

**EL EXPERIMENTO DEL TUBO DE RUBENS Y LA SIMULACIÓN: UNA  
PROPUESTA DE AULA PARA LA COMPRESION DEL SONIDO COMO ONDA  
LONGITUDINAL EN EL CURSO DE FISICA DE ONDAS.**

**TRABAJO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR POR EL TÍTULO  
DE LICENCIADOS EN FÍSICA**

**MIGUEL DURÁN RONDÓN  
CARLOS ARTURO RAMÍREZ MORENO**

**ASESOR:  
EDUARDO GARZÓN LOMBANA**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 3: LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA  
ENSEÑANZA DE LA FÍSICA**

**BOGOTÁ-COLOMBIA**

**2016**

## RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

<b>1. Información General</b>	
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de grado
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	El experimento del tubo de Rubens y la simulación: una propuesta de aula para la comprensión del sonido como onda longitudinal en el curso de física de ondas.
<b>Autor(es)</b>	Durán Rondón, Miguel; Ramírez Moreno, Carlos Arturo
<b>Director</b>	Garzón Lombana, Eduardo
<b>Publicación</b>	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2016. 83 pg.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	SONIDO, ONDA LONGITUDINAL, TUBO DE RUBENS, SIMULACIÓN, COMPRENSIÓN, ENSEÑANZA PARA LA COMPRENSIÓN

<b>2. Descripción</b>
<p>La presente propuesta se instaura en las investigaciones sobre la enseñanza de la física y particularmente sobre la enseñanza para la comprensión del fenómeno del sonido como onda longitudinal. La pregunta que orientó nuestro trabajo es: ¿Cómo una propuesta de aula, basada en el experimento del tubo de Rubens y la simulación, puede servir para que los estudiantes del curso de física de ondas de la UPN comprendan las ideas que dan razón de que el sonido es una onda longitudinal? La construcción del marco teórico de este trabajo la hicimos teniendo en cuenta tres aspectos que consideramos fundamentales. En primera instancia, resaltamos la importancia de la actividad experimental en la enseñanza de la física y cómo esta se puede articular con la incorporación de las Tics, que en este caso es una simulación, para lograr un objetivo de comprensión. De allí resulta conveniente considerar y exponer la propuesta pedagógica de enseñanza para la comprensión. El último aspecto a considerar es de carácter disciplinar que inicia entendiendo la física del experimento que propusimos para finalmente contemplar los alcances conceptuales que se pueden construir con nuestra propuesta. La perspectiva de investigación que orientó nuestro trabajo fue el estudio basado en diseños.</p>

### 3. Fuentes

- Areiza Arenas, C. d., & Garzón Díaz, F. A. (2012). *Enseñanza y Comprensión*.
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *Journal of the Learning Sciences*, 1-14.
- Confrey, J. (2005). The Evolution of Design Studies as Methodology. En K. Sawyer, & K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (págs. 135 - 152). New York: Cambridge University Press.
- de Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of educational research*, 179-201.
- Duque Vieira, P. (s.f.). *www.modellus.co*. Obtenido de [http://modellus.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=68:what-is-spanish&catid=29&Itemid=135&lang=es](http://modellus.co/index.php?option=com_content&view=article&id=68:what-is-spanish&catid=29&Itemid=135&lang=es)
- Durá Doménech, A. (2005). *Temas de acústica*. San Vicente del Raspeig: Publicaciones de la universidad de Alicante.
- Feixas, J. M. (2012). *Aprender ciencias en educación primaria*. España: Graó.
- García, J. L. (01 de Diciembre de 2014). *eduteka*. Obtenido de <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/MatrizValoracion>
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque mas citico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 299-313.
- Huppert, J., & Lomask, S. (2002). Computer simulations in the high school: Students' cognitive stages, science process skills and academic achievement in microbiology. *International Journal of Science Education*, 803-821.
- Kelly, A., Lesh, R., & Baek, J. (2008). *Handbook of Design Research Methods in Education*. New York: Routledge.
- Koponen, I., & Mäntylä, T. (2006). Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science & Education. Science and Education*, 31-54.
- Maor, D. (1991). Development of Student Inquiry Skills: A Constructivist Approach in a Computerized Classroom Environment. *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, (pág. 17). Lake Geneva.

Rinaudo, M. C., & Donolo, D. (2010). Estudios de diseño. Una perspectiva promisoriosa en la investigación educativa. *Revista de Educación a Distancia*, (22).

UPN. (Octubre de 2014). *Pedagogica*. Obtenido de <http://www.pedagogica.edu.co/>

Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2008). Simulations that enhance learning. *Science*, 682-683.

#### 4. Contenidos

Nuestro trabajo de grado se describe en cuatro capítulos organizados de la siguiente forma:

- **Capítulo 1: PRESENTACIÓN**  
Se describe formalmente nuestro problema de investigación, justificando la pertinencia de llevar al aula una propuesta nueva como apoyo en el proceso comprensión del sonido, a docentes en formación, en el contexto de la Universidad Pedagógica Nacional. Igualmente se señalan los objetivos propuestos para llevar a cabo nuestra investigación y finalmente exponemos el aporte de los antecedentes de investigaciones realizadas que no necesariamente fueron en el mismo campo.
- **Capítulo 2: MARCO TEÓRICO**  
Se explica la estructura de nuestro marco teórico que se compone de tres partes: la primera relacionada con el fundamento pedagógico, la segunda relacionada al trabajo experimental y los softwares en la educación, y finalmente el componente disciplinar donde exponemos nuestras ideas y comprensiones sobre el sonido a partir de la construcción de nuestra propuesta.
- **Capítulo 3: PROPUESTA DE AULA, IMPLEMENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**  
Iniciamos este capítulo describiendo la metodología de investigación empleada <<estudio basado en diseño>>, explicamos cómo se articula el trabajo experimental con la simulación para llevar a cabo tres tareas en la propuesta: Predecir, Observar y Explicar <<P.O.E>>. Finalmente se narra cómo fue la implementación de nuestra propuesta que se realizó en el curso de Física de ondas de la Universidad Pedagógica Nacional integrado por 15 estudiantes.
- **Capítulo 4: CONCLUSIONES**

Presentamos las conclusiones que surgieron a lo largo de la construcción de nuestro trabajo, exponiendo claramente las limitaciones que encontramos, pero también exaltando los alcances que puede llegar a tener nuestra propuesta.

### **5. Metodología**

La metodología de investigación de la cual nos apoyamos fue el estudio basado en diseños que nos ayudó a entender las relaciones entre: a) la teoría educativa, que en nuestro caso hizo referencia a la enseñanza para la comprensión del sonido como onda longitudinal; b) el artefacto diseñado, que es la propuesta que articula el experimento con la simulación; y c) la práctica, donde hicimos el reconocimiento del contexto y la población para el proceso de intervención en el aula.

### **6. Conclusiones**

La intención de nuestra investigación estuvo orientada a saber cómo una propuesta, basada en el experimento del tubo de Rubens y la simulación, puede servir para que los estudiantes del curso de física de ondas de la U.P.N comprendan las ideas que dan razón de que el sonido es una onda longitudinal.

En primera instancia nosotros partíamos de que la propuesta iba a servir y, pues bien, consideramos que efectivamente dio resultado ya que se enriquecieron las comprensiones de los estudiantes en el trabajo colaborativo de cada grupo desarrollando las distintas actividades, que era parte de nuestro objetivo principal.

Es por ello que el resultado más sobresaliente de nuestra investigación, está en relación con las comprensiones alcanzadas por los estudiantes donde se manifiesta un progreso en la construcción de modelos e ideas científicas a partir de nuevas y mejores evidencias. Esto permitió que los estudiantes mejoraran sus comprensiones con argumentos explicativos más amplios y enriquecedores.

El primer instrumento planteado para la recolección de información nos permitió conocer que los estudiantes recurren más a los procesos de memorización de información y de adquisición de procesos preestablecidos para dar explicación a ciertas situaciones problema propuestas. De allí que nuestro trabajo resultara importante en el proceso de construcción de conocimiento.

Resultó conveniente dividir la propuesta en dos momentos, una sesión dedicada a desarrollar actividades entorno al experimento del tubo de Rubens y otra empleada a concluir las distintas situaciones con ayuda de la simulación. Por un lado, el impacto visual del experimento generó motivación y curiosidad en los estudiantes permitiendo un desarrollo satisfactorio de la sesión, esto contribuyó a entender la estrecha relación entre teoría y experimento. Y, por otro lado, el uso de la

simulación permitió darles un marco más amplio a las comprensiones de cada uno de los estudiantes sobre los conceptos asociados al fenómeno.

Del mismo modo, las tareas del P.O.E. que estructuraban nuestra propuesta funcionaron en la medida en que establecieron un camino fundamental para la construcción de conocimiento, y es que estas tareas (Predecir – Observar – Explicar) hacen parte de algunos procesos propios de la actividad científica. Es así que podemos decir que los estudiantes aprendieron sobre la ciencia y cómo hacer ciencia, uno de los alcances que llega a tener nuestra propuesta.

Otro de los alcances de la investigación, que no fue objetivo de nosotros, fue el establecimiento de nuestra propuesta como una estrategia de divulgación de la actividad experimental para la enseñanza de la Física dado al impacto visual del experimento y la incorporación de las TIC en los procesos de enseñanza.

Finalmente, y de igual importancia, está el valor de la actividad docente. En este proceso de investigación reflexionamos sobre nuestro propio desempeño profesional, sobre nuestra práctica y las estrategias pedagógicas para la gestión del aula que la educación demanda. Por ello es que esta experiencia resultó una excelente oportunidad para pensar en una serie de posibilidades y estrategias para optimizar los procesos de enseñanza de la Física.

<b>Elaborado por:</b>	Ramírez Moreno, Carlos Arturo & Durán Rondón, Miguel
<b>Revisado por:</b>	Eduardo Garzón Lombana

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	25	11	2016
--	----	----	------

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi familia por su absoluto apoyo en la culminación de este logro académico y profesional.*

*A mi cómplice, mi gran amor y leal compañera de vida... a ti Liz por tu inagotable respaldo.*

*Y a mi mayor inspiración, mi razón de vida... a ti hijo.*

**Miguel Durán**

*A todas aquellas personas que nunca dejaron de creer en nuestros intereses y convicciones.*

*A todas las personas que formaron parte de este proceso y pusieron su granito de arena, cuando se estaba a punto de desfallecer.*

**Carlos Ramírez**

## TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN .....	10
DELIMITACION DEL PROBLEMA .....	11
JUSTIFICACIÓN .....	12
OBJETIVOS .....	13
ANTECEDENTES .....	13
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO.....	14
2.1. COMPONENTE PEDAGÓGICO .....	15
2.1.1. ¿QUÉ ES LA COMPRESIÓN?.....	15
2.1.2. ENSEÑANAZA PARA LA COMPRESION.....	16
2.2. COMPONENTE DISCIPLINAR .....	16
2.2.1. EL SONIDO .....	16
2.2.2. ACUSTICA .....	17
2.3. COMPONENTE DIDÁCTICO .....	20
2.3.1. TUBO DE RUBENS .....	22
2.3.2. LA SIMULACION EN LA ENSEÑANZA DE LA FISICA.....	23
2.3.3. P.O.E.....	25
CAPÍTULO III: NUESTRA PROPUESTA.....	26
3.1. CONTEXTO.....	26
3.2. MEDIOS .....	26
3.2.1. El tubo de Rubens.....	26
3.2.2. La simulación .....	27
3.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	30
3.3.1. FASE DE PREPARACIÓN DEL DISEÑO.....	31
3.3.1.1. PRIMERA SESIÓN: “Ideas previas” .....	31
3.3.1.2. SEGUNDA SESIÓN: “El sonido y el tubo de Rubens” .....	33
3.3.1.3. TERCERA SESIÓN: “Simulación del comportamiento de la propagación del sonido dentro del tubo de Rubens”.....	37
3.4. FASE DE IMPLEMENTACIÓN .....	42
3.5. FASE DE ANÁLISIS.....	49

3.5.1. RESULTADOS PRIMERA SESIÓN .....	49
3.5.2. RESULTADOS SEGUNDA SESIÓN .....	50
3.5.3. RESULTADOS TERCERA SESIÓN .....	56
CAPITULO IV CONCLUSIONES .....	59
Bibliografía.....	62
ANEXOS .....	63
ANEXO 1. Partes básicas de la interfaz gráfica de Modellus. ....	63
ANEXO 2. Primer instrumento diseñado para la actividad de diagnóstico. ....	64
ANEXO 3. Respuestas primera sesión .....	66
ANEXO 4. Instrumento diseñado para la actividad experimental utilizando el tubo de Rubens .....	67
ANEXO 5. Respuestas del PREDECIR segunda sesión .....	69
ANEXO 6. Respuestas del OBSERVAR segunda sesión .....	71
ANEXO 7. Respuestas del EXPLICAR segunda sesión .....	72
ANEXO 8. Instrumento diseñado para presentar la simulación.....	74
ANEXO 9. Respuestas de la tercera sesión .....	77
EVIDENCIAS .....	84

# EL EXPERIMENTO DEL TUBO DE RUBENS Y LA SIMULACIÓN: UNA PROPUESTA DE AULA PARA LA COMPRESION DEL SONIDO COMO ONDA LONGITUDINAL EN EL CURSO DE FISICA DE ONDAS.

## CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN

**RESUMEN.** El presente trabajo de grado es una investigación llevada a cabo en el departamento de física de la Universidad Pedagógica Nacional sobre la enseñanza para la comprensión del fenómeno del sonido como onda longitudinal. La pregunta que orienta este trabajo es: *¿Cómo una propuesta de aula, basada en el experimento del tubo de Rubens y la simulación, puede servir para que los estudiantes del curso de física de ondas de la UPN comprendan las ideas que dan razón que el sonido es una onda longitudinal?* La construcción del marco teórico de este trabajo se hizo teniendo en cuenta tres aspectos que se consideran fundamentales. En primera instancia, resaltamos la importancia de la actividad experimental en la enseñanza de la física y cómo esta se puede articular con una simulación para lograr un objetivo de comprensión. De allí resulta conveniente considerar propuestas pedagógicas de enseñanza para la comprensión. Y finalmente contemplamos los alcances conceptuales que se pueden construir con nuestra propuesta. La propuesta de aula estuvo orientada bajo tres tareas fundamentales Predecir, Observar y Explicar; la cual fue implementada en tres sesiones durante el mes de octubre de 2015. La perspectiva de investigación que orientó nuestro trabajo fue el estudio basado en diseños. Las herramientas para la recolección de la información que usamos fueron un test de ideas previas, guías resueltas por los estudiantes y registro de observaciones en el aula. El análisis de todas estas fuentes de datos requirió del diseño de varios criterios de evaluación respondiendo siempre a una meta de comprensión. La conclusión más importante de esta investigación fue que la propuesta de aula dio resultado ya que se enriquecieron las comprensiones de los estudiantes en el trabajo de cada grupo desarrollando las distintas actividades.

**Palabras clave:** enseñanza para la comprensión, sonido como onda longitudinal, tubo de Rubens, simulación, estudio basado en diseños.

## DELIMITACION DEL PROBLEMA

La propuesta de formación de la Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional, considera un ciclo de fundamentación (de 1<sup>er</sup> a 6<sup>to</sup> semestre) que pretende que los estudiantes adquieran elementos básicos para comprender la naturaleza de la actividad científica y su difusión, donde la actividad docente y los procesos de construcción del conocimiento juegan un papel importante en los métodos de enseñanza-aprendizaje (UPN, 2014).

En el ciclo de fundamentación se encuentra la asignatura “Física de ondas”, considerada dentro del área de formación disciplinar específica, que en su desarrollo busca proponer “situaciones de discusión sobre el mundo físico y las diferentes concepciones que se dan de la física”. Es importante tener en cuenta que el docente responsable de dirigir este espacio académico tiene el deber de proponer un plan analítico para orientar el desarrollo del mismo. Por lo tanto, se analizaron dos planes analíticos, donde explícitamente manifiestan que el objetivo general del curso es presentar la física de ondas de modo que el estudiante logre describir los principios fundamentales, reconociendo la existencia de las ondas mecánicas y electromagnéticas, los diferentes modelos que se pueden hacer y finalmente llegar a comprender las interpretaciones matemáticas. (Tomado de los programas curriculares del profesor Edison Camacho, la profesora Sandra Forero, 2014 y la profesora Diana Cárdenas 2015)

En el desarrollo de los ejes temáticos y conceptuales del curso de Física de ondas, el cual cursamos en el primer semestre del año 2012, la temática del sonido se trató de forma teórica, por lo tanto, vimos una dificultad particular y es la necesidad de crear experiencias para comprender el sonido como onda longitudinal. Koponen & Mäntylä (2006) nos recuerda que el experimento nunca ha desaparecido de la práctica de la física y el tema de educación la teoría y la teorización puede basarse en experimentos.

En el contexto del aprendizaje de la física, tener una interpretación visual lo más real y apropiada de los fenómenos es lo ideal, pero en algunos ejes de la física esto no es posible por la falta de una herramienta que permita que el estudiante relacione la teoría con la experiencia, como por ejemplo relacionar las ondas longitudinales con el sonido y es que esta

propiedad no es visible a simple vista. En los textos empleados para la enseñanza de la física, se hace un esfuerzo por representar gráficamente este fenómeno, lo cual genera en el lector una imagen mental del sonido como onda longitudinal, sin embargo, estas imágenes mentales pueden estar alejadas de la realidad, generando dificultades en la claridad e interpretación de dicho fenómeno (Stephens & Clement, 2012).

En la búsqueda de los trabajos de investigación que estuvieran encaminados a apoyar las comprensiones de los estudiantes sobre el sonido como onda longitudinal, se encontró que son muy escasos, como también lo son los recursos experimentales con los que cuenta el laboratorio de Física de la Universidad Pedagógica Nacional.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, la pregunta que orientó nuestra investigación fue: *¿Cómo una propuesta de aula, basada en el experimento y la simulación, puede servir para que los estudiantes del curso de física de ondas de la UPN comprendan las ideas que dan razón de que el sonido es una onda longitudinal?*

## JUSTIFICACIÓN

En el contexto de la enseñanza de la física es importante integrar la experimentación con la teoría ya que el experimento juega un papel fundamental en el proceso de enseñanza aprendizaje. El experimento siempre ha estado ligado a la ciencia de la Física y por tanto debe estar inmerso en la enseñanza de la misma, pero en este contexto educativo debe tener un trato especial ya que tiene su propio rol, una de las ideas más aceptada en el ámbito educativo y pedagógico es la que el experimento induce el conocimiento es decir permite dar un punto de partida para la propia construcción del conocimiento de los estudiantes (Koponen & Mäntylä, 2006).

Por otra parte, con la globalización y la incorporación de las TIC, es necesario que “el docente tenga una idea muy clara del potencial de cada uno de los recursos tecnológicos a su alcance, así como de las limitaciones de un proceso educativo” (Ministerio de Educación, 2004). Conociendo el potencial que tiene las Tic y siendo la simulación parte de esta, es posible considerar a la simulación articulada con la experimentación como una herramienta poderosa para la educación.

Se decidió desarrollar una propuesta de aula para implementar con estudiantes en formación de licenciatura en física en el curso de Física de ondas, donde se complemente el experimento con la simulación, ya que por un lado cubre el aspecto propuesto en la visión de la licenciatura en física “el desarrollo de la ciencia y la tecnología y la revolución de la información...” para la educación, presentada en la página web de la Universidad Pedagógica Nacional y, por otro lado, apuntamos a una posible solución al problema planteado anteriormente.

## OBJETIVOS

### GENERAL:

Diseñar e implementar una propuesta de aula, a partir de una práctica experimental y uso de una simulación, para que los estudiantes, del curso de física de ondas de la U.P.N., comprendan las ideas que dan razón de que el sonido es una onda longitudinal.

### ESPECIFICOS:

- Reconocer los conceptos fundamentales que se pretenden desarrollar referentes al sonido en el curso de Física de ondas del departamento de Física de la UPN.
- Establecer las propiedades del sonido que vamos a abordar con la propuesta de aula.
- Diseñar una práctica experimental entorno al sonido.
- Diseñar y desarrollar una simulación del comportamiento del sonido como onda longitudinal.
- Implementar y analizar los alcances de la propuesta.

## ANTECEDENTES

Al realizar una revisión bibliográfica de los antecedentes que existen en el centro de documentación del departamento de Física de la U.P.N se encontró dos que se relacionan con esta investigación. A continuación, se presentan dichos antecedentes que aportaron significativamente en la orientación didáctica de la propuesta.

*GOMEZ T, Angélica M. (2010) Experimentos Demostrativos Para La Construcción De Conceptos Entorno A Las Ondas Sonoras. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, D.C.*

Trabajo dirigido por el profesor Carlos Mario Montes.

RESUMEN: La autora realiza una estrategia de aula basada en el uso de experimentos demostrativos para la construcción de conceptos entorno a las ondas sonoras, tomando como fundamento pedagógico el constructivismo desde la perspectiva de Novak, David Ausubel y Gowin.

Se referencia este trabajo de investigación ya que abordan el tema de ondas sonoras y usan experimentos demostrativos para asegurar que a partir de la observación de fenómenos físicos cercanos a la vida cotidiana posibilite que las temáticas adquieran un mayor grado de importancia para los estudiantes.

*BERNAL O, M. Alejandro. (2007) Software Educativo Y Ambientes Virtuales De Aprendizaje Para La Enseñanza De Fenómenos Ondulatorios. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, D.C*

Trabajo dirigido por el profesor Eduardo Garzón Lombana.

RESUMEN: El autor hace una exploración e investigación sobre las virtudes, posibilidades y paradigmas que representan los procesos de enseñanza-aprendizaje en los individuos, desde la inserción de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) dentro de los aspectos culturales que describe una sociedad. De allí que el diseño de software educativos y ambientes virtuales resulta ser una alternativa nueva y concreta para el educando y el educador. Esta investigación orienta nuestro trabajo al proponer el diseño de un software educativo, que relaciona la actividad experimental con el computador.

## CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

Para llevar a cabo la investigación fue necesario hacer una consulta de teorías, propuestas y estrategias que orientan al alcance del objetivo de la comprensión del sonido como onda longitudinal. Por ello fue necesario estructurar el marco teórico bajo un componente pedagógico, un componente disciplinar y un componente didáctico.

## **2.1. COMPONENTE PEDAGÓGICO**

### **2.1.1. ¿QUÉ ES LA COMPRENSIÓN?**

En el proceso de enseñanza – aprendizaje las personas utilizan una serie de habilidades cognitivas para apropiarse del nuevo conocimiento, la idea más aceptada sobre este proceso y habilidades de aprendizaje fue dada por Benjamín Bloom en 1956 y se conoce como la taxonomía del aprendizaje o la taxonomía de Bloom. Antolín (2010) considera que en la taxonomía Bloom no solo se clasifican procesos cognitivos si no que se jerarquizan en seis niveles de complejidad creciente siendo cada nivel una habilidad del pensamiento comenzando con el conocimiento **nivel 1**, la comprensión **nivel 2**, la aplicación **nivel 3**, el análisis **nivel 4**, la síntesis **nivel 5** y la evaluación **nivel 6**, y agrega que todo educador puede organizar en estas jerarquías lo que sus alumnos quieren que aprendan. Esta taxonomía ha sido actualizada por Anderson y Krathwohl (2000) y de Churches (2008) pero ante estas actualizaciones se reconoce a la habilidad de **comprender** como fundamental en el aprendizaje.

Para nosotros comprender es primordial ya que entendemos a la comprensión como una habilidad donde el estudiante enfrenta su conocimiento teórico para lograr dar explicación o razón a una situación de su contexto inmediato. “El proceso de comprensión en el sistema cognitivo es el encargado de traducir el conocimiento en las formas adecuadas para que su almacenaje en la memoria permanente se produzca, es decir, que tome la estructura y el formato que se requiere para que la información clave se preserve” (Gallardo, 2009, p.33). Cuando se lleva a cabo la habilidad de comprensión no se toma todos los detalles de un tema sino se centra en las características principales o importantes para dar explicación a la situación.

Si bien se puede reconocer a la habilidad de la comprensión como algo importante en el proceso enseñanza-aprendizaje, surge la pregunta ¿De qué forma crear actividades de comprensión?, como referente tendremos a David Perkins, quien asegura que la comprensión en la educación merece un trato especial y le da una perspectiva “ *la comprensión es poder realizar una gama de actividades que requieren pensamiento en cuanto a un tema –por ejemplo, explicarlo, encontrar evidencia y ejemplos, generalizarlo, aplicarlo, presentar analogías y representarlo de una manera nueva.*” (Perkins & Blyth, 1994, p.2) Por lo tanto

comprender exige más que la adquisición de información y el manejo de habilidades básicas aunque en ningún momento se desvirtúan la importancia de la memorización y las actividades rutinarias. David Perkins propone un marco de enseñanza para la comprensión.

### **2.1.2. ENSEÑANAZA PARA LA COMPRENSION**

Para poder desarrollar una actividad en torno a la comprensión fue necesario adoptar el marco de la enseñanza para la comprensión ya que implica poder realizar una variedad de tareas que demuestran la comprensión de un tema y al mismo tiempo la van aumentando. Un marco de la enseñanza para la comprensión se hace siguiendo cuatro conceptos claves (Perkins y Blythe, 1994):

1. Temas generativos: Este debe ser general, pero debe estar centrado en la disciplina, debe ser asequible al contexto del estudiante, debe captar su atención y en lo posible relacionarse dentro y fuera de la disciplina en la que se está tratando el tema.
2. Metas de comprensión: Centraran a lo que se espera que comprendan los estudiantes del tema generativo.
3. Actividades de comprensión: Son aquellas acciones que deberán realizar los estudiantes para alcanzar las metas de comprensión propuestas.
4. Evaluación Continua: Son todos los criterios y oportunidades que se presentan en las actividades de comprensión para retroalimentar a fin que el estudiante reflexione sobre su comprensión.

Si bien a simple vista los anteriores cuatro conceptos en principio resultan fácil de imaginar, planearlos resultó ser una tarea ardua para la realización del diseño de la propuesta ya que lo que pretende es que los profesores en formación comprendan que el sonido es una onda longitudinal, y planear actividades en torno a esto fue un desafío.

## **2.2. COMPONENTE DISCIPLINAR**

### **2.2.1. EL SONIDO**

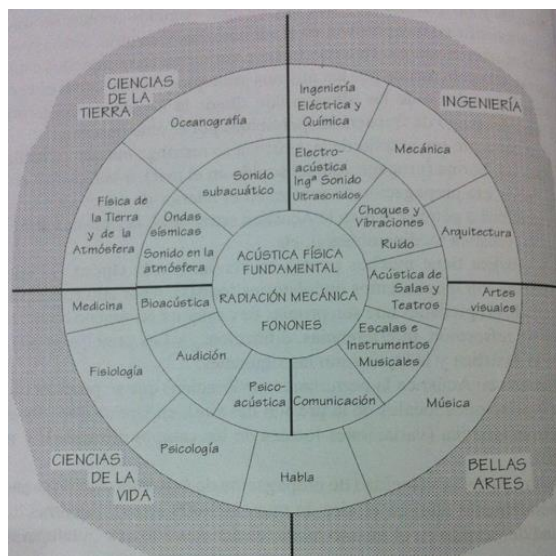
El sonido es parte de los ejes que se consideran dentro del programa curricular del curso de física de ondas del proyecto de Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional; la propuesta que se presentará en este documento, de una forma u otra pretende

mostrar que desde el experimento y más específicamente desde el experimento del tubo de Rubens se pueden tratar un gran número de conceptos y características que permiten una distinta forma de apropiarse del conocimiento sobre el fenómeno ondulatorio y llegar a comprender las propiedades físicas que dan razón del comportamiento ondulatorio del sonido. Por tanto, se hace necesario definir algunos conceptos para el desarrollo del tema en torno al sonido y para esto nos basamos en el libro “Temas de acústica” del autor Durá Doménech doctor en ciencias Físicas, ya que consideramos que nos brindaría más información sobre el sonido un libro de acústica que uno de física general.

### **2.2.2. ACUSTICA**

Para todos los que tenemos la capacidad de oír y hablar, diariamente estamos expuestos al sonido, éste es el medio principal para comunicarnos, expresarnos y en algunas situaciones capaces de despertarnos emociones. Pero el concepto de sonido es más que la llamada sensación sonora o estímulo psicofísico que produce en el ser humano, y en otros seres vivos, ya que incluye también a todas aquellas frecuencias que están fuera del rango de frecuencias percibidas por el oído humano.

El estudio del sonido, incluyendo su producción, su transmisión y sus efectos; es de lo que se encarga la acústica, en otras palabras, la acústica es la ciencia que estudia el sonido. Durá Doménech (2005) aclara que “la acústica forma parte de la Física, pero no tiene entidad independiente como la Mecánica, la Termodinámica, el Electromagnetismo. Se puede considerar como una materia interdisciplinaria dentro de la física ya que requiere de los conceptos de las antes mencionadas.”. Es decir, la acústica no se debe entender como una ciencia de poco campo de acción sino más bien como una ciencia extensa que involucra aspectos del conocimiento humano, científicos, técnicos y hasta artísticos como se ilustra en el siguiente gráfico:



*Imagen tomada de (Durá Doménech, 2005) pg. 16  
 Figura 1: La acústica es una materia interdisciplinar.*

## Ondas sonoras

Una onda es un concepto que hace referencia a una perturbación que avanza o que se propaga en un medio material (onda mecánica) o incluso en el vacío. A pesar de la naturaleza diversa de las perturbaciones que pueden originarlas, todas las ondas tienen un comportamiento semejante. La acústica define al sonido como un tipo de onda que se propaga únicamente en presencia de un medio que haga soporte de la perturbación. La vibración es producto de la perturbación del medio, en ese sentido y de acuerdo con lo que dice Durá Doménech (2005) “cuando un cuerpo material se pone a vibrar, esta vibración se trasmite al aire en contacto con el cuerpo. La vibración en el aire es lo que propiamente llamamos una onda sonora. La vibración es de tipo longitudinal, dando lugar a variaciones locales de presión” (p. 153)

## Ondas longitudinales

Son aquellas ondas donde la dirección en que varía la perturbación coincide con la propagación del movimiento ondulatorio como es el caso del sonido. La propagación depende de la propiedad elástica del medio y por tanto del tipo de estrés que soporta.

## Ondas sonoras o de presión en un tubo lleno de gas

Siendo el gas un medio elástico compuesto de moléculas la vibración da lugar a que varíen las distancias entre estas, y en ciertos lugares la agrupación de moléculas hace que la presión local sea mayor que la presión sin perturbar ( $\Delta p > 0$ ), mientras que en otros lugares la acumulación es menor ( $\Delta p < 0$ ), dando lugar a una presión menor que la del aire sin perturbar. Para una idea más clara se representará gráficamente una onda sonora que se propaga a lo largo de un tubo con gas de longitud infinita.

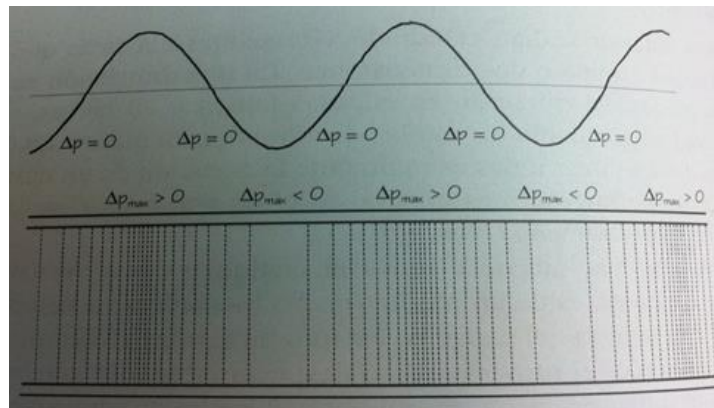


Figura 2: Imagen tomada de (Durá Doménech, 2005) pg. 38

Aunque a simple vista el sonido y el movimiento de un sistema masa muelle no tengan una evidente relación, ambos obedecen a un análogo comportamiento ondulatorio y se pueden desarrollar de una forma matemática similar, partiendo de dos proposiciones de la ley Hooke

1. Existe una componente inercial, capaz de transportar energía cinética.
2. Existe una componente elástica, capaz de almacenar energía potencial elástica.

(Recordemos que el fluido y el gas son un medio elástico en el caso del sonido)

“( $F = -k \cdot x$ )”, donde  $F$  hace referencia a la Fuerza aplicada,  $-k$  corresponde a la constante de restitución del sistema que se entiende como una fuerza restaurativa en sistemas elásticos y se considera negativa ya que se opone a la Fuerza aplicada y  $x$  es longitud de deformación del sistema.

Por tanto, haciendo uso de la segunda ley de Newton:

$$\text{Fuerza} = \text{masa} \times \text{aceleración} \quad F = m \cdot a \quad \text{siendo } F = -k \cdot x$$

Y reemplazando con la ley Hooke obtenemos:

$-k \cdot x = m \cdot a$  Dejando en términos de  $x$  obtenemos la siguiente ecuación diferencial de segundo orden:  $-k \cdot x = m \cdot \frac{d^2x}{dt^2}$  o bien  $-\frac{k}{m} \cdot x = \frac{d^2x}{dt^2}$

Siempre que se habla o piensa en cualquier tipo de onda siempre se relacionara con una función sinusoidal y es que así nos han enseñado, y la razón no es más que otra ya que para la anterior ecuación diferencial de segundo orden queda satisfecha por una ecuación de la forma:  $x = A \text{ Sen}(\omega \cdot t + \varphi_0)$  que describe el movimiento de un oscilador.

$A = \text{constante que hace referencia a la amplitud de la onda}$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \text{Velocidad angular}$$

$t = \text{tiempo}$

Después de hacer la revisión del texto de acústica que se utiliza, se evidencia que a pesar que el autor hace un gran esfuerzo por hacer una representación gráfica y escrita del comportamiento ondulatorio del sonido en un tubo, se queda corto en mostrar el carácter longitudinal del sonido y aún más en la explicación del movimiento de las partículas del medio por donde se propaga el sonido, ya que como en la gran mayoría de textos hay dificultades en representar gráficamente el movimiento de las partículas en la misma dirección de la propagación de la onda. Por ello una experiencia que podría ayudar a la comprensión del sonido como onda longitudinal, es la experiencia con el tubo de Rubens.

### 2.3. COMPONENTE DIDÁCTICO

Díaz Barriga hace evidente la preocupación del educador en cuanto al para qué educar, ¿para llenar cabezas o para que los sujetos elaboren sus propias ideas?, El papel del docente en el proceso de enseñanza-aprendizaje no debería ser el de un mero ejecutor de programas: el profesor tiene en sus manos una responsabilidad crucial en la actividad pedagógica. Este hecho ineludible lo obliga a reflexionar sobre la naturaleza de su propia función y sobre el alcance de su trabajo cotidiano en el aula (Díaz Barriga, 1997). Es fundamental para la propuesta que se presenta en este trabajo, tener en cuenta el estudio de los procesos y

elementos involucrados en la enseñanza y el aprendizaje, que es a lo que corresponde la parte didáctica. Para el caso de la presente propuesta, los elementos didácticos hacen referencia a el experimento que se usa y la simulación que se diseña.

El experimento juega un rol fundamental en la construcción de los conceptos científicos, pues como lo afirman Koponen y Mäntylä (2006) en la enseñanza de la física, la experimentalidad es un componente integral que aporta a la formación del conocimiento y a la conceptualización de los estudiantes. En ese sentido, “cualquier método de aprendizaje que exija a los estudiantes que sean activos en lugar de pasivos concuerda con la idea de que los estudiantes aprenden mejor a través de la experiencia directa” (Hodson, 1994).

El papel del experimento ha sido y seguirá siendo crucial para el desarrollo de la física, y por tanto debe ser tenido en cuenta en la enseñanza de la misma. En el ámbito escolar el papel del experimento se maneja bajo dos figuras (Marulanda y Gómez, 2006):

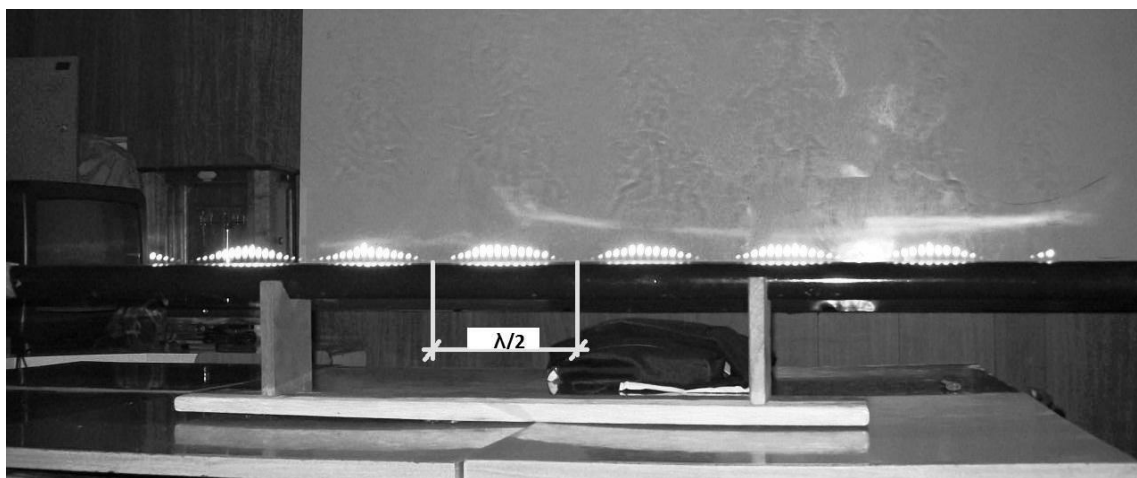
- a. **Experimentos demostrativos.** El interés de estos experimentos se centra en la observación del fenómeno físico. En este ambiente se pueden propiciar las condiciones para entender los fenómenos que son objetos de formalización en clase y establecer la correspondencia entre lo explicado y lo observado. Además, es aquí donde al estudiante se le puede dar una idea del alcance de las aplicaciones y usos de la física. También resulta muy adecuado para propiciar la curiosidad y la capacidad de relacionar diferentes fenómenos.
- b. **Experimentos cuantitativos.** El énfasis de estos experimentos se hace en la medida de algún parámetro o variable física y permiten confrontar, verificar leyes o situaciones predichas por la teoría. El procedimiento involucra el experimento, la adquisición, el procesamiento y el análisis de datos.

Teniendo en cuenta estas dos formas de ver al experimento en el ámbito escolar, se decide utilizar la figura del experimento demostrativo, ya que a partir de las conclusiones encontradas por A. Gómez (2010) en su experiencia al realizar su trabajo de grado, menciona como ventajas al utilizar los experimentos demostrativos, el poder dirigir de mejor manera a un grupo de trabajo ya que facilita centrar la atención puntualmente en un fenómeno de interés evitando distracciones, y como limitante se encuentra la falta de manipulación de

elementos de laboratorio considerado como también algo fundamental en el aprendizaje de las ciencias. Y para la presente propuesta se utiliza el Tubo de Rubens como experimento demostrativo, ya que este permite interpretar el comportamiento del sonido dentro de un tubo de gas.

### 2.3.1. TUBO DE RUBENS

El tubo de Rubens lleva el nombre de su creador Heinrich Rubens, el cual fue un físico alemán nacido en 1865, que a pesar de sus estudios y aportes en física cuántica realizados en la Universidad de Berlín junto a grandes investigadores como Max Planck, es más reconocido por su *tubo de llama* creado en 1905. Este instrumento originalmente era una sección de cuatro metros de tubería con doscientos agujeros espaciados uniformemente a lo largo de su longitud.



*Tubo de Rubens Imagen tomada de Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 25, N° 1-2, 2012*

Con él se puede estudiar el sonido como un producto de variaciones de presión que se transmiten en un medio material (Prandi & Wurm, 2012), en este caso es el gas inflamable que circula a través del tubo. Particularmente el tubo muestra las variaciones de presión en forma de onda transversal, que se visualiza a través de las llamas que salen de los orificios del tubo.

Cuando los extremos del tubo se sellan y un gas inflamable se bombea en el dispositivo, el escape de gas se puede encender para formar una fila de llamas. Cuando se emite una frecuencia desde una fuente en un extremo del tubo, la presión interna cambia, es así que la longitud de onda será visible en la serie de llamas.

Esta experiencia con el tubo de Rubens generalmente capta la atención del observador y comienza a generar una serie de preguntas e hipótesis de lo que está sucediendo dentro del tubo ya que no es posible ver lo que sucede en el interior, se debió pensar en una herramienta que posibilite la visualización de lo que sucede dentro del tubo lo que nos condujo a diseñar una simulación que permitiera tener una posible visualización de las interacciones que se dan dentro del tubo de Rubens.

### **2.3.2. LA SIMULACION EN LA ENSEÑANZA DE LA FISICA**

Desde que Howard Gardner publicó su teoría de inteligencias múltiples, se concibió la necesidad de una educación personalizada, entiéndase ésta como la aceptación de que cada persona desarrolla habilidades intelectuales y motoras de forma diferente, a su propio ritmo y medida. Dado este hecho el papel del profesor debe transformarse al de un guía consiente de las herramientas que tiene a su alcance para enriquecer su labor y favorecer la comprensión de quienes guía. Gardner (2011) afirma que “La irrupción de las nuevas tecnologías nos obliga a educar a los niños de una manera distinta”. Se acepta la afirmación de este autor, aunque se considera que no solo se debe enfatizar en los niños si no que se debe extender a todos los niveles educativos. Además, el Ministerio de Educación Nacional dentro de sus políticas de calidad para la educación propone la incorporación de nuevas tecnologías y metodologías en la educación del país, esto ha originado que surjan modelos tecno-educativos con el fin de guiar la manera en que las herramientas tecnológicas son aplicadas para potenciar el aprendizaje en los estudiantes.

Una de las herramientas con las que contamos actualmente es el software en el que podemos simular situaciones que son de interés en la enseñanza de la física y esto en la educación tiene un gran potencial ya que permite observar y explicar aspectos que mediante otros recursos no serían posibles. Así, la potencialidad didáctica de las simulaciones reside en reemplazar la experimentación en aquellos casos en que la misma se dificulta, no se debe pensar en la

simulación como un reemplazo de la experimentación, si no como un complemento del experimento en tiempo, costos, seguridad y toma de datos. La simulación como didáctica tiene su propio Rol y debe ser tratada de forma especial (Fernández y Jardón, 2011).

En esta propuesta, la simulación juega el papel de auxiliar y complementario en la experiencia con el tubo de Rubens, ya que permite un análisis alternativo de lo que se escapa de la observación.

En ese sentido se decide apoyarse en un modelo que permite evaluar la forma en que las tecnologías son usadas por los docentes y estudiantes en las clases, se trata del **SAMR** (Sustitución, Aumento, Modificación, Redefinición) postulado por el Dr. Ruben D. Puentedura.

Pues bien, este modelo se jerarquiza en cuatro niveles a considerar:



*Figura 3: Modelo SAMR*

- **Sustitución:** Es el nivel más bajo de uso de la tecnología donde se sustituye una herramienta por otra sin que exista un cambio metodológico. En este caso se presenta una simulación del tubo de Rubens en el computador, con las mismas funciones del experimento original, en otras palabras, se traslada el experimento a una pantalla a través de una simulación.
- **Aumento:** La tecnología reemplaza otra herramienta y le añade mejoras funcionales que facilitan el objetivo de enseñanza. El diseño de la simulación permitiría realizar un cambio directo en las funciones del experimento y es que posibilita la observación en el interior del tubo.

- **Modificación:** las TIC permiten un rediseño significativo de las actividades de aprendizaje. Y claro, siendo el comprender parte fundamental en el proceso de aprendizaje las actividades de *Predecir*, *Observar* y *Explicar* cumplirán un papel fundamental en la presente propuesta.
- **Redefinición:** las Tic permiten la creación de nuevas actividades de aprendizaje, antes inconcebibles. En este último nivel se crean nuevas situaciones y ambientes de aprendizaje que, sin el uso de la simulación serían imposibles como por ejemplo considerar que no hay reflexión en el otro extremo del tubo o la relación entre lo que ocurre al interior del tubo con la manifestación de las llamas, la visualización de la reflexión de un pulso producido por una fuente de sonido, entre otras.

### 2.3.3. P.O.E

Debido a que el interés de la propuesta es la comprensión, es necesario acudir a una estrategia que permita evaluar la comprensión de un tema lo que conlleva a adaptar una secuencia didáctica propuesta por White y Gunstone (1992) que lleva como siglas **P.O.E.** que significa **Predecir, Observar y Explicar.**

- **Predecir:** Es la parte en la que el estudiante recurre a todos sus conocimientos y experiencias que le permitan hacer una predicción acertada de lo que puede ocurrir. Es por ello que se requiere hacer una búsqueda detallada para encontrar un evento que logre captar la atención de los estudiantes y presentarlo en un en un formato igualmente atractivo. Para este caso, este evento corresponde a el **tema generativo.**
- **Observar y explicar:** Esta es la parte final y permite que el estudiante reflexione sobre su estrategia y/o recursos empleados en la solución de los distintos cuestionamientos que se realizan secuencialmente para dar solución a la situación planteada inicialmente. En esta fase se realizan las siguientes tareas:
  - Observación detallada y análisis de la situación planteada.
  - Comparación de lo predicho con lo observado.
  - Análisis y explicación de las diferencias para comprender mejor la situación propuesta inicialmente.

## CAPÍTULO III: NUESTRA PROPUESTA

### 3.1. CONTEXTO

En primer lugar, es necesario contextualizar al lector con el ambiente académico donde realizó la investigación de la propuesta. La investigación se llevó a cabo en el curso de Física de ondas del departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, dirigido por la profesora Diana Cárdenas en el segundo semestre del año 2015, con un total de 12 estudiantes de cuarto y quinto semestre. Los estudiantes estaban organizados en pequeños grupos de trabajo: uno de cuatro personas que cursaban por segunda vez la asignatura y tres de dos personas quienes cursaban por primera vez la asignatura. Los grupos ya estaban formados de acuerdo a las dinámicas que llevaba la profesora así:

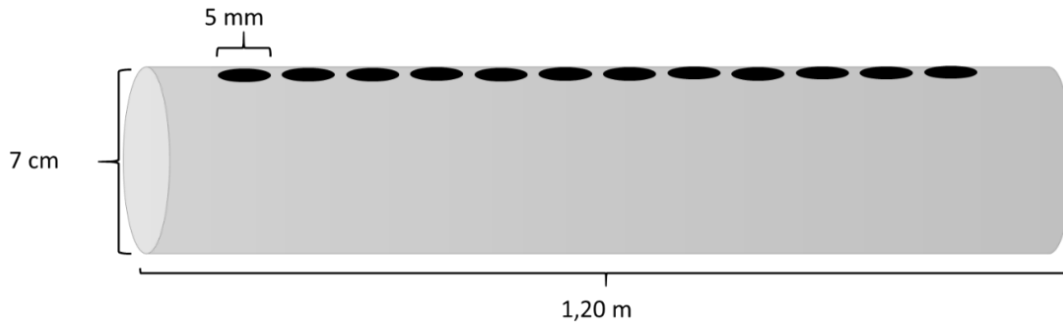
*Tabla 1: organización de los grupos de trabajo del curso Física de ondas en el segundo semestre del año 2015*

Grupo	No. de estudiantes	Hombres	Mujeres	Edad mínima	Edad máxima	Promedio
1	4	2	2	18	21	19
2	2	1	1	19	21	20
3	2	2	0	18	26	22
4	2	0	2	18	23	20

### 3.2. MEDIOS

#### 3.2.1. El tubo de Rubens

Se diseñaron varios prototipos del tubo de Rubens, sin embargo, el montaje experimental a usar en el aula es un tubo de 1,20 metros de largo con un diámetro de 7cm aproximadamente. En la superficie del tubo hay 30 agujeros alineados, de 5mm de diámetro cada uno y distanciados a 1cm uno respecto al otro como se ilustra en la siguiente figura.



*Figura 4: El tubo con sus dimensiones*

En la siguiente fotografía se muestra que en uno de los extremos del tubo se adapta una entrada de gas, y en el otro extremo se sella con una membrana de látex donde se ubicará el parlante, este parlante está conectado a una fuente emisora de frecuencias. Cabe anotar que todo el montaje experimental está disponible en el laboratorio del departamento de Licenciatura en Física de la UPN.



*Fotografía 1: Montaje experimental donde 1. Es la fuente generadora de frecuencias; 2. Es el parlante y 3. Es el Tubo de Rubens*

### **3.2.2. La simulación**

Así como es importante la descripción del montaje experimental también resulta de igual relevancia explicar el diseño del simulador, pues bien, éste se realizó con la aplicación Modellus 4.01 ya que es un software familiar con el que los estudiantes de física de la UPN trabajaron en el primer curso de programación.

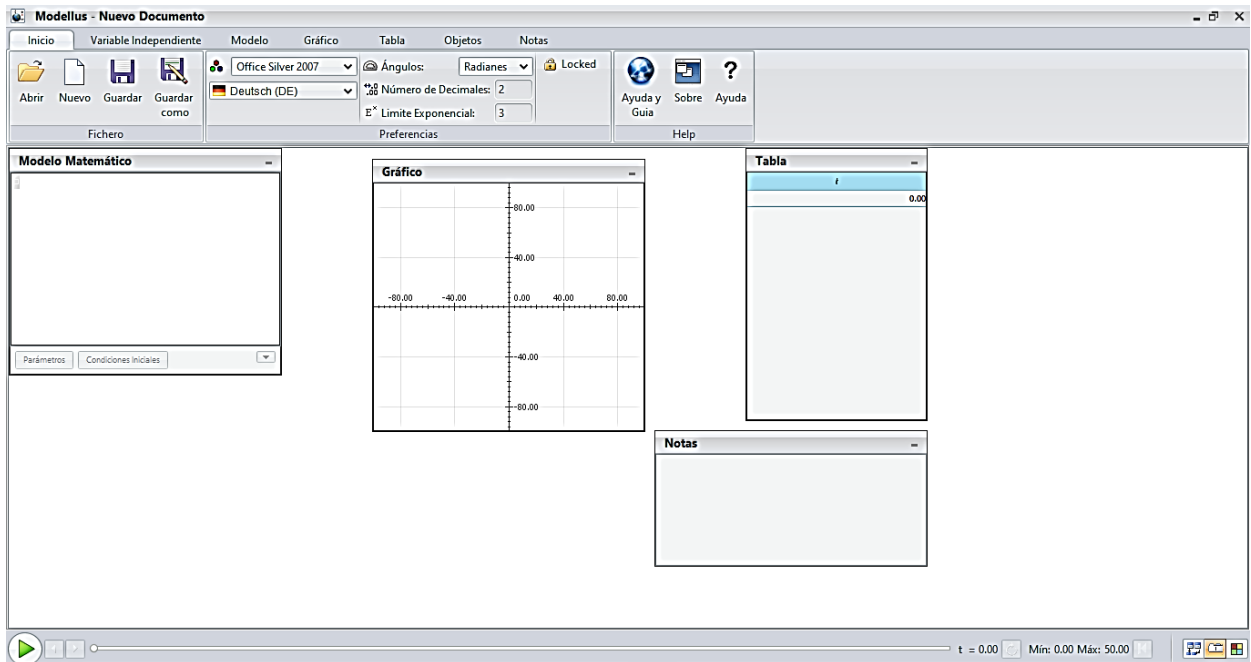
Modellus es un software de modelamiento para uso en enseñanza-aprendizaje de Ciencias y Matemáticas, producido por el Dr. Vitor Duarte Teodoro, de la Facultad de Ciencia y

Tecnología de la Universidad Nueva de Lisboa, Portugal, junto a un equipo de colaboradores. Esta herramienta se utiliza para hacer una modelización en el ordenador, de cara a permitir una creación sencilla y muy intuitiva de modelos matemáticos, se advierte que éste solo funciona a partir del modelo matemático que se indique en su primera interfaz, es decir, el software no modela por sí mismo sino que, a partir del modelo (ecuación) que le administre el usuario, desarrolla simulaciones analógicas con animaciones, elabora gráficos y hace procesamiento estadístico con datos exportables a planillas de cálculo; permitiendo así comprobar si el modelo administrado como input es o no correcto. Modellus, es de libre disponibilidad; y sus exigencias respecto a capacidad de hardware son menores, lo que lo hace accesible en el medio educacional y personal. (Duque Vieira, s.f.).

Entrando en detalle, los usuarios pueden:

- Seleccionar modelos de una lista que forma parte de una biblioteca que incorpora ya Modellus o cargarlos de una página Web.
- Personalizar de forma rápida los modelos existentes para satisfacer las necesidades de planes de estudios específicos.
- Crear su propia biblioteca de modelos reusables.
- Conservar la integridad de los modelos asignándoles una contraseña de protección, etc...

Al ejecutar Modellus, inicialmente presenta una interfaz gráfica que expone los elementos más importantes a usar, que se pueden observar en la figura 5: la ventana de “**Modelo Matemático**” donde el usuario debe definir el modelo matemático que desea interpretar asignando los parámetros de entrada y las condiciones iniciales, la ventana de “**Gráfico**” donde se expone la interpretación gráfica del modelo matemático asignado por el usuario, la ventana de “**Tabla**” que organiza los resultados o datos numéricos en una tabla, y la ventana de “**Notas**” que se usa para hacer observaciones, explicaciones extra o comentarios. Al igual que en la mayoría de programas, Modellus también cuenta con un menú de inicio en la parte superior de la interfaz con las tareas generales de *Abrir*, *Nuevo*, *Guardar*, *Guardar como*, *Ayuda*, entre otras. Para interés del lector, en el Anexo 1 se presentan las partes básicas de la interfaz de Modellus, sin embargo, para mayor información puede consultar el manual de ayuda para el usuario.



*Figura 5: interfaz gráfica al ejecutar Modellus*

Como el principal objetivo de Modellus es la modelación y el significado de los modelos, la intención de la simulación que se diseña es recrear el tubo de Rubens y modelar el medio en el cual se propaga el sonido usando pequeñas esferas que realizarían un movimiento oscilatorio, en ese sentido al ejecutar el aplicativo que se diseña, se presenta la siguiente interfaz gráfica:

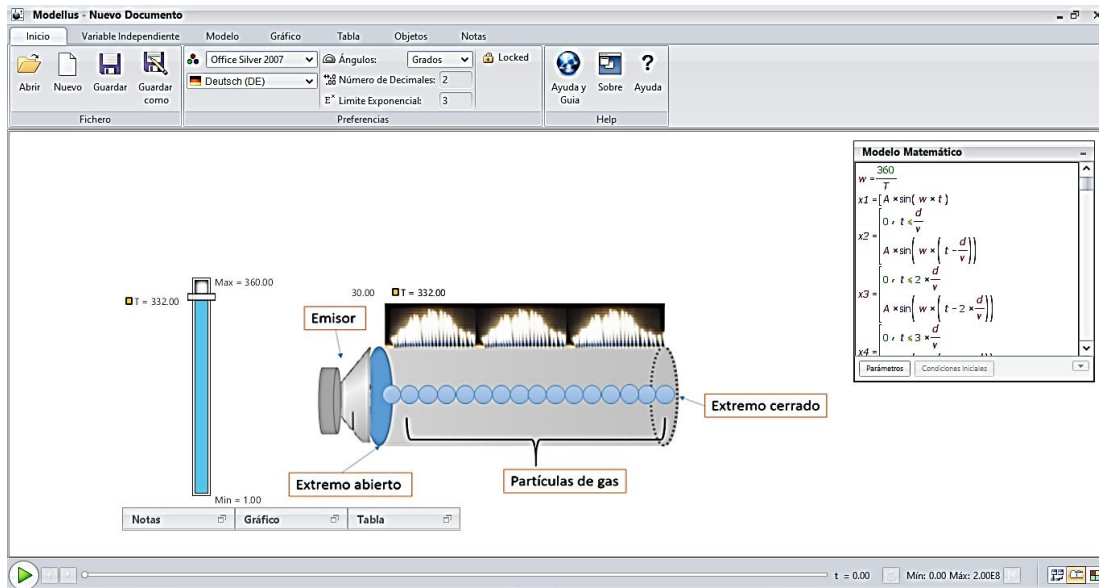


Figura 6: interfaz gráfica de la simulación.

Como se observa en la figura 6, se hizo uso de un modelo corpuscular (esferas azules) para reproducir el movimiento del gas en el interior del tubo, este movimiento se programa en la ventana de Modelo Matemático mediante la ecuación  $x = A \cdot \text{Cos}(w \cdot t)$ . Se inserta un indicador de nivel o scroll que permita variar el parámetro  $A$  del modelo matemático.

### 3.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología propuesta es la de estudio basado en diseños ya que es una herramienta útil para indagar en ambientes de aprendizaje que involucren tanto el trabajo experimental como las nuevas tecnologías de la información y la comunicación para el aprendizaje de los estudiantes.

Diferentes autores han definido este tipo de metodología en el campo de la investigación educativa, sin embargo, consideramos que la mejor definición la propone la Dra. Jere Confrey quien dice que estos estudios son extensas investigaciones de prácticas educativas, provocadas por el uso de un conjunto de tareas curriculares, cuidadosamente secuenciadas, que estudian cómo algún campo conceptual o conjunto de habilidades e ideas son aprendidas mediante la interacción de los alumnos bajo la guía del profesor (Confrey, 2005). En este trabajo se hace evidente cómo la investigación en el aula llevó a proponer una secuencia de

actividades que atentamente se supervisaron, permitiendo ampliar las comprensiones de los estudiantes.

Esta metodología consta de tres fases: la fase de preparación del diseño donde se define el objetivo principal del diseño y los conceptos o teorías que se van a abordar; la fase de implementación, se describe el paso a paso de la intervención llevada a cabo en el escenario educativo; y la fase de análisis en la que se evalúa y se reflexiona sobre los resultados obtenidos en la implementación de manera que se pueda pensar en mejorar el diseño (Rinaudo & Donolo, 2010).

### **3.3.1. FASE DE PREPARACIÓN DEL DISEÑO**

Esta etapa implica los siguientes pasos: definir las metas de aprendizaje o puntos finales hacia las que apunta el diseño; describir las condiciones iniciales o puntos de partida; definir las intenciones teóricas del experimento, y desarrollar el diseño instructivo que deberá llevar al logro de las metas fijadas (Gravemeijer y Cobb, 2006).

Como ya se ha mencionado anteriormente el componente pedagógico es la Enseñanza para la Comprensión, por tanto, la meta de comprensión que orienta el desarrollo de la propuesta de aula se define como: *“El estudiante comprenderá las ideas que dan razón que el sonido es una onda longitudinal, a través del experimento del tubo de Rubens y el uso de una simulación”*.

Para alcanzar la meta mencionada y debido a las restricciones propias del desarrollo del curso, solo se podía contar con tres sesiones para las cuales se diseñaron tres instrumentos los cuales se establecieron así para cada sesión:

#### **3.3.1.1. PRIMERA SESIÓN: “Ideas previas”**

En esta sesión el objetivo es identificar si los estudiantes reconocen y representan el sonido como una onda mecánica longitudinal a partir de una situación cotidiana, para ello se diseña un cuestionario que deben diligenciar (ver Anexo 2). Con este se evalúa si reconocen el medio como algo necesario para la propagación del sonido y en segunda instancia si saben de qué manera se propaga el sonido.

En este caso el *tema generativo* se establece a partir de una situación cercana al contexto de los estudiantes: “*están en su casa escuchando música en el equipo de sonido y se dan cuenta que la ventana vibra*”. Esta situación se propone estratégicamente para identificar si los estudiantes reconocen y representaban el sonido como una onda longitudinal.

En esta primera actividad no hay *meta de comprensión* debido a que nuestro interés es conocer las ideas previas que tienen los estudiantes sobre el sonido y si recurren a su experiencia para dar respuesta a los diferentes cuestionamientos. La *evaluación* de esta actividad se realiza a partir de las respuestas escritas por los estudiantes y los debates, preguntas, dudas e inquietudes suscitadas en los grupos, por tanto, se debe estar atento a todas estas.

Por otra parte, es importante describir el rol que van a desempeñar tanto el docente como el estudiante para esta sesión, pues bien, se decide organizar estas funciones en una matriz de trabajo donde se propone también el tiempo que consideramos pertinente para llevar a cabo cada actividad:

**Tabla 2: Matriz de trabajo de la sesión 1.**

<b>Tiempo</b>	<b>Funciones del docente</b>	<b>Funciones de los estudiantes</b>
3 min	Presentación oral sobre el sonido (actividad de contexto)	Prestar atención y escuchar al docente
4 min	Explicar la actividad (guía) y preguntar si hay dudas.	Prestar atención, escuchar al docente y manifestar dudas sobre la actividad a desarrollar.
2 min	Pedir a los estudiantes que se organicen en sus respectivos grupos de trabajo (de 4 a 5 integrantes)	Organizarse en los grupos de trabajo (de 4 a 5 integrantes).
4 min	Supervisar la lectura y responder las dudas que los estudiantes presenten.	Hacer lectura superficial de la guía y manifestar sus dudas.

15 min	Supervisar la actividad y responder las dudas que los estudiantes presenten.	Desarrollar de la actividad, manifestar nuevas dudas si surgen.
4 min	Recoger la actividad desarrollada	Entregar la actividad

### 3.3.1.2. SEGUNDA SESIÓN: “El sonido y el tubo de Rubens”

El objetivo de esta sesión es que los estudiantes comprendan la relación entre las características propias del sonido (tono, volumen) con los conceptos ondulatorios de amplitud de onda, frecuencia y longitud de onda a partir de experiencias con ondas estacionarias producidas en el tubo de Rubens.

Continuando con la estrategia pedagógica **E.P.C.**, las tareas de predecir, observar y explicar son las *actividades de comprensión*, luego el *tema generativo* está ligado directamente al experimento del tubo de Rubens guiado por cuatro situaciones que se plantean para que los estudiantes registren en físico sus resultados, para ello se diseña la segunda guía como instrumento a usar para la actividad experimental utilizando el tubo de Rubens (ver Anexo 4).

En cuanto a las *metas de comprensión* se considera importante tener en cuenta dos aspectos: a) el carácter conceptual donde los estudiantes deben llegar a comprender características propias del sonido (Tono, Volumen) y su relación con los conceptos de intensidad, amplitud de onda, frecuencia y longitud de onda; y b) las destrezas o habilidades que los estudiantes desarrollen y potencien al realizar cada una de las tareas y que de acuerdo con el Ministerio de Educación, estipulado en los estándares de educación, estas deben estar relacionadas con el explorar hechos y fenómenos, analizar problemas; observar, recoger y organizar información relevante.

Luego, se realiza la *evaluación continua* estableciendo los criterios de evaluación referentes a si los estudiantes reconocen el medio material que se perturba y en el cual se propaga el sonido (el gas), relacionan las características propias del sonido con las ondulatorias

(amplitud y longitud de onda) e identifican una onda estacionaria y sus características (nodos y modos).

A continuación, se presenta la matriz de trabajo de la sesión 2 donde se proponen los tiempos pertinentes para cada actividad, así como las funciones del docente y los estudiantes:

**Tabla 3: Matriz de trabajo de la sesión 2.**

<b>Tiempo</b>	<b>Funciones del docente:</b> Es la única persona que debe manipular del tubo. Esto debido a que debe saber cómo funciona y las normas de seguridad requeridas para su manipulación	<b>Funciones de los estudiantes</b>
10 min	Presentación del tubo de Rubens: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Montaje</li> <li>• Alcances</li> </ul>	Prestar atención y escuchar al docente
5 min	Explicar la actividad (guía) y resolver dudas.	Prestar atención, escuchar al docente y manifestar dudas sobre la actividad a desarrollar.
15 min	Supervisar y recoger la actividad de predicción.	Realizar y entregar la actividad de predicción.
10 min	Dirigir la actividad de observación.	Registrar su observación y entregar la actividad 2.
15 min	Supervisar y recoger la actividad de explicación.	Realizar y entregar la actividad de explicación.
5 min	Realiza la pregunta de reflexión	Resolver las preguntas

## **PREDECIR**

En esta primera tarea se propone a los estudiantes anticipar un resultado por escrito, razonando lo que creían que ocurría en diversas situaciones relacionadas con el experimento del tubo de Rubens, a partir de una secuencia de preguntas. Se busca que las predicciones o ideas de los estudiantes guíen la actividad en la búsqueda de lo desconocido y no en la asimilación pasiva de hechos y conocimientos (Feixas, 2012).

El objetivo primordial de plantear este tipo de preguntas secuenciales en esta tarea es favorecer la discusión y la participación dentro de los grupos de trabajo, para así estimular la motivación a aprender (Areiza Arenas & Garzón Díaz, 2012). Pues permitía identificar las comprensiones iniciales de los estudiantes, dado que responder las preguntas implicaba utilizar las comprensiones previas para dar respuesta a las situaciones novedosas que se presentan; es decir que toda la actividad de predecir implicaba pensar y actuar con flexibilidad.

Las preguntas realizadas son comunes para todos, estas son de tipo combinadas, es decir, algunas abiertas y otras cerradas, pero con justificación. Y todas ellas están enfocadas hacia el predecir, razonar, describir y/o argumentar. Se proponen cuatro situaciones problema para esta tarea, siempre con el objetivo de que los estudiantes hicieran una predicción de lo que podría ocurrir con las llamas del tubo como producto de la perturbación ocasionada por el sonido.

**Situación 1.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante no emite ningún sonido, ¿qué ocurre cuando el parlante emite un pulso o una canción?

**Situación 2.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y se emite un tono sostenido por el parlante de tal manera que las llamas muestran una onda estacionaria, ¿qué ocurre cuando disminuimos el volumen?

Las llamas dejan de mostrar una onda estacionaria, ¿por qué?

La longitud de onda aumenta, ¿por qué?

La longitud de onda disminuye, ¿por qué?

Las llamas aumentan su altura, ¿por qué?

Las llamas disminuyen su altura, ¿por qué?

Otra. ¿cuál?

**Situación 3.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un tono sostenido, ¿Cualquier tono generaría una onda estacionaria?

Sí, ¿por qué?

No, ¿por qué?

**Situación 4.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un tono sostenido de tal manera que las llamas muestran una onda estacionaria, si llevamos la onda estacionaria al siguiente armónico aumentando lo agudo del tono:

- a. La longitud de onda aumenta, ¿por qué?
- b. La longitud de onda disminuye, ¿por qué?
- c. Las llamas aumentan su altura, ¿por qué?
- d. Las llamas disminuyen su altura, ¿por qué?

Una vez propuestas estas situaciones, a fin de que los estudiantes predigan lo que podía ocurrir, la búsqueda de respuestas siguió una secuencia intencional de observación, descripción detallada y análisis. Las predicciones son de gran importancia puesto que luego de la predicción esta entrará en comparación con la observación, por tanto, se sigue con la acción de observar.

## **OBSERVAR**

Las situaciones que se plantean para esta tarea son las mismas que se plantearon anteriormente con la diferencia que esta vez los estudiantes observarán directamente la situación con el experimento. Lo que se espera de esta actividad es que los estudiantes registren sus observaciones y a nivel cognitivo reflexionen sobre los conocimientos utilizados que los llevaron a hacer una predicción correcta o incorrecta. Seguido a la actividad de observar se continua con la actividad de explicar.

## EXPLICAR

Esta es la tarea final y permite que los estudiantes reflexionen sobre su estrategia y métodos empleados en la solución de las situaciones observadas. En ese sentido, se espera que ellos hicieran la comparación de lo predicho con lo observado para dar explicación de las similitudes y/o diferencias.

Se le solicita a cada grupo que, de acuerdo a las bases teóricas adquiridas en el curso de física de ondas, junto a la predicción y observación de cada situación; realicen una explicación del fenómeno predicho y observado, como si se lo fueran a explicar a sus futuros estudiantes. Para esta explicación deben tener en cuenta: mencionar el qué, cómo y por qué ocurre lo observado reconciliando cualquier conflicto entre su predicción y observación.

Así, se persigue el objetivo de que los estudiantes tomen conciencia de lo que habían comprendido y posiblemente se despierte su curiosidad por querer investigar causas y/o consecuencias de algunos eventos teniendo a la base los fenómenos estudiados con el experimento.

Al final de esta tarea se decide plantear una pregunta para que ellos hagan una nueva reflexión, esto con el fin de introducirlos al trabajo que se realizará en la siguiente sesión:

**Pregunta reflexiva.** La onda estacionaria descrita por las llamas corresponde a una onda transversal, esta onda estacionaria fue formada por la onda sonora emitida por el parlante y reflejada por la pared del tubo, si la onda sonora es de orden longitudinal ¿Por qué observamos una onda transversal?

### 3.3.1.3. TERCERA SESIÓN: “Simulación del comportamiento de la propagación del sonido dentro del tubo de Rubens”

El objetivo de esta última sesión es que los estudiantes visualicen cómo se propaga el sonido al interior del tubo de Rubens y de esta manera comprendan que el sonido es una onda de tipo longitudinal.

Ahora, sin dejar de lado la estrategia pedagógica **E.P.C.** el *tema generativo* sigue siendo el tubo de Rubens, pero en esta ocasión se presenta mediante una simulación, se proponen cinco

situaciones para que los estudiantes manifestaran y registrarán sus análisis por escrito, los cuales se pueden observar en la tercera guía diseñada para presentar la simulación (ver Anexo 8). Las *metas de comprensión* están descritas por los dos aspectos mencionados con anterioridad, el carácter conceptual y el relacionado con el desarrollo de destrezas y/o habilidades, que en su globalidad desembocan en el objetivo principal: que los estudiantes comprendan que el sonido es una onda de tipo longitudinal. Por último, en la *evaluación continua* se establecen los criterios de evaluación que integran las reflexiones y conclusiones que los estudiantes elaboran teniendo en cuenta la observación experimental y la interacción con la simulación.

En esta sesión las tareas del **P.O.E.** van a tener un orden más estricto para cada situación y es que van a ir organizadas una inmediatamente después de la otra, a continuación, se muestra cómo fue la propuesta para el desarrollo de la sesión.

**Situación 1.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un pulso, considere que no hay reflexión en el otro extremo del tubo.

Los estudiantes deben *predecir* ¿Cómo vibran las partículas de gas?, teniendo en cuenta: la dirección de la vibración, la oscilación de cada partícula, ¿cuántas veces oscila? una oscilación, media, etc. Y en qué sentido se propaga la vibración. En cuanto al *observar*, ellos deben registrar detalladamente lo que observaron respecto a la oscilación que realizan las partículas dentro del tubo (ver anexo digital simulación situación1). Para la tarea *explicar* se orienta el trabajo mediante las siguientes preguntas ¿Por qué ocurre lo que observaron? ¿En qué se diferencia con lo que predijeron?

**Situación 2.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un pulso, pero en este caso hay reflexión en el otro extremo del tubo.

Al igual que en la anterior, los estudiantes deben *predecir* ¿Cómo vibran las partículas de gas? teniendo en cuenta la dirección de la vibración antes y después de la reflexión, así como

la oscilación de cada partícula (cuántas veces oscila), esta tarea finaliza con la siguiente pregunta: ¿Hay un cambio de fase en la onda sonora?

Así mismo en la tarea de **observar** los estudiantes registran lo que van observando (ver anexo digital simulación situación 2), y en la **explicación** se les solicita que den respuesta a las siguientes preguntas: ¿Por qué ocurre lo que observaron? ¿En qué se diferencia con lo que predijeron?

**Situación 3.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un tono sostenido de tal manera que se genera la onda estacionaria donde se pueden observar tres antinodos, es decir, el tercer armónico.

Para esta situación la tarea de **predecir** cambia pues los estudiantes deben dibujar (Anexo 8) cómo se deben organizar las partículas de gas de modo que se observe la onda estacionaria, para ello se les proporciona una figura en donde se reflejaría su opinión

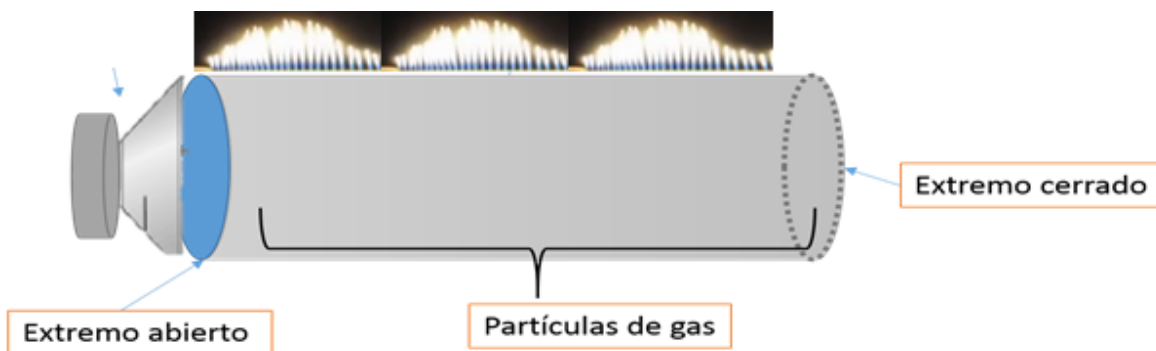


Figura 7. Recurso propuesto para que los estudiantes realizaran un dibujo.

Se termina esta tarea formulando una pregunta reflexiva: ¿Las partículas de gas dejan de vibrar? Seguido a esto, en la parte de **observar** los estudiantes dibujan cómo se organizaron las partículas de gas (ver anexo digital simulación situación 3) y se les cuestiona sobre si las partículas de gas dejaron de vibrar. Finalmente, se les pide que **expliquen** por qué se genera la onda estacionaria de forma transversal.

**Situación 4.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un tono sostenido de tal manera que se genera la onda estacionaria donde se pueden observar dos antinodos, es decir, el segundo armónico.

En esta situación las tareas se proponen de la siguiente manera:

**Predecir:** Si se aumenta el volumen y la onda estacionaria se mantiene, ¿qué sucede con la oscilación de las partículas de gas? **Observar:** Registren detalladamente lo que observan (ver anexo digital simulación situación 4). **Explicar** la relación entre la amplitud de la onda estacionaria, y la oscilación de las partículas de gas dentro del tubo de Rubens.

**Situación 5.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un tono sostenido de tal manera que se genera la onda estacionaria donde se pueden observar dos antinodos, es decir, el segundo armónico.

Esta es la última situación que se propone en la cual los estudiantes deben **predecir** lo que sucedería con las partículas de gas si cambiamos el tono y la onda estacionaria se pierde. En seguida deben **observar** y registrar lo que ocurría (ver anexo digital simulación situación 5). Para finalizar se les pide **explicar** la relación entre la frecuencia y la formación de la onda estacionaria dentro del tubo de Rubens.

Y así como se ha venido presentando en cada sesión, a continuación, se presenta la matriz de trabajo de la sesión 3 donde se proponen los tiempos que consideramos pertinente para cada actividad, así como las funciones del docente y los estudiantes:

**Tabla 4: Matriz de trabajo de la sesión 3.**

<b>Tiempo</b>	<b>Funciones del docente:</b> Es la única persona que debe manipular la simulación, esto debido a que debe guiar la actividad de manera que el estudiante esté atento a la interfaz.	<b>Funciones de los estudiantes</b>
5 min	Presentación de la simulación.	Prestar atención y escuchar al docente

5 min	Explicar la actividad de modo que quede claro que cada aspecto ( <i>predecir, observar y explicar</i> ) debe ser el resultado de la participación colectiva de los integrantes del grupo.	Prestar atención, escuchar al docente y manifestar dudas sobre la actividad a desarrollar.
5 min	Presentar la situación 1.	Realizar la actividad de predicción.
5 min	Dirigir, supervisar y asegurar que la actividad de observación de la situación 1 sea desarrollada.	Registrar su observación.
5 min	Supervisar y asegurar que la actividad de explicación sea desarrollada.	Realizar la actividad de explicación.
5 min	Hacer o facilitar la conclusión de la situación 1.	Prestar atención, escuchar al docente y manifestar sus comentarios sobre la actividad desarrollada.
5 min	Presentar la situación 2.	Realizar la actividad de predicción.
5 min	Dirigir, supervisar y asegurar que la actividad de observación de la situación 2 sea desarrollada.	Registrar su observación.
5 min	Supervisar y asegurar que la actividad de explicación sea desarrollada.	Realizar la actividad de explicación.
5 min	Hacer o facilitar la conclusión de la situación 2.	Prestar atención, escuchar al docente y manifestar sus comentarios sobre la actividad desarrollada.
5 min	Presentar la situación 3.	Realizar la actividad de predicción.
5 min	Dirigir, supervisar y asegurar que la actividad de observación de la situación 3 sea desarrollada.	Registrar su observación.

5 min	Supervisar y asegurar que la actividad de explicación sea desarrollada.	Realizar la actividad de explicación.
5 min	Hacer o facilitar la conclusión de la situación 3.	Prestar atención, escuchar al docente y manifestar sus comentarios sobre la actividad desarrollada.
5 min	Presentar la situación 4.	Realizar la actividad de predicción.
5 min	Dirigir, supervisar y asegurar que la actividad de observación de la situación 4 sea desarrollada.	Registrar su observación.
5 min	Supervisar y asegurar que la actividad de explicación sea desarrollada.	Realizar la actividad de explicación.
5 min	Hacer la conclusión de la situación 4.	Prestar atención, escuchar al docente y manifestar sus comentarios sobre la actividad desarrollada.
5 min	Presentar la situación 5.	Realizar la actividad de predicción.
5 min	Dirigir, supervisar y asegurar que la actividad de observación de la situación 5 sea desarrollada.	Registrar su observación.
5 min	Supervisar y asegurar que la actividad de explicación sea desarrollada.	Realizar la actividad de explicación.
5 min	Hacer la conclusión de la situación 5.	Prestar atención, escuchar al docente y manifestar sus comentarios sobre la actividad desarrollada.

### 3.4. FASE DE IMPLEMENTACIÓN

Para esta fase, se trabajó con un total de 18 estudiantes, sin embargo, solamente se reportan los resultados de 4 grupos, equivalentes a 10 estudiantes, quienes realizaron las actividades

propuestas los cuales ya se describieron en el contexto. La idea de esta fase no es únicamente ensayar si los objetivos de cada sesión se cumplen para demostrar que la propuesta de aula funciona o no, sino que también se debe buscar cómo mejorar, si es el caso, la teoría que fue planteada en un principio y desarrollar una mejor comprensión de su funcionamiento (Rinaudo & Donolo, 2010).

Es allí donde entran en juego los *microciclos de diseño y análisis* con el propósito de apoyar los procesos de mejoramiento de la propuesta de aula. El *microciclo de diseño* hace referencia a la deducción de indicios acerca del modo en que las actividades propuestas se podrían desarrollar en una clase particular, así como de los aprendizajes que pueden lograr los alumnos cuando participan en ellas (citado en Rinaudo & Donolo, 2010, p.16).

El *microciclo de análisis* se realiza durante la implementación de las actividades o situaciones que se propusieron y una vez que las sesiones han concluido. La idea de este ciclo es hacer un análisis del proceso real de participación y aprendizaje que siguieron los estudiantes. Una vez hecho el análisis se toman las decisiones acerca de la validez de la teoría que sostiene las actividades instructivas y de las modificaciones que se consideran necesarias para ajustar el diseño (citado en Rinaudo & Donolo, 2010, p.16).

Para esto se elaboraron unas matrices de trabajo para precisamente llevar a cabo estos microciclos durante el desarrollo de las clases porque es allí donde se inician los análisis. Así, se podría llevar un registro detallado del diseño, de los cambios que se introducen y de las razones para hacerlo; por lo tanto, se tendrían evidencias documentadas de los fracasos, revisiones y resultados generales de la propuesta de aula.

Por lo tanto, se tiene en cuenta la solución que realizaron por escrito (ver Anexos) y los argumentos verbales que sustentaban sus ideas.

### **MATRIZ 1. Síntesis de la actividad 1**

<b>Sesión 1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Material es</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Resultados esperados</b>
-----------------	------------------	------------------------	---------------	-----------------------------

Temas generativos <ul style="list-style-type: none"> <li>Ideas previas</li> </ul>	Identificar si los estudiantes reconocen y representan el sonido como una onda longitudinal a partir de una situación.	Guía #1 (ver anexo 1)  Lápiz  Borrador	40 min	Que los estudiantes identifiquen el sonido como onda longitudinal a partir de sus bases teóricas y no de su experiencia.
---	--	--	--------	--

<b>Metas y desempeños de comprensión.</b>	<b>Criterios de evaluación punto 1.</b>
<p>Identificar la claridad que tienen los estudiantes respecto a la propagación del sonido.</p> <p>En esta actividad no hay meta de comprensión ya que se trata de un test de entrada.</p>	<p>El docente evaluará a partir de los siguientes criterios:</p> <p>Si los estudiantes responden con las siguientes opciones (a, b, o c) según el cuestionario diseñado (ver Anexo 2):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Entonces no están teniendo en cuenta el medio.</li> <li>b) Entonces reconocen conceptualmente el sonido y su propagación como onda longitudinal.</li> <li>c) Entonces no tienen claridad respecto al carácter longitudinal del sonido.</li> </ul>
<b>Criterios de evaluación punto 2</b>	<b>Criterios de evaluación punto 3</b>
<p>El docente evaluará a partir de los siguientes criterios:</p> <p>Si los estudiantes responden con las siguientes opciones (a, o b) según el cuestionario diseñado (ver Anexo 2):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Entonces reconocen y representan el sonido como onda longitudinal</li> <li>b) Entonces no reconocen ni representan el sonido como onda longitudinal</li> </ul>	<p>El docente evaluará a partir de los siguientes criterios:</p> <p>Si los estudiantes responden con las siguientes opciones (a, o b) según el cuestionario diseñado (ver Anexo 2):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) no reconocen el sonido como una onda mecánica.</li> </ul>

	b) explican la necesidad del medio, reconocen el sonido como una onda mecánica.
<b>Criterios de evaluación de la actividad completa</b>	
Si los estudiantes responden incorrectamente cualquiera de los tres puntos esto mostrará que tienen dificultades en la comprensión del sonido y su propagación como onda longitudinal.	

Del mismo modo que en la actividad 1, se crea una matriz de ayuda al docente para organizar la tarea de observación donde se involucran los criterios que se deben tener en cuenta para su realización.

### MATRIZ 2. Síntesis de la actividad 2

Sesión 2	Objetivos	Materiales	Tiempo	Resultados esperados
Observar, explicar y predecir.	<p>Buscar que los estudiantes:</p> <p>Comprendan características propias del sonido (Tono, Volumen) y su relación con los conceptos de intensidad, amplitud de onda, frecuencia y longitud de onda.</p>	<p>-Guía #2</p> <p>-Lápiz</p> <p>-Borrador</p> <p>-Tubo de Rubens</p> <p>-Gas</p> <p>-Grabadora</p> <p>-Generador de frecuencias.</p> <p>-Parlante</p> <p>-Encendedor</p>	60 min	Que los estudiantes comprendan las características de tono y volumen.

### Metas y desempeños de comprensión.

Que los estudiantes comprendan:

1. El sonido se propaga en un medio material y lo perturba.
2. Las características propias del sonido y su equivalencia conceptual en ondas:
  - ✓ Volumen e intensidad y su relación proporcional directa con la amplitud de onda.

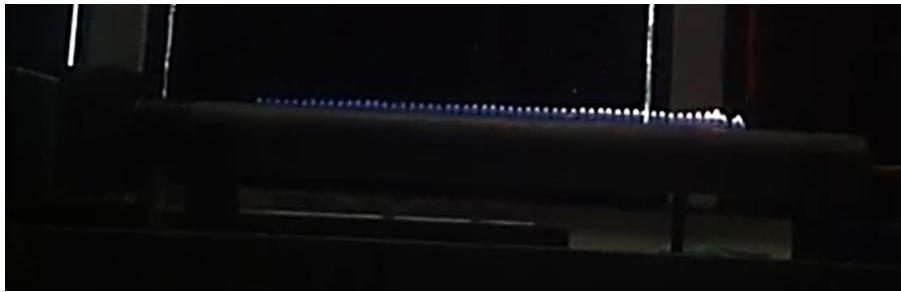
- ✓ Tono y frecuencia y su relación proporcional inversa con la longitud de onda.
3. La formación de una onda estacionaria.

### **Criterios de evaluación de la actividad con el tubo de Rubens**

El docente debe evaluar lo escrito por los estudiantes en la explicación bajo los siguientes parámetros:

1. Reconocen el medio material que se perturba y en el cual se propaga el sonido (el gas).
2. Relacionan las características propias del sonido con las ondulatorias (amplitud y longitud de onda).
3. Identifican una onda estacionaria y sus características (nodos y modos).

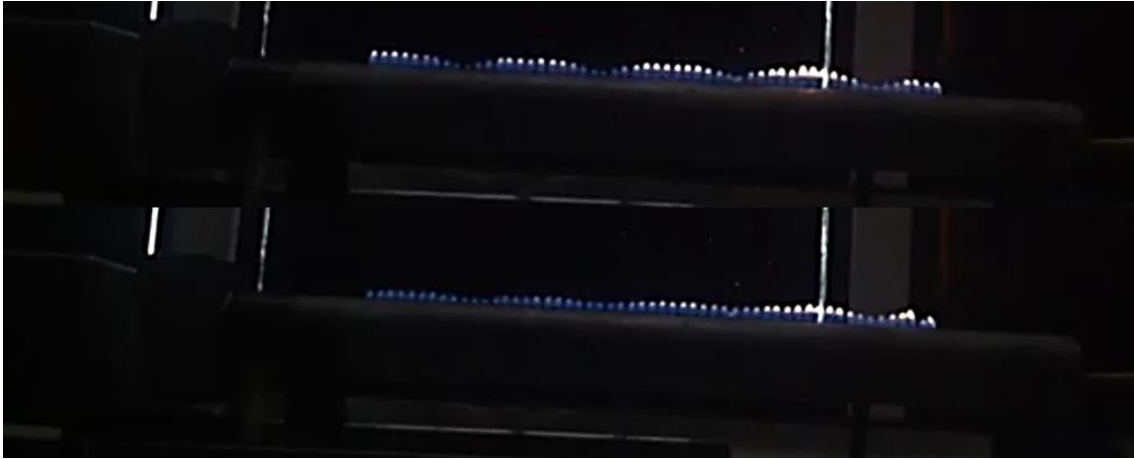
A continuación, se exponen las fotografías que dan razón de las situaciones que los estudiantes observarían en la actividad de *observar*:



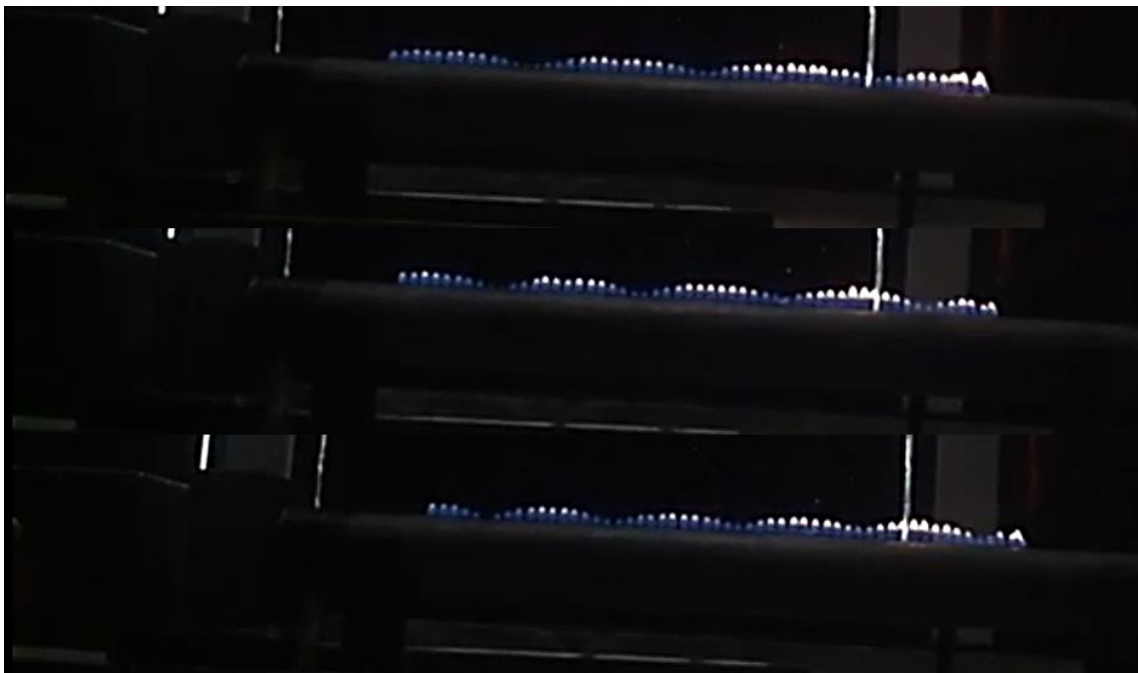
*Fotografía 2: Tubo de Rubens encendido*



*Fotografía 3: Situación 1, el tubo de Rubens cuando se emite un pulso*



*Fotografía 4: Situación 2, el tubo de Rubens cuando se emite un pulso, se forma una onda estacionaria y luego disminuimos el volumen.*



*Fotografía 5: Situación 3 y 4, El tubo de Rubens cuando se emiten tres frecuencias, la primera a 726Hz, la segunda de 850 Hz. Y la tercera a 974 Hz.*

Y finalmente, esta es la matriz de trabajo para la última sesión de intervención en el aula.

### MATRIZ 3. Síntesis de la actividad 3

Sesión 3 simulación	Objetivos	Materiales	Tiempo	Resultados esperados
Predecir, observar y explicar.	<p>Buscar que los estudiantes:</p> <p>Comprendan que el sonido es una onda de tipo longitudinal.</p>	<p>-Guía #3</p> <p>-Lápiz</p> <p>-Borrador</p> <p>-Computador</p> <p>-Video Beam</p> <p>-Software: (simulación)</p>	60 min	<p>Que los estudiantes vean en la simulación una herramienta útil para hacer visible lo que no es posible observar. Como por ejemplo observar lo que pasa en el interior del tubo de Rubens respecto al posible movimiento de las partículas de gas.</p> <p>Que los estudiantes despierten curiosidad por la simulación al lograr observar la forma en que vibran las partículas y relacionarlas con las llamas.</p>

#### Metas y desempeños de comprensión.

Que los estudiantes comprendan:

1. La vibración de las partículas de gas dentro del tubo.
2. Las partículas de gas vibran en la misma dirección en la cual se propaga el sonido.
3. A partir de una onda longitudinal se forma una onda de presión.
4. La formación de una onda estacionaria a partir de una onda longitudinal.
5. El comportamiento de las partículas de gas, dentro del tubo de Rubens, en la formación de una onda estacionaria al variar el volumen y el tono.
6. Como se relacionan la vibración de las partículas con la intensidad y la frecuencia

#### Criterios de evaluación de la actividad con la simulación

El docente debe evaluar la explicación que realicen los estudiantes bajo los siguientes parámetros:

La vibración de las partículas es una consecuencia del sonido y por tanto viajan en la misma dirección de su propagación.

Las llamas varían de altura como consecuencia de la vibración de las partículas producto de una onda longitudinal.

### **3.5. FASE DE ANÁLISIS**

En esta fase se presentarán los resultados obtenidos en las tres sesiones en el aula en cada situación se establecían los criterios de evaluación que estaban explícitos en cada matriz de trabajo. El análisis de los datos que se lleva a cabo en esta fase implica también un ciclo específico, en el cual se analizan los datos cronológicamente, sesión por sesión. Las interpretaciones elaboradas con base al análisis de las tareas **P.O.E.** de una sesión se examinan para decidir si pueden tener relación, si pueden ser confirmadas o si, por el contrario, resultan refutadas.

#### **3.5.1. RESULTADOS PRIMERA SESIÓN**

Para la primera actividad (ver Anexo 2), que corresponde a la guía de introducción, los resultados obtenidos por escrito son satisfactorios ya que todas las preguntas fueron contestadas correctamente. Esto permite afirmar que los estudiantes reconocen conceptualmente el sonido y su propagación como onda longitudinal, sin embargo, se encontró que para responder las preguntas recurrían más a registros en su memoria que a relacionar las diferentes situaciones con experiencias propias. Claro está que la evidencia física no es suficiente para sostener lo que se acaba de afirmar, pero si es importante mencionar que estos análisis se realizan teniendo en cuenta también las opiniones y discusiones verbales que se presentaron entre los estudiantes de cada grupo.

Durante el desarrollo del cuestionario se origina un debate entorno a si el sonido es una onda longitudinal o transversal y debido a que en su experiencia no hay registro de eventos

suficientes que les permitan distinguir esta característica, los estudiantes deciden recurrir a la memoria y apuntes para dar fin al debate manifestando la siguiente frase: “... *compañeros acuérdense que vimos que el sonido es una onda longitudinal... miren en los apuntes y verán...*”

A partir de estos debates se considera que, con el desarrollo de las sesiones diseñadas, se les brindaría a los estudiantes la oportunidad de observar nuevas experiencias que junto con sus conocimientos les permitiera ampliar sus comprensiones.

### **3.5.2. RESULTADOS SEGUNDA SESIÓN**

Cabe aclarar que antes de que los estudiantes se dispusieran a resolver las situaciones se realizó una presentación introductoria, mostrando ¿qué es el tubo de Rubens?, ¿quién lo hizo, con qué fin? y ¿cómo funciona?

Para esta sesión se presenta el análisis por separado para las tres tareas del **P.O.E.** En primera instancia se había propuesto a los estudiantes que anticiparan el resultado de lo que creían que ocurría en diversas situaciones relacionadas con el experimento del tubo de Rubens y que lo manifestaran por escrito en la guía que diseñada. Las predicciones e ideas de los estudiantes son de esencial importancia ya que permiten guiar la atención en la búsqueda de lo desconocido dejando de lado la asimilación pasiva de hechos y conocimientos (Martí, 2012).

Para organizar las respuestas de los estudiantes se utilizaron rubricas evaluativas. Una rúbrica es un instrumento que facilita la evaluación del desempeño de los estudiantes, ya que permite asignar u otorgar un valor (valorar), basándose en una escala de niveles de desempeño y un listado de aspectos que evidencian el aprendizaje, los conocimientos y/o las competencias alcanzadas por el estudiante en un tema particular (García, 2014).

Pues bien, se establecen categorías para evaluar las predicciones de los estudiantes: Correcta, indica si la predicción del grupo describe claramente lo que ocurrirá; Aproximada, indica si la predicción se aproxima a lo que ocurrirá; No es claro, indica que no se entiende la predicción que proponen; e Incorrecta, indica que la predicción no coincide con lo que ocurre.

El siguiente cuadro se presenta los resultados para la tarea predecir:

Tarea Predecir									
Categorías	Situación 1.		Situación 2.		Situación 3.		Situación 4.		
	Número de grupos	%	Número de grupos	%	Número de grupos	%	Número de grupos	%	
<b>Correcta</b>	0	0	4	80	2	40	2	40	
<b>Aproximada</b>	3	60	1	20	0	0	1	20	
<b>No es claro</b>	2	40	0	0	1	20	1	20	
<b>Incorrecta</b>	0	0	0	0	2	40	1	20	

*Rúbrica 1: tarea predecir sesión 2*

El anterior cuadro permite apreciar que un porcentaje importante de las predicciones son incorrectas o no son claras y pensamos que esto se debe a diferentes factores: en primer lugar, desconocían el tubo de Rubens por lo tanto no tienen la experiencia para pronosticar los sucesos. En segundo lugar y a pesar de tener claro la relación de proporcionalidad entre la frecuencia y la longitud de onda les cuesta trabajo extrapolar estos conceptos y llevarlos al contexto del sonido, en otras palabras, se les dificulta relacionar estos conceptos con las características propias del sonido.

Sin embargo, se destaca el gran porcentaje de las predicciones correctas y aproximadas, permitiéndonos considerar que los estudiantes realizan modelos basados en su imaginación para comprender que es lo que puede suceder en cada situación propuesta. En términos generales, ellos comprenden que el sonido es el causante de que las llamas se puedan comportar con cierta particularidad debido a la perturbación del gas por el que se propaga el sonido.

Una vez hechas las predicciones el interés es analizar ahora qué fue lo que observaron los estudiantes y si esta observación coincide con lo predicho, en ese sentido las categorías de evaluación aquí se consideran tres: **1)** coincide con la predicción, **2)** no coincide con la predicción y **3)** se observó algo diferente a lo que la situación proponía.

Al organizar estas respuestas en las categorías anteriormente expuestas se tiene que:

## Tarea Observar

Categorías	Situación 1.		Situación 2.		Situación 3.		Situación 4.	
	Número de grupos	%	Número de grupos	%	Número de grupos	%	Número de grupos	%
<b>Coincide</b>	1	20	4	80	3	60	4	80
<b>No coincide</b>	2	40	0	0	1	20	0	0
<b>Observó algo distinto</b>	2	40	1	20	1	20	1	20

**Rúbrica 2: tarea observar sesión 2.**

Se puede evidenciar que con esta actividad se generó una nueva experiencia que familiariza a los estudiantes con el estudio del sonido y en cierta forma mejora sus comprensiones. Si bien sus predicciones coinciden con sus observaciones esto les genera confianza y por lo tanto potencia sus argumentos en cuanto a ideas conceptuales. Pero hubo un grupo que, aunque la predicción coincidió con lo que registraron en la observación estas dos cuestiones eran incorrectas pues afirman algo que no sucede: “*cualquier tono o frecuencia genera una onda estacionaria*”

Por otro lado, si sus predicciones no coinciden con sus observaciones, la experiencia también resulta gratificante pues les permite tener evidencias para corregir sus ideas y de esta forma optimizar el proceso de comprensión.

Para confirmar que la experiencia generó un cambio o una mejora en sus procesos, lo más significativo es estudiar las explicaciones que los estudiantes ofrecieron. En ese sentido, se elabora una rúbrica de evaluación teniendo en cuenta los criterios expuestos en la MATRIZ 2 de la fase de implementación y se definen tres categorías para analizar las explicaciones de los estudiantes, las cuales hacen referencia a: **1)** explicaciones *poco satisfactorias*, considerándolas como un tipo de justificación práctica, poco sustancial o trivial; **2)** explicaciones *satisfactoria*, que justifican el fenómeno pero no entran en detalle; y **3)** explicaciones *muy satisfactorias*, que hacen referencia a un tipo de justificación en la cual se detalla como sucede cada cosa, refiriéndose a eventos relacionados, cualidades o circunstancias.

Las siguientes tablas muestran la organización que se hace de las respuestas de los estudiantes teniendo en cuenta las categorías mencionadas anteriormente:

<b>Criterios</b>	<b>3. Muy satisfactoria</b>	<b>2. Satisfactoria</b>	<b>1. Poco satisfactoria</b>
<b>Reconoce</b>	El medio material que se perturba y en el cual se propaga el sonido en el tubo de Rubens es el gas.	El sonido se propaga mediante un medio material.	El sonido es una onda mecánica.
<b>Relaciona</b>	Cuando hay un aumento del volumen en el sonido el tamaño de la llama aumenta.  Cuando el sonido se hace más agudo la longitud de onda disminuye.	Existe un cambio en el comportamiento de la llama debido al látex, volumen y al tono.	La membrana de látex produce un cambio en el comportamiento de las llamas.
<b>Identifica</b>	En los lugares donde no hay llama o la llama es muy baja, se encuentra un nodo y al haber nodos hay onda estacionaria.	Lugares donde se encuentra un nodo.	Lugares donde el tamaño de la llama varía.

***Rúbrica 3: tarea explicar sesión 2.***

**Análisis de las explicaciones**

<b>Criterios</b>	<b>3. Muy satisfactoria</b>	<b>2. Satisfactoria</b>	<b>1. Poco satisfactoria</b>
<b>Reconoce</b>	Grupo 2: “... <i>el parlante genera vibraciones que hacen mover las partículas de aire, que a su vez, hacen mover el látex (membrana), que a su vez, hacen mover las partículas de gas que hacen que el gas salga...</i> ”		Grupo 4: No reconocen el medio, no hay respuesta referente a esto.  Grupo 5: “... <i>se evidencia la propagación de la onda por medio de la llama...</i> ”

**Relaciona**

Grupo 2: “*el tubo de Rubens nos permite observar cómo se comporta el sonido por medio de las características cualitativas del comportamiento de las llamas (tono e intensidad), al hacer vibrar una membrana elástica con la ayuda de un parlante que se encuentra en un extremo del tubo...*”

Grupo 4: “*en el experimento nos pudimos dar cuenta que la longitud de onda depende de la frecuencia (a mayor frecuencia menor longitud de onda) ... También se puede concluir que a mayor volumen mayor amplitud de la onda (a mayor volumen aumenta la amplitud de la onda)”*

Grupo 5: “*...cuando se varia el volumen lo que sucede es que los antinodos varían su altura... La amplitud de la onda aumenta por ende el fuego aumenta, al aumentar el volumen...*”

<b>Identifica</b>		Grupo 5: “...cuando se varia el volumen lo que sucede es que los antinodos varían su altura... Si no hay reflexión no hay onda estacionaria...”	<p>Grupo 2: “...Al generar un tono más grave (con ayuda de un generador de ondas), los lugares donde no hay llama, con menores. Por el contrario, si se genera un tono más agudo, los lugares donde no hay llama son mayores. Esto solo ocurre en los armónicos (o tonos pares) ...”</p> <p>Grupo 4: “...no se pudieron evidenciar algunas ondas estacionarias por su alta frecuencia debido a que la longitud de onda era muy pequeña...”</p>
-------------------	--	---	--

*Rúbrica 4: organización de las explicaciones realizadas por los estudiantes en la sesión 2.*

De las anteriores tablas se puede evidenciar 3 problemas: primero que dos de los grupos se les dificulta reconocer el medio material que se perturba y en el cual se propaga el sonido; segundo que a todos los grupos les falta entrar en detalle con respecto a establecer relaciones entre el volumen y el tamaño (amplitud) de las llamas, así como también la relación entre la agudeza del sonido y la longitud de onda; y tercero que a los estudiantes les cuesta trabajo identificar los nodos y la onda estacionaria según el comportamiento de las llamas.

Por lo tanto, se puede concluir que se requiere de la simulación para que los estudiantes puedan asociar la observación realizada en el experimento del tubo de Rubens con la animación diseñada para observar lo que ocurre al interior del tubo y en ese sentido se daría solución a las problemáticas evidenciadas anteriormente.

### 3.5.3. RESULTADOS TERCERA SESIÓN

Para analizar esta sesión se tratan por separado las tres tareas del **P.O.E.**, considerando las mismas categorías para la tarea de predecir, el siguiente cuadro presenta los resultados obtenidos:

Tarea Predecir										
Categorías	Situación 1.		Situación 2.		Situación 3.		Situación 4.		Situación 5.	
	Número de grupos	%	Número de grupos	%	Número de grupos	%	Número de grupos	%	Número de grupos	%
<b>Correcta</b>	2	50	1	25	0	0	0	0	0	0
<b>Aproximada</b>	0	0	2	50	1	25	0	0	2	50
<b>No es claro</b>	0	0	0	0	2	50	1	25	0	0
<b>Incorrecta</b>	2	50	1	25	1	25	3	75	2	50

***Rúbrica 5: tarea predecir sesión 3.***

Estas predicciones permiten evidenciar una dificultad para pensar el posible movimiento de las partículas ya que existe cierto apego por un movimiento transversal, consideran que cuando hay una onda estacionaria no existe vibración por parte de las partículas y por último se les hace difícil identificar las causas por la cual cuando se aumenta el volumen aumenta la amplitud de la llama.

En esta sesión los estudiantes no hicieron un registro de lo que observaron, tal vez porque la indicación de la guía no fue clara o simplemente decidieron no hacerlo, sin embargo, si realizaron una reflexión para conciliar sus predicciones con sus observaciones, lo cual se puede evidenciar en las explicaciones que presentaron. Los criterios para evaluar las explicaciones se expusieron en la MATRIZ 3 que se resumen en asociar e interpretar, también se continua considerando las categorías de la sesión anterior para analizar y organizar las explicaciones: **1)** explicaciones *poco satisfactorias*, **2)** explicaciones *satisfactorias* y **3)** explicaciones *muy satisfactorias*.

Crterios	3. Muy satisfactoria	2. Satisfactoria	1. Poco satisfactoria
<b>Asocia</b>	La vibración de las partículas como consecuencia del sonido con las ondas longitudinales.	El sonido es una onda es una onda longitudinal.	El sonido es una onda.
<b>Interpreta</b>	Las llamas varían como consecuencia de la vibración de las partículas producto de una onda longitudinal.	Las llamas son consecuencia del sonido.	Las llamas son consecuencia de partículas que dejan de vibrar.

*Rúbrica 6: tarea de explicar sesión 3.*

### Análisis de las explicaciones

Crterios	3. Muy satisfactoria	2. Satisfactoria	1. Poco satisfactoria
<b>Asocia</b>	Grupo 5: <i>“El sonido afecta el gas y se evidencia en el movimiento de las partículas y se observa que las partículas se mueven en la misma dirección que va el sonido ...Una de las características de las ondas es que se pueden reflejar, en este caso la reflexión se da en el extremo cerrado del tubo como el sonido es una onda longitudinal, cuando se emite y se refleja sigue siendo longitudinal”</i>	Grupo 1: <i>“Esto ocurre porque el parlante vibra, cuando se emite un pulso, moviendo las partículas de aire que se encuentran en frente de este de manera horizontal y el momento de las partículas se transmite totalmente de una a otra partícula... La onda se refleja invertida o desfasada por que las partículas del material con que se refleja sus enlaces son fuertes y poco deformables por lo que el momento de la partícula se mantiene pero solo cambia la</i>	Grupo 4: <i>“Porque se observa una pulsación, se diferencia en que la predicción principalmente fue en y,x...”</i>

		<p><i>dirección de la velocidad”</i></p> <p><i>Grupo 2: “Todo el recorrido de las partículas me genera un pulso cada oscilación es generada por que cada partícula vuelve a su punto de inicio y su dirección es paralela al tubo”</i></p>	
<b>Interpreta</b>	<p><i>Grupo 1: “Porque en los antinodos existe un mayor número de partículas de gas, al igual que existe una vibración constante en las partículas en el mismo lugar... A mayor amplitud, las partículas oscilan en el mismo tiempo, pero a mayor distancia”</i></p> <p><i>Grupo 5: “Porque las partículas de gas salen por los orificios y donde hay mayor presión las partículas están más juntas y la llama es más alta... Cuando se sube el volumen lo que aumenta es la longitud de la oscilación... Una onda estacionaria se forma cuando la fase de la onda emitida coincide con la fase de la onda reflejada. Solo con ciertas frecuencias se puede formar una onda estacionaria”</i></p>	<p><i>Grupo 2: “Porque en cada antinodo las partículas están más juntas...”</i></p>	<p><i>Grupo 4: “Por la acumulación en los mismos puntos de las partículas de gas”</i></p>

Rúbrica 7: organización de las explicaciones realizadas por los estudiantes en la sesión 3.

Según los resultados obtenidos en esta sesión se puede decir que los estudiantes lograron observar situaciones que solo habían podido imaginar al tratar de entender el comportamiento del gas dentro del tubo de Rubens, en ese sentido la simulación resulta ser una herramienta útil en el proceso de comprensión de los estudiantes ya que organiza el conocimiento previo de los estudiantes del sonido como onda longitudinal y logran superar las dificultades que se presentaron con el experimento.

#### CAPITULO IV CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que nuestra investigación estuvo orientada a saber cómo una propuesta de aula, basada en el experimento del tubo de Rubens y la simulación, podría servir para que los estudiantes del curso de física de ondas de la UPN comprendieran las ideas que dan razón de que el sonido es una onda longitudinal, encontramos que el enriquecimiento de las comprensiones de los estudiantes es evidente, aunque no se da de igual manera en cada uno de ellos, sí se desarrollan de manera satisfactoria en los grupos estudiados.

Es por ello que el resultado más sobresaliente de la investigación, está en relación con las comprensiones alcanzadas por los estudiantes donde se manifiesta un progreso en la construcción de modelos e ideas científicas a partir de nuevas y mejores evidencias. Esto permitió que los estudiantes mejoraran sus comprensiones con argumentos explicativos más amplios y enriquecedores.

Esta investigación nos permitió conocer que los estudiantes recurren más a los procesos de memorización de información y de adquisición de procesos preestablecidos para dar explicación a ciertas situaciones problema propuestas. De allí que nuestro trabajo resultara importante en el proceso de construcción de conocimiento.

En la propuesta resultó conveniente para la comprensión de los estudiantes articular el experimento del tubo de Rubens con la simulación. Por un lado, el impacto visual del experimento generó motivación y curiosidad en los estudiantes permitiendo un desarrollo satisfactorio de la sesión, esto contribuyó a entender la estrecha relación entre teoría y experimento; por otro lado, el uso de la simulación permitió darles un marco más amplio a

las comprensiones de cada uno de los estudiantes sobre los conceptos asociados al fenómeno. Por ello, la incorporación de la simulación es un recurso que tuvo el potencial de ayudar a los estudiantes a superar las concepciones disonantes que se produjeron con el experimento, de esta forma aprendieron sobre modelos físicos, ya que interactuaron de cierta forma con el simulador y no sólo fueron observadores pasivos. Por tanto, se puede concluir que los simuladores son un medio atractivo y efectivo de proporcionar a los estudiantes un apoyo que permite la exploración y el descubrimiento que a veces no es posible con instrumentos y equipo real.

Al querer simular el tubo Rubens nos embarcó en una tarea de exploración donde terminamos en pensar al medio de propagación del sonido como un medio elástico compuesto por moléculas, desarrollando la simulación del tubo de Rubens, a partir de la ecuación más simple del movimiento armónico simple que predice la posición de un oscilador:  $x = A \cdot \text{Sen}(w \cdot t + \varphi_0)$ , para cada molécula.

Con la globalización y revolución informática se ha generado la idea de que las herramientas tecnológicas puedan reemplazar las funciones del docente, sin embargo, para nosotros, los alumnos son los protagonistas en su aprendizaje, claro está, pero el profesor continúa teniendo un papel fundamental como diseñador y guía en todo el proceso. Allí es donde resaltamos la importancia y el valor de la actividad docente. En este proceso de investigación reflexionamos sobre nuestro propio desempeño profesional, sobre nuestra práctica y las estrategias pedagógicas para la gestión del aula que la educación demanda. Por ello es que esta experiencia resultó una excelente oportunidad para pensar en una serie de posibilidades y estrategias para optimizar los procesos de enseñanza de la Física.

Ahora, debido a cómo organizamos las sesiones creemos que incidimos directamente en los objetivos formativos enfocados a las habilidades de comunicación, trabajo en equipo, capacidad de síntesis y análisis. Dado que las situaciones problema planteadas buscaban procesos de discusión donde ellos pudieran llegar a acuerdos entre sus imaginarios, las evidencias y las reflexiones que resultaban. Esto conlleva también a desarrollar más los procesos de razonamiento que los procesos de memorización de información y de adquisición de procesos preestablecidos.

Se vio la importancia de la comprensión como una habilidad fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que un conocimiento descontextualizado de la realidad propia carece de valor agregado.

Del mismo modo, las tareas del P.O.E. que estructuraban nuestra propuesta funcionaron en la medida en que establecieron un camino fundamental para la construcción de conocimiento, y es que estas tareas (Predecir – Observar – Explicar) hacen parte de algunos procesos propios de la actividad científica. Por lo tanto, esta estrategia es una muy buena alternativa para diagnosticar lo que se conoce respecto a la explicación de un fenómeno físico, por un lado, y por otro lado a enriquecer las comprensiones de los estudiantes usando al máximo procesos propios de la práctica científica teniendo cada vez más autonomía en la construcción de ideas y modelos que sirven para explicar fenómenos. Es así que podemos decir que los estudiantes aprendieron sobre la ciencia, uno de los alcances que llega a tener nuestra propuesta.

En cuanto al uso de la metodología *estudio basado en diseño* resultó ser una herramienta útil en nuestra investigación ya que, podemos indicar que constituyó respuestas metodológicas a las preguntas de cómo y porqué suceden algunas cuestiones educativas. En el presente estudio se focalizó la atención en el cómo y porqué de la comprensión del conocimiento con maestros en formación de la Universidad, y dada la complejidad de este ambiente educativo, este tipo de metodología contempla las posibilidades de cambio, revisión y reflexión en instancias de realización de la investigación.

Finalmente, otro de los alcances de la investigación, que no fue objetivo de nosotros, fue el establecimiento de nuestra propuesta como una estrategia de divulgación de la actividad experimental para la enseñanza de la Física dado al impacto visual del experimento y la incorporación de las TIC en los procesos de enseñanza. Tuvimos la oportunidad de participar en escenarios no convencionales como el planetario de Bogotá y Corferias en EXPOCIENCIA Y EXPOTECNOLOGÍA 2015 lo que nos permitió compartir nuestra experiencia con otro tipo de personas, no necesariamente estudiantes, que pueden verse interesadas en entender o informarse sobre ese tipo de propuestas, experimentos o simulaciones.

## Bibliografía

- Areiza Arenas, C. d., & Garzón Díaz, F. A. (2012). *Enseñanza y Comprensión*.
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *Journal of the Learning Sciences*, 1-14.
- Confrey, J. (2005). The Evolution of Design Studies as Methodology. En K. Sawyer, & K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (págs. 135 - 152). New York: Cambridge University Press.
- de Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of educational research*, 179-201.
- Duque Vieira, P. (s.f.). *www.modellus.co*. Obtenido de [http://modellus.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=68:what-is-spanish&catid=29&Itemid=135&lang=es](http://modellus.co/index.php?option=com_content&view=article&id=68:what-is-spanish&catid=29&Itemid=135&lang=es)
- Durá Doménech, A. (2005). *Temas de acústica*. San Vicente del Raspeig: Publicaciones de la universidad de Alicante.
- Feixas, J. M. (2012). *Aprender ciencias en educación primaria*. España: Graó.
- García, J. L. (01 de Diciembre de 2014). *eduteka*. Obtenido de <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/MatrizValoracion>
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque mas citico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 299-313.
- Huppert, J., & Lomask, S. (2002). Computer simulations in the high school: Students' cognitive stages, science process skills and academic achievement in microbiology. *International Journal of Science Education*, 803-821.
- Kelly, A., Lesh, R., & Baek, J. (2008). *Handbook of Design Research Methods in Education*. New York: Routledge.
- Koponen, I., & Mäntylä, T. (2006). Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science & Education. Science and Education*, 31-54.
- Maor, D. (1991). Development of Student Inquiry Skills: A Constructivist Approach in a Computerized Classroom Environment. *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, (pág. 17). Lake Geneva.
- Rinaudo, M. C., & Donolo, D. (2010). Estudios de diseño. Una perspectiva promisoría en la investigación educativa. *Revista de Educación a Distancia*, (22).

UPN. (Octubre de 2014). *Pedagogica*. Obtenido de <http://www.pedagogica.edu.co/>

Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2008). Simulations that enhance learning. *Science*, 682-683.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Partes básicas de la interfaz gráfica de Modellus.

The **Ribbon** changes when a different window is selected

**Graph window**

**Mathematical Model window**

**Parameters and Initial conditions**


**Cases**  
(multiple values for parameters and Initial Conditions)


**Animation Area**


The **Green Button** starts and pause the independent variable

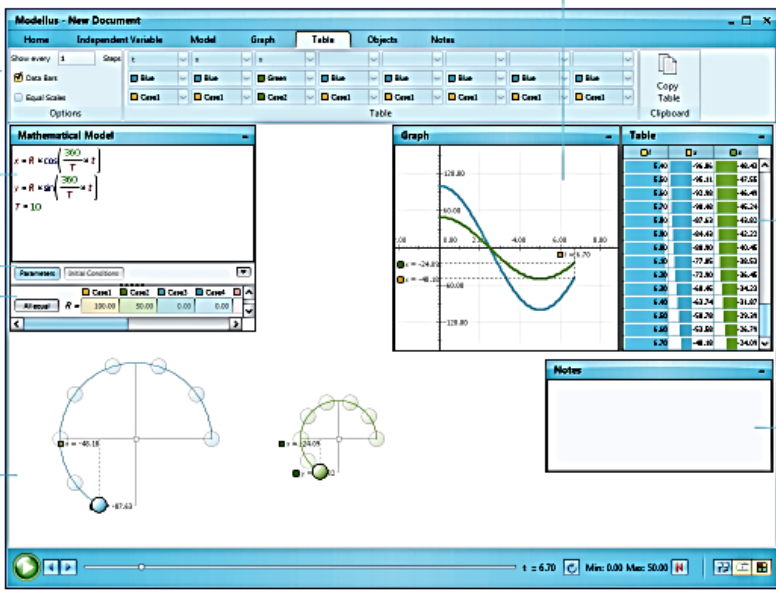
**Table window**

**Notes window**

Colapse all Windows... 

Hide/show ribbon... 

Hide/show small squares for Cases... 



The screenshot shows the Modellus software interface with the following components:

- Ribbon:** Home, Independent Variable, Model, Graph, Table, Objects, Notes.
- Mathematical Model window:** Displays equations:  $x = R \cos\left(\frac{300}{T} \pi t\right)$ ,  $y = R \sin\left(\frac{300}{T} \pi t\right)$ , and  $T = 10$ .
- Parameters and Initial conditions:** A table with columns for parameters and initial conditions.
- Cases:** A table with columns for cases and their corresponding parameter values.
- Animation Area:** Two diagrams showing a particle moving in a circular path.
- Graph window:** A plot showing the trajectory of the particle over time.
- Table window:** A table with columns for time (t), x, and y.
- Notes window:** A text area for notes.
- Green Button:** A play button icon used to start and pause the simulation.

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL**  
**ACTIVIDAD DESCRIPTIVA: EL SONIDO**  
**FISICA DE ONDAS**  
**ELABORADO POR: Miguel Durán, Carlos Ramírez**  
**DOCENTE TITULAR: Diana Cárdenas**

Guía 1

Actividad para desarrollar en grupos de 4 o 5 estudiantes.

**INTRODUCCIÓN**

En la presente actividad se abordará el fenómeno del sonido que hace parte de la temática a tratar en el curso de Física de ondas. En física el concepto de sonido es más que la llamada sensación sonora o estímulo psicofísico que produce en el ser humano, y en otros seres vivos, ya que incluye el estudio que va desde su producción, su transmisión y sus efectos.

Se requiere que desarrollen la actividad apoyándose en los conceptos o fundamentos teóricos que conocen hasta el momento.

**Objetivo**

- ✓ Identificar el sonido como una onda longitudinal.

**Actividad** (Tiempo para que la realicen 15 minutos)

Considerando la siguiente situación: **“estás en tu casa escuchando música en el equipo de sonido y te das cuenta que la ventana vibra”** desarrolla:

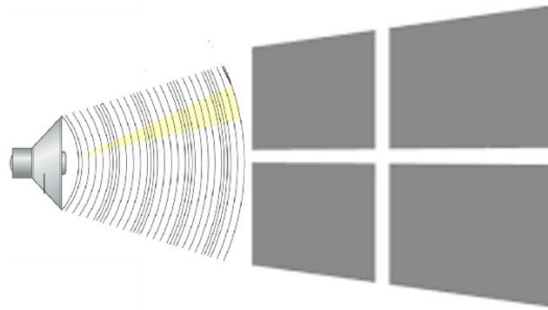
1. De las siguientes opciones escojan el enunciado que mejor describa lo que hace que la ventana vibre:
  - a. *“el sonido u onda sonora, generada por el parlante, se propaga en una dirección. Si en la dirección de la propagación de la onda sonora se encuentra la ventana, la onda chocara con esta haciéndola vibrar.”*
  - b. *“el sonido u onda sonora, generada por el parlante, se propaga en el aire en una dirección. Las partículas que componen el aire vibran y chocan en la*

*misma dirección de la propagación, esto se repite hasta que las partículas chocan con la ventana haciéndola vibrar.”*

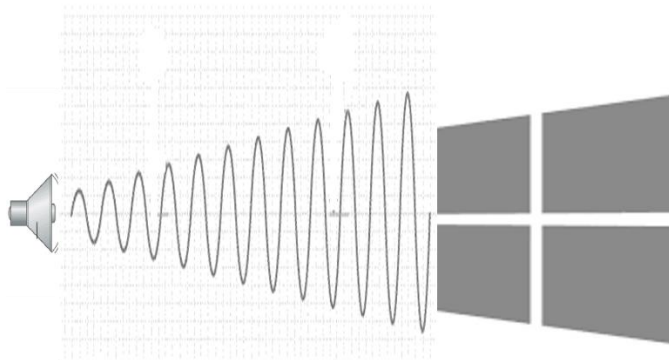
- c. *“el sonido u onda sonora, generada por el parlante, se propaga en el aire en una dirección. Las partículas que componen el aire vibran y chocan en dirección perpendicular de la propagación, esto se repite hasta que las partículas chocan con la ventana haciéndola vibrar.”*

2. La imagen que representa mejor la situación es:

a.



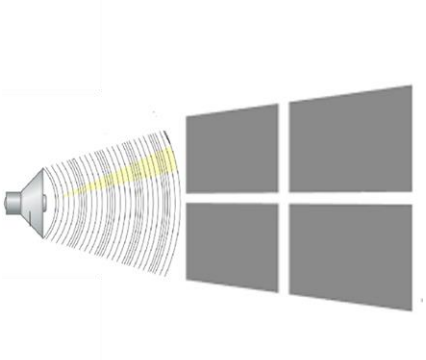
b.



3. Supongan que la situación se repite en un laboratorio en un cuarto sin aire ¿Es posible hacer vibrar la ventana?

- a. Sí, porque...  
b. No, porque...

ANEXO 3. Respuestas primera sesión

<p><b>Situación:</b> “estás en tu casa escuchando música en el equipo de sonido y te das cuenta que la ventana vibra”</p>	
<p><b>Pregunta a investigar</b></p>	<p><b>Respuesta de todos los grupos</b></p>
<p>¿qué hace que la ventana vibre?</p>	<p>“el sonido u onda sonora, generada por el parlante, se propaga en el aire en una dirección. Las partículas que componen el aire vibran y chocan en la misma dirección de la propagación, esto se repite hasta que las partículas chocan con la ventana haciéndola vibrar.”</p>
<p>La imagen que representa mejor la situación es:</p>	
<p>Supongan que la situación se repite en un laboratorio en un cuarto sin aire ¿Es posible hacer vibrar la ventana?</p>	<p><b>Grupo 1:</b> no porque no existe medio para que las partículas se muevan.</p>
	<p><b>Grupo 2:</b> no porque el medio de propagación es el aire, la carencia de este impediría la vibración de la ventana, ya que el sonido es una onda mecánica.</p>

	<p><b>Grupo 3:</b> no porque teniendo en cuenta que las ondas mecánicas necesitan de un medio para propagarse, el sonido es una onda mecánica y por ende no vibraría la ventana.</p>
	<p><b>Grupo 4:</b> <i>no respondieron</i></p>

ANEXO 4. Instrumento diseñado para la actividad experimental utilizando el tubo de Rubens

**GUIA 2: EL SONIDO Y EL TUBO DE RUBENS**  
**FISICA DE ONDAS**  
**DOCENTE TITULAR: Diana Cárdenas**  
**ELABORADO POR: Miguel Durán, Carlos Ramírez**  
**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL**

Actividad para desarrollar en grupos de 4 o 5 estudiantes.

**INTRODUCCIÓN**

En la presente actividad se abordará el fenómeno del sonido mediante el tubo de Rubens. El Tubo de Rubens es un dispositivo que posibilita realizar experiencias de acústica en ámbitos educativos. “Con ellas se puede modelar al sonido como un producto de variaciones de presión que se transmiten en un medio material y poner en evidencia las perturbaciones mecánicas del espacio durante la manifestación de distintos sonidos”. (Prandi & Wurm, 2012).

**Objetivo**

- ✓ Comprender la relación entre las características propias del sonido (tono, volumen) con los conceptos ondulatorios de amplitud de onda, frecuencia y longitud de onda a partir de experiencias con ondas estacionarias producidas en el tubo de Rubens.

**Actividad 1 (Predecir)** (Tiempo para que la realicen 40 minutos)

A continuación se plantean algunas situaciones en torno al tubo de Rubens, en cada una de ellas deben predecir lo que sucederá:

**Situación 1.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante no emite ningún sonido, ¿qué ocurre cuando el parlante emite un pulso o una canción?

**Situación 2.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y se emite un tono sostenido por el parlante de tal manera que las llamas muestran una onda estacionaria, ¿qué ocurre cuando disminuimos el volumen?

- a. Las llamas dejan de mostrar una onda estacionaria, ¿por qué?
- b. La longitud de onda aumenta, ¿por qué?
- c. La longitud de onda disminuye, ¿por qué?
- d. Las llamas aumentan su altura, ¿por qué?
- e. Las llamas disminuyen su altura, ¿por qué?
- f. Otra. ¿cuál?

**Situación 3.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un tono sostenido, ¿Cualquier tono generaría una onda estacionaria?

- a. Sí, ¿por qué?
- b. No, ¿por qué?

**Situación 4.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un tono sostenido de tal manera que las llamas muestran una onda estacionaria, si llevamos la onda estacionaria al siguiente armónico aumentando lo agudo del tono:

- a. La longitud de onda aumenta, ¿por qué?
- b. La longitud de onda disminuye, ¿por qué?
- c. Las llamas aumentan su altura, ¿por qué?
- d. Las llamas disminuyen su altura, ¿por qué?

### **Actividad 2 (Observar)**

A continuación con el montaje del tubo de Rubens observarán las situaciones anteriormente planteadas, por favor registren detalladamente lo que observan.

### **Actividad 3 (Explicar)**

De acuerdo a sus bases teóricas sobre ondas, y junto a la predicción y observación de cada situación; realicen una explicación del fenómeno predicho y observado, como si se lo fueran a explicar a un estudiante, teniendo en cuenta que en esta explicación se debe mencionar el qué, cómo y por qué ocurre de lo observado reconciliando cualquier conflicto entre su predicción y su observación.

### **Actividad 4 (pregunta reflexiva)**

La onda estacionaria descrita por las llamas corresponde a una onda transversal, esta onda estacionaria fue formada por la onda sonora emitida por el parlante y reflejada por la pared del tubo, si la onda sonora es de orden longitudinal ¿Por qué observamos una onda transversal?

ANEXO 5. Respuestas del PREDECIR segunda sesión

		<b>Respuestas</b>
<b>Grupo 1.</b>	<b>Situación 1.</b>	Se ve el cambio en las amplitudes, los antinodos cambiarán su longitud.
	<b>Situación 2.</b>	Las llamas disminuyen su altura ya que al cambiar el volumen, disminuye la intensidad dentro del tubo, lo cual hace que la amplitud cambie de esta forma.
	<b>Situación 3.</b>	Sí, cualquier tono genera una onda estacionaria porque independientemente del tono, si no cambia las condiciones, la amplitud será constante en cada tono.
	<b>Situación 4.</b>	La longitud de onda disminuye porque $\lambda \propto \frac{1}{f}$ , al aumentar la frecuencia para hacer un tono más agudo, la $\lambda$ disminuirá.
		<b>Respuestas</b>
<b>Grupo 2.</b>	<b>Situación 1.</b>	Que las llamas en ciertos lugares del tubo y en otras se mantienen.
	<b>Situación 2.</b>	Las llamas disminuyen su altura porque disminuye la intensidad de las vibraciones del aire dentro del tubo, sin cambiar otra característica.
	<b>Situación 3.</b>	No cualquier tono genera una onda estacionaria porque a una frecuencia muy aguda la longitud de onda es muy corta y por lo

		tanto no se alcanza a percibir su efecto en las llamas que salen a través del tubo.
	<b>Situación 4.</b>	La longitud de onda disminuye porque un sonido más agudo corta, y por lo tanto, los nodos aumentan y hay mayores puntos donde no se produce llama.
<b>Grupo 3.</b>		<b>Respuestas</b>
	<b>Situación 1.</b>	Las llamas se muestran formando la representación de una onda.  Las llamas empiezan a aumentar y disminuir con respecto a su altura.
	<b>Situación 2.</b>	Las llamas disminuyen su altura porque la intensidad (volumen) es directamente proporcional a la amplitud de la onda. A mayor volumen mayor amplitud.
	<b>Situación 3.</b>	En la teoría cualquier tono generaría una onda estacionaria ya que el gas sería perturbado por el tono y este generaría la onda, el generar o no la onda depende más de la intensidad. Pero en la práctica es más visible con tonos de mayor frecuencia y mayor intensidad.
	<b>Situación 4.</b>	La longitud de onda disminuye debido a que su frecuencia aumenta.
<b>Grupo 4.</b>		<b>Respuestas</b>
	<b>Situación 1.</b>	Dependiendo de la frecuencia y la intensidad de la canción, la llama cambia de tamaño.
	<b>Situación 2.</b>	Las llamas aumentan su altura debido a que la relación de volumen se refiere a la intensidad. Y la intensidad es proporcional al tamaño de las llamas.

	<b>Situación 3.</b>	No cualquier tono genera una onda estacionaria debido a que para no todas las frecuencias se generan nodos de energía.
	<b>Situación 4.</b>	Las llamas disminuyen su altura debido a que la altura de la llama representa la longitud de la onda, cuando el tono se hace agudo la longitud de onda disminuye.

ANEXO 6. Respuestas del OBSERVAR segunda sesión

	<b>Registro de observaciones</b>	
<b>Grupo 1.</b>		Al estar el tubo encendido, cuando se generó un tono en el generador se genera una onda estacionaria.
		Cuando en el tubo se tiene una onda estacionaria emitida o generada por el parlante y a este se le disminuye el volumen, la onda estacionaria disminuye en amplitud.
		Se evidencia que no todos los tonos emitidos por el parlante en el tubo de Rubens generan ondas estacionarias.
		Al llevar la onda estacionaria al siguiente armónico aumentando lo agudo del tono evidenciamos que la longitud de onda disminuye.
	<b>Registro de observaciones</b>	
<b>Grupo 2.</b>		Observamos que con respecto a la situación 1, en algunos puntos las llamas crecen.
		Con respecto a la situación 2, observamos que las llamas disminuyen su altura.
		Con respecto a la situación 3, observamos que no en todos los tonos se produce una onda estacionaria.

	Con respecto a la situación 4, observamos que al cambiar de armónico (agudo), la longitud de onda disminuye.
<b>Grupo 3.</b>	<b>Registro de observaciones</b>
	Las llamas cambian de longitud.
	La altura de las llamas disminuye, a medida que el volumen disminuye hasta llegar a la altura mínima de las llamas.
	En tonos particulares los nodos no eran visibles en tonos de mayor frecuencia debido a que los nodos son muy seguidos.
<b>Grupo 4.</b>	<b>Registro de observaciones</b>
	Lo que se pudo evidenciar en la práctica experimental del tubo de Rubens fue que cuando el parlante emite una canción lo que sucede con la onda es que se propaga por medio de la llama.
	Con respecto a la onda estacionaria con un parlante de tono sostenido cuando se disminuya el volumen lo que sucedía es que las llamas dejan de mostrar una onda estacionaria.
	No cualquier tono genera una onda estacionaria ya que en la experiencia se evidencia que cuando cambia el tono, no en todos se evidenciaban los antinodos que es una característica principal de la onda estacionaria.
	Si se lleva la onda estacionaria al siguiente armónico la altura de las llamas disminuye con respecto al agudo del tono

## Explicación

**Grupo 2:** el tubo de Rubens nos permite observar cómo se comporta el sonido por medio de las características cualitativas del comportamiento de las llamas (tono e intensidad), al hacer vibrar una membrana elástica con la ayuda de un parlante que se encuentra en un extremo del tubo.

Al generar un tono más grave (con ayuda de un generador de ondas), los lugares donde no hay llama, con menores. Por el contrario, si se genera un tono más agudo, los lugares donde no hay llama son mayores. Esto solo ocurre en los armónicos (o tonos pares).

Cabe recordar, que el parlante genera vibraciones que hacen mover las partículas de aire, que a su vez, hacen mover el látex (membrana), que a su vez, hacen mover las partículas de gas que hacen que el gas salga a mayor o menor presión, alterando la altura de las llamas.

**Grupo 4:** en el experimento nos pudimos dar cuenta que la longitud de onda depende de la frecuencia (a mayor frecuencia menor longitud de onda), en el experimento no se pudieron evidenciar algunas ondas estacionarias por su alta frecuencia debido a que la longitud de onda era muy pequeña. También se puede concluir que a mayor volumen mayor amplitud de la onda (a mayor volumen aumenta la amplitud de la onda)

**Grupo 5:** en esta actividad del sonido y el tubo de Rubens, lo que se muestra es el tono y volumen hacen una descripción y analizar sus variaciones....

...se evidencia la propagación de la onda por medio de la llama, cuando se varía el volumen lo que sucede es que los antinodos varían su altura con respecto al tono cuando está en el armónico agudo la llama disminuye.

En el tubo se dilata el látex, la presión del medio cambia. La variación de las ondas hace que el látex cambie.

La amplitud de la onda aumenta por ende el fuego aumenta, al aumentar el volumen.

Si no hay reflexión no hay onda estacionaria, onda que se emite debe ser igual a la que se refleja.

ANEXO 8. Instrumento diseñado para presentar la simulación

**GUIA 3: SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SONIDO DENTRO DEL TUBO DE RUBENS**  
**FISICA DE ONDAS**  
**DOCENTE TITULAR: Diana Cárdenas**  
**ELABORADO POR: Miguel Durán, Carlos Ramírez**  
**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL**

Actividad para desarrollar en grupos de 4 o 5 estudiantes.

### INTRODUCCIÓN

Una simulación presenta un modelo o entorno dinámico (generalmente a través de gráficos o animaciones interactivas) y facilitan su exploración y modificación a los alumnos (Marquéz, 2010). Esta actividad pretende mostrar, mediante una simulación construida en Modellus 4.01, el comportamiento del sonido en el tubo de Rubens. La figura 1 representa cada parte que compone la simulación.

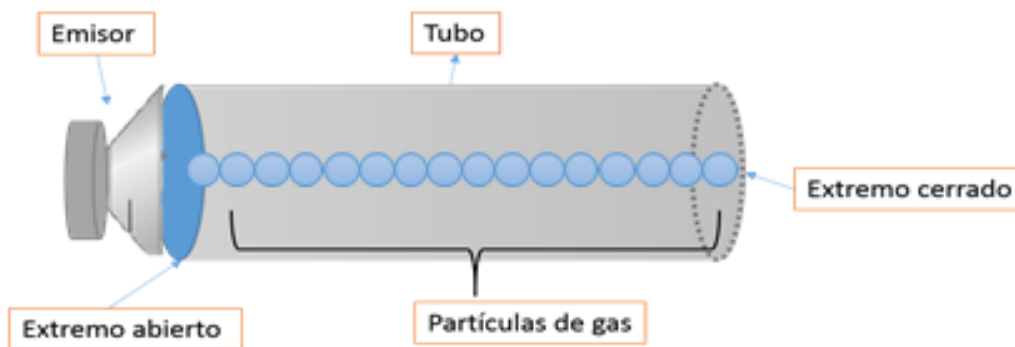


Figura 8

O

- ✓ Comprender la clase de onda que es el sonido a partir del análisis de situaciones simuladas en el tubo de Rubens.

**Actividad 1** (Tiempo para que la realicen 120 minutos)

A continuación se plantean situaciones en torno al comportamiento del sonido dentro del tubo de Rubens, en cada una de ellas deben predecir, observar y explicar lo que sucede con las partículas de gas:

**Situación 1.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un pulso, considere que no hay reflexión en el otro extremo del tubo.

**Predecir.** ¿Cómo vibran las partículas de gas?

Teniendo en cuenta:

- Dirección de la vibración
- La oscilación de cada partícula, ¿cuántas veces oscila? una oscilación, media
- Sentido de la vibración

**Observar.** Registren detalladamente lo que observan. Respecto a la oscilación que realizan las partículas dentro del tubo.

**Explicar.** ¿Por qué ocurre lo que observaron? ¿En qué se diferencia con lo que predijeron?

**Situación 2.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un pulso, pero en este caso hay reflexión en el otro extremo del tubo.

**Predecir.** ¿Cómo vibran las partículas de gas?

Teniendo en cuenta:

- Dirección de la vibración antes y después de la reflexión.
- La oscilación de cada partícula (cuántas veces oscila)

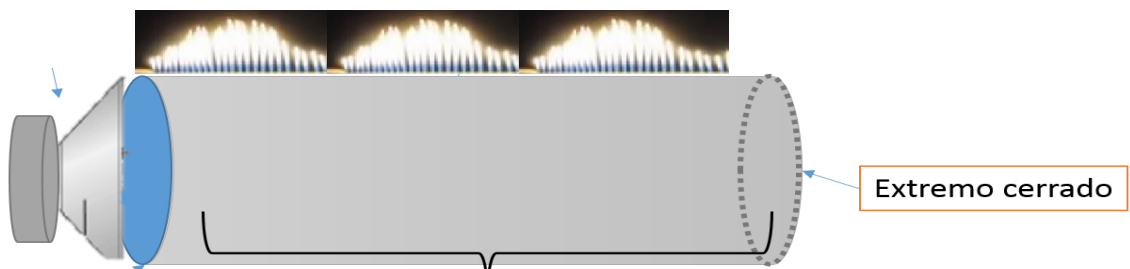
¿Hay un cambio de fase en la onda sonora?

**Observar.** Registren detalladamente lo que observan.

**Explicar.** ¿Por qué ocurre lo que observaron?

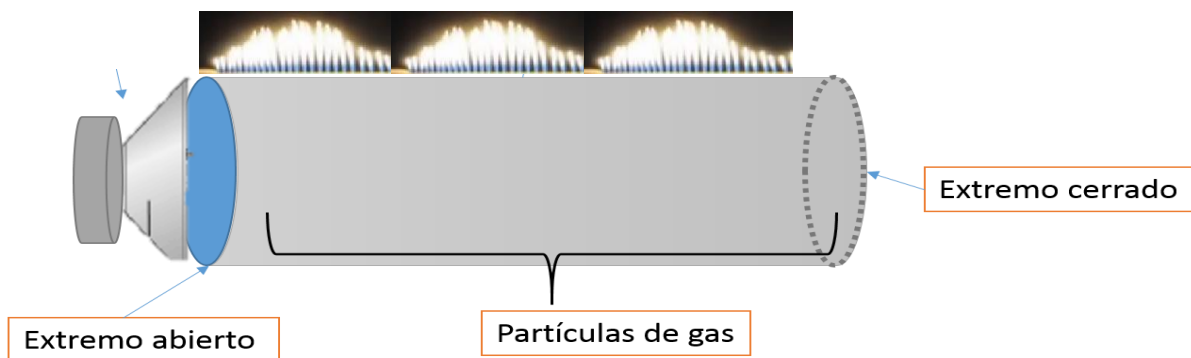
**Situación 3.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un tono sostenido de tal manera que se genera la onda estacionaria donde se pueden observar tres antinodos, es decir, el tercer armónico.

**Predecir.** Dibujen cómo se deben organizar las partículas de gas de modo que se observe la onda estacionaria.



¿Las partículas de gas dejan de vibrar?

**Observar.** Dibuje cómo se organizaron las partículas de gas.



¿Las partículas de gas dejaron de vibrar?

**Explicar.** ¿Por qué se genera la onda estacionaria de forma transversal?

**Situación 4.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un tono sostenido de tal manera que se genera la onda estacionaria donde se pueden observar dos antinodos, es decir, el segundo armónico.

**Predecir.** Si aumentamos el volumen y la onda estacionaria se mantiene, ¿qué sucede con la oscilación de las partículas de gas?

**Observar.** Registren detalladamente lo que observan.

**Explicar.** La relación entre la amplitud de la onda estacionaria, y la oscilación de las partículas de gas dentro del tubo de Rubens.

**Situación 5.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un tono sostenido de tal manera que se genera la onda estacionaria donde se pueden observar dos antinodos, es decir, el segundo armónico.

**Predecir.** Si cambiamos el tono y la onda estacionaria se pierde, ¿qué sucede con las partículas de gas?

**Observar.** Registren detalladamente lo que observan.

**Explicar.** La relación entre la frecuencia y la formación de la onda estacionaria dentro del tubo de Rubens.

## ANEXO 9. Respuestas de la tercera sesión

ARMANDO ANTONIO PALACIOS, DIANA CAROLINA RENTERIA

SEBASTIAN

CATALINA URREA

SIN NOMBRE

### INTRODUCCIÓN

Una simulación presenta un modelo o entorno dinámico (generalmente a través de gráficos o animaciones interactivas) y facilitan su exploración y modificación a los alumnos (Marquéz, 2010). Esta actividad pretende mostrar, mediante una simulación construida en Modellus 4.01, el comportamiento del sonido en el tubo de Rubens. La figura 1 representa cada parte que compone la simulación.

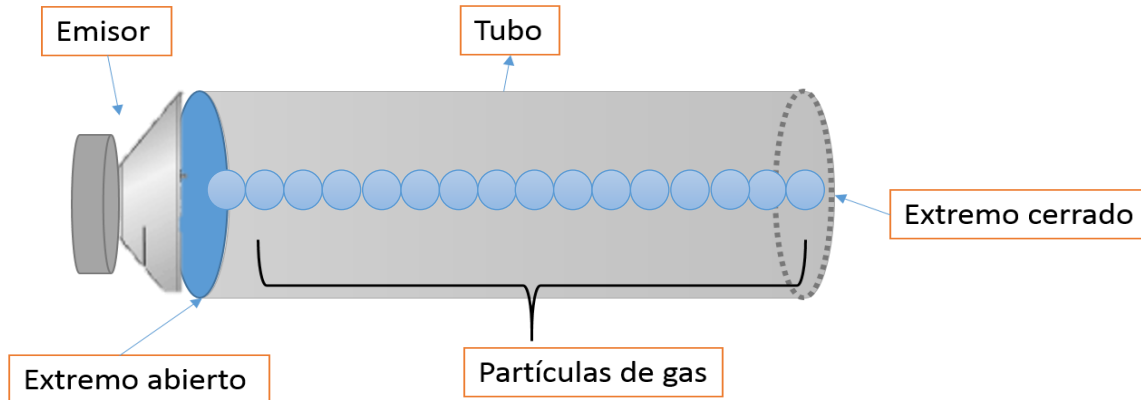


Figura 9

## Objetivo

- ✓ Comprender la clase de onda que es el sonido a partir del análisis de situaciones simuladas en el tubo de Rubens.

### Actividad 1 (Tiempo para que la realicen 120 minutos)

A continuación se plantean situaciones en torno al comportamiento del sonido dentro del tubo de Rubens, en cada una de ellas deben predecir, observar y explicar lo que sucede con las partículas de gas:

**Situación 6.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un pulso, considere que no hay reflexión en el otro extremo del tubo.

**Predecir.** ¿Cómo vibran las partículas de gas?

Teniendo en cuenta:

- Dirección de la vibración
- La oscilación de cada partícula, ¿cuántas veces oscila? una oscilación, media
- Sentido de la vibración

Ya que es un solo pulso emitido por el parlante, las partículas vibraran una sola vez

Si las partículas, se encuentran alineadas en el eje x, al emitir el pulso el parlante, estas vibraran de manera horizontal, es decir en el eje x positivo

Realiza un dibujo representando el movimiento de las partículas con una onda transversal en dirección x positivo

Realiza un dibujo representando el movimiento de las partículas con un movimiento transversal en dirección x positivo

Las partículas se mueven en la dirección en que se propaga la onda cada partícula hace una oscilación y le transfiere energía a la partícula siguiente de modo que el sonido se propaga de partícula a partícula

**Observar.** Registren detalladamente lo que observan. Respecto a la oscilación que realizan las partículas dentro del tubo.

Al generarse el pulso las partículas chocan una después de la otra, es decir de manera secuencial y realiza solamente una oscilación ya que solo existe un pulso.

Cada partícula oscila una sola vez esta oscilación va en el mismo sentido de la propagación de la onda de forma paralela al tubo

Con respecto a la oscilación la predicción fue positiva, con respecto al eje falló por que también abarca el eje negativo y

**No se evidencia la transferencia de energía, las partículas hacen una oscilación**

**Explicar.** ¿Por qué ocurre lo que observaron? ¿En qué se diferencia con lo que predijeron?

Esto ocurre porque el parlante vibra, cuando se emite un pulso, moviendo las partículas de aire que se encuentran en frente de este de manera horizontal y el momento de las partículas se transmite totalmente de una a otra partícula.

Todo el recorrido de las partículas me genera un pulso cada oscilación es generada por que cada partícula vuelve a su punto de inicio y su dirección es paralela al tubo

Por que se observa una pulsación, se diferencia en que la predicción principalmente fue en y,x

El sonido afecta el gas y se evidencia en el movimiento de las partículas y se observa que las partículas se mueven en la misma dirección que va el sonido

**Situación 7.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un pulso, pero en este caso hay reflexión en el otro extremo del tubo.

**Predicir.** ¿Cómo vibran las partículas de gas?

Teniendo en cuenta:

- Dirección de la vibración antes y después de la reflexión.
- La oscilación de cada partícula (cuántas veces oscila)

¿Hay un cambio de fase en la onda sonora?

Las partículas vibran de la misma manera que en la situación 1, con la diferencia que cuando se reflejan, es como si se realizara otro pulso pero esta vez en el otro extremo del tubo, por lo tanto las partículas vibrarán dos veces y realizarán dos oscilaciones, una vez en dirección  $x$  positivo y otra en  $x$  negativo cuando se refleja. No existe cambio de fase ya que el material con el cual la onda se refleja es rígido.

Al reflejarse viajaría en sentido contrario a la oscilación inicial. Cada partícula oscilaría dos veces, uno por la onda incidente y otro por la onda reflejada. Si habría cambio de fase por que la onda reflejada me genera un pulso en sentido contrario al de la onda incidente

Realiza un dibujo con el movimiento de las partículas de forma transversal y reflejándose también de forma transversal

Dos partículas vibran igual al caso anterior la diferencia es que en el otro extremo rebota entonces la onda se devuelve por lo que cada partícula oscila dos veces

**Observar.** Registren detalladamente lo que observan.

La única diferencia es que la partícula oscila una vez y luego se toma un tiempo para volver a oscilar. Otra diferencia es que la onda se invierte cuando se refleja es decir se desfasa  $180^\circ$

Observé que la partícula 1 cuando se refleja sufre un desfase

**Explicar.** ¿Por qué ocurre lo que observaron?

La onda se refleja invertida o desfasada por que las partículas del material con que se refleja sus enlaces son fuertes y poco deformables por lo que el momento de la partícula se mantiene pero solo cambia la dirección de la velocidad.

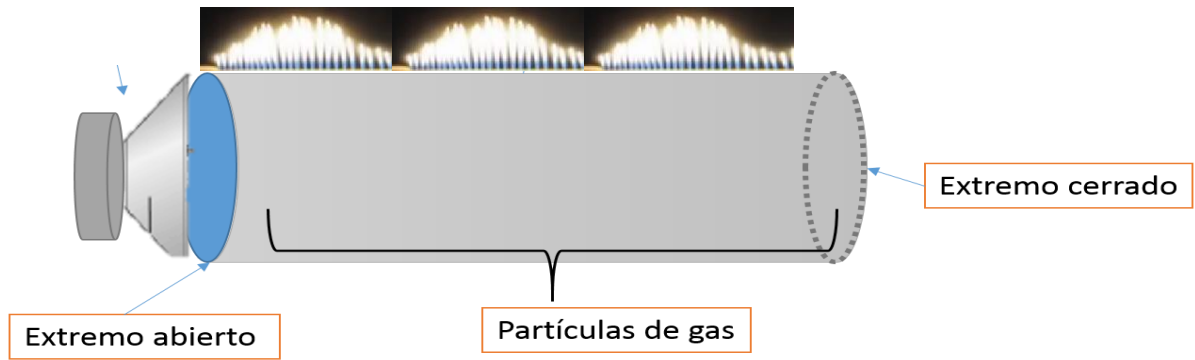
Por que la onda reflejada me genera condiciones contrarias a las iniciales. Me generaría dos oscilaciones una por cada onda generada

Por la reflexión

Una de las características de las ondas es que se pueden reflejar, en este caso la reflexión se da en el extremo cerrado del tubo como el sonido es una onda longitudinal, cuando se emite y se refleja sigue siendo longitudinal

**Situación 8.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un tono sostenido de tal manera que se genera la onda estacionaria donde se pueden observar tres antinodos, es decir, el tercer armónico.

**Predecir.** Dibujen cómo se deben organizar las partículas de gas de modo que se observe la onda estacionaria.



¿Las partículas de gas dejan de vibrar?

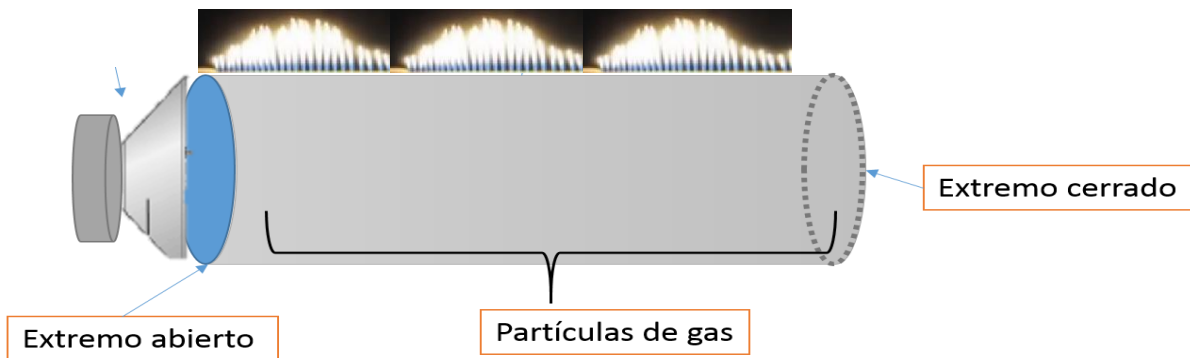
No dejan de vibrar, porque en los antinodos, las partículas se encuentran inmóviles, ya que el momento de las partículas de gas que se encuentran a la izquierda de este se contrarrestan con el momento de las partículas de la derecha

No por que si dejaran de vibrar no veriamos el fenomeno, su oscilacion debe ser constante

No por que para la variación de la llama debe haber colisión y vibración de las partículas

Si por que se organizan debido a la

**Observar.** Dibuje cómo se organizaron las partículas de gas.



¿Las partículas de gas dejaron de vibrar?

No dejaron de vibrar

No

**Explicar.** ¿Por qué se genera la onda estacionaria de forma transversal?

Porque en los antinodos existe un mayor número de partículas de gas, al igual que existe una vibración constante en las partículas en el mismo lugar

Porque en cada antinodo las partículas están más juntas

Por las vibraciones entre partículas teniendo en cuenta que se desplazan a gran velocidad

Por que las partículas de gas salen por los orificios y donde hay mayor presión las partículas están más juntas y la llama es más alta

**Situación 9.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un tono sostenido de tal manera que se genera la onda estacionaria donde se pueden observar dos antinodos, es decir, el segundo armónico.

**Predecir.** Si aumentamos el volumen y la onda estacionaria se mantiene, ¿qué sucede con la oscilación de las partículas de gas?

Las partículas vibrarán más rápido, ya que el parlante se overa con mayor fuerza pero sin cambiar la frecuencia de los pulsos

Va a suceder lo mismo solo que en lapsos más largos

Comienzan a oscilar más rápidamente

La oscilación de las partículas debe ser más rápida

**Observar.** Registren detalladamente lo que observan.

Las partículas recorren una mayor distancia cuando vibran

La frecuencia sigue siendo la misma, solo se desplazan en un mismo intervalo de tiempo

**Explicar.** La relación entre la amplitud de la onda estacionaria, y la oscilación de las partículas de gas dentro del tubo de Rubens.

A mayor amplitud, las partículas oscilan en el mismo tiempo pero a mayor distancia

A mayor amplitud mayor espacio entre las oscilaciones, o sea es mayor la distancia entre las oscilaciones

Cuando se sube el volumen lo que aumenta es la longitud de la oscilación

**Situación 10.** El tubo de Rubens se encuentra encendido y el parlante emite un tono sostenido de tal manera que se genera la onda estacionaria donde se pueden observar dos antinodos, es decir, el segundo armónico.

**Predecir.** Si cambiamos el tono y la onda estacionaria se pierde, ¿qué sucede con las partículas de gas?

Las partículas cambian el tiempo con el que oscilan, pero mantienen la misma distancia recorrida en una oscilación. Por lo tanto si cambian el tiempo de oscilación, se cambiara constantemente los nodos y los antinodos de posición dejando de ser una onda estacionaria

Cambian su frecuencia, por lo tanto cambian su velocidad

Comienzan a tener un desplazamiento mas grande en un mismo intervalo de tiempo

Oscilan con distinta fase

**Observar.** Registren detalladamente lo que observan.

Los puntos de concentración de las partículas cambian constantemente perdiéndose la onda estacionaria

**Explicar.** La relación entre la frecuencia y la formación de la onda estacionaria dentro del tubo de Rubens.

La onda reflejada debe ser igual a la onda incidente, si yo cambio el tubo debo generar una frecuencia que se ajuste a esta longitud del tubo

Por la acumulación en los mismos puntos de las partículas de gas

Una onda estacionaria se forma cuando la fase de la onda emitida coincide con la fase de la onda reflejada. Solo con ciertas frecuencias se puede formar una onda estacionaria

# EVIDENCIAS