchando el sonido: concepciones sobre acústica en alumnos de distintos niveles educativos,» Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona - España, 1997.

[4] J. ROIG, El Sonido Un tema Olvidado. Cuadernos de Pedagogía, 1982.

[5] A. Martín, Apuntes de Acústica, Creative Commons, 2014.

[6] R. A. Serway y J. W. Jewett, Física para Ciencias e Ingeniería, Cengage Learning, 2008.

[7] H. Young y R. Freedman, Fisica Universitaria, México: Pearson, 2009.

[8] C. Perez y J. M. Zamanillo, «Fundamentos de televisión analógica y digital,» Universidad de Cantabria, Santander, 2003.

[9] J. C. Asinsten, «El sonido: Edición de sonido en computadora, para proyectos en Clic, multimedia y otras actividades educativas. Teoría y práctica,» Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, Buenos Aires - Argentina, 2006.

[10] D. Giancoli, «Física para ciencia e ingeniería,» Pearson, México, 2006.

[11] J. Wilson, A. Buffa y B. Lou, Física, México: Pearson, 2007.

[12] P. E. Tippens, Física, conceptos y aplicaciones, México: Mc Graw Hill, 2011.

[13] D. Giancoll, Física: Principios con aplicaciones, México: Pearson, 2006.

[14] E. Maor, e; historia de un npumero, México: CONACULTA, 2006.

[15] R. Serway y J. Jewett, Física para ciencias e ingeniería con física moderna, México: Cengage learning, 2009.

[16] A. Perea, Mecánica y Ondas, Madrid: UNED, 2004.

[17] B. Zagalaz Lijarcio, «Física de los tubos sonoros,» 2012. [En línea]. Available: http://www.csmcordoba.com/revista-musicalia/musicalia-numero-3/198-fisica-de-los-tubos-sonoros.

[18] R. Llanos, Capítulo I: Érase una vez… sobre la historia del acordeón y su repertorio, “Pun txan txan”, Vitoria (España): Auto publicación , Distribución Erviti, 2004.

[19] R. Llanos, M. d. J. Elejalde, E. Macho y J. A. Moral, «El conocimiento de los Mecanismos acústicos del acordeón y su utilización en el proceso de interpretación y de enseñanza musical,» *Música Y Educación Num. 60,* pp. 89- 108, 2004.

[20] Oxforde University, Diccionario de informática Traducido por Blanco de Mendizábal Allende, Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 1993.

[21] A. Freedman, Glosario de computación. ¡Mucho más que un glosario!, México: McGraw Hill, 1984.

[22] R. Castellanos, 2001. [En línea]. Available: http://www.elsoftware.com.mx.

[23] M. A. Martínez Ruiz y P. Sauleda, Informática: usos didácticos convencionales., Márfil, 1995.

[24] J. L. Rodríguez Diéguez y O. Sáenz Barrio, Tecnología Educativa. Nuevas tecnologías aplicadas a la educación., 2001.

[25] R. Sánchez Montoya, Ordenador y discapacidad, Madrid: CEPE, 1997.

[26] G. P. Marqués, «MULTIMEDIA EDUCATIVO: CLASIFICACIÓN, FUNCIONES, VENTAJAS E INCONVENIENTES,» 01 Enero 2005. [En línea]. Available: http://www.pangea.org/peremarques/funcion.htm..

[27] J. Sánchez, Construyendo y Aprendiendo con el Computador, La Habana: Pueblo y Educación, 1999.

[28] C. Labañino, «la evaluación de los software para su aplicación en el contexto escolar,» 2005.

[29] B. Gates, Camino al Futuro, Mc Graw- Hill, 1997.

[30] S. Morejón Labrada, «EL SOFTWARE EDUCATIVO UN MEDIO DE ENSEÑANZA EFICIENTE,» *Cuadernos de Educación y Desarrollo Vol 3, Nº 29 ,* 2011.

[31] J. Cabero, «Las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación y la formación del profesorado universitario,» de *Congreso Internacional Virtual de Educación.* , 2006.

[32] UNESCO, «Educación de Calidad en la era digital,» Buenos Aires, 2011.

[33] V. S. .. Riveros y M. I. Mendoza, «Bases teóricas para el uso de las TIC en Educación,» *Encuentro Educacional,* pp. 315 -336, 2005.

[34] A. Peña Ayala, Ingeniería de Software: Una Guía para Crear Sistemas de Información, México D.F.: INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, 2006.

[35] S. Palella y F. Martins, Metodología de la investigación Cuantitativa, Fedupel, 2010.

[36] F. G. Arias, «El Proyecto de Investigación,» Caracas, 2012.

[37] R. R. Hake, «Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses,» vol. 66, nº 1, 1998.

[38] D. T. Wood, est Construction: Development and Interpretation of Achievement Tests, Columbus: Charles E. Merrill Books, 1960.

[39] E. Backhoff Escudero, N. Larrazolo Reyna y M. Rosas Morales, «Nivel de dificultad y poder de discriminación del Examen de Habilidades y Conocimientos Básicos (EXHCOBA),» *Redie, Revista Electrónica de Investigación Educativa,* vol. 2 , nº 1 , 2000.

[40] T. E. Miller, Traditional Music Of The Lao: Kaen Playing, Greenwood Press, 1985.

[41] G. Hermosa, El acordeón en el siglo XIX, Kattigara, 2013.

[42] P. Monichon, “L`accordéon”, Payot, Lausanne (Switzerland): Van de Velde, 1985.

[43] H. Strahl Harrington y G. Kubik, Accordion, from “New Grove Dictionary of Music and Musicians” 2nd edition.), London (England: MacMillan, 2000.

[44] A. Mirek, Libro de Referencia en la armónica, Moscú (Rusia): Auto publicación, 1992.

[45] M. ”. Dieterlen, “L`Harmonium, Lille (Francia): Aterlier Nacional de reproduction de thèse,, 1996.

[46] B. Bugiolachi, Z. Frati y M. Morini, Castelfidardo e la storia della fisarmonica, Castelfidardo (Italia): Oficina asesora de Cultura y Turismo de la administración de Castelfidardo en la provincia de Ancona, 1986.

[47] G. Gagliardi, Manualetto del fisarmonicista, Bochum (Alemania): Augemus, 1911.

[48] J. Macerollo, Accordion Resource Manual, Canada: The Avondale Press, 1980.

[49] E. Rosinskiej, «Historia Akordeonu,» 28 Abril 2011. [En línea]. Available: http://www.cyja.pl/historiaakordeonu.php.

[50] V. Zavialov, El acordeonista: Del folklore a la alta profesionalidad, Voronej (URSS): Traducido al español por José María López, 1977.

[51] C. (. Mensing, «La Histooria del Bandoneon,» 10 Diciembre 2010. [En línea]. Available: http://www.inorg.chem.ethz.ch/tango/band/band_node7.html .

[52] H. Doktorski, «The Classical Free-Reed, Inc.: A Short History of the Free-Reed Instruments in Classical Music: The Classical Accordion, part 1,» 10 Febrero 1998. [En línea]. Available: http://www.ksanti.net/free- reed/history/classic.html.

[53] B. Maurice, «Le Bayan,» 16 Febrero 2011. [En línea]. Available: http://appassionata.free.fr/pages/anglais/le%20bayan2eng.html.

[54] J. Dangón Daza, De París a Villanueva: memorias de un vallenato, Plaza & Janés, 1990.

[55] S. D. Suárez Vinueza, «La importancia del sonido en los audiovisuales,» Tesis Universidad de Palermo, Palermo, 2012.

[56] F. Blanco, «Acústica,» Texto educativo. Universidad de , 2011.

[57] H. Rodriguez Plata, La inmigración alemana y el Estado Soberano de Santander en el siglo XIX, Kelly, 1968.

[58] P. Marqués, La informática como medio didáctico: software educativo, posibilidades e integración curricular, 2000.

[59] B. J. Poole, Tecnología Educativa. Educar para la sociocultura de la comunicación y del conocimiento, Madrid: Mc GrawHill (2ª edición), 1999.

[60] B. Gros, «Del software educativo a educar con software,» 1997. [En línea]. Available: http://www.quadernsdigitals.net/articuloquaderns.asp?IdArticle=3743.pdf.

[61] A. Rivero, El uso de la computadora como medio de enseñanza, La Habana: Pueblo y Educación, 1999.

[62] COLECTIVO DE AUTORES. SPETP., Folleto de Informática Educativa, La Habana, 2010.

[63] I. Dussel y L. A. Quevedo, «Educación y nuevas tecnologías: los desafíos pedagógicos ante el mundo digital,» Santillana, Buenos Aires, 2010.

[64] J. Ortega, «Redes de aprendizaje y curriculum intercultural.,» de *XIII Congreso Nacional y II Iberoamericano de Pedagogía*, Valencia - España, 2004.

[65] J. Cabero, «Bases pedagógicas para la integración de las TICs en primaria y secundaria,» de *II Congreso Internacional UNIVER – La Universidad en la sociedad de la Información*, Tijuana (México), 2006.

[66] M. B. Alfageme, M. T. Rodríguez y I. M. Solano, «Análisis Didáctico de dos Conceptos Tecnológicos: Software y Software Educativo,» 2010.

[67] A. Clavo-Manzano, Acústica físico-musical, Real Musical, 1991.

[68] M. Recuero López, Ingeniería Acústica, Madrid: Paraninfo, 2000.

[69] O. L. Castiblanco y D. F. Vizcaíno, «El uso de Tic en la Enseñanza de la Física,» *Ingenio Libre,* pp. 20 - 26, 2008.

[70] F. BILLARD y D. ROUSSIN, Histories de l`accordéon, Castelnau-le-Lez (Francia): Climats, 1991.

[71] N. Hrustanbegovic, «Het ontstaan en de geschiedenis van het accordion,» 1 Febrero 2010. [En línea]. Available: http://www.nihad-accordeon.com/accordeon.php.

[72] W. Maurer, Accordion, Viena (Austria): Harmonia, 1983.

[73] L. López Vasquez, Temas de Física, San Vicente: Club Universitario, 2010.

[74] Milenium, «Informática Milenium,» 22 Diciembre 2003. [En línea]. Available: http://www.informaticamilenium.com.mx/es/informacion/conceptos-basicos/el-concepto-de-los-sitios-web.html. [Último acceso: 18 Abril 2016].