



Las Clases Demostrativas Interactivas como estrategia de Aprendizaje Activo de conceptos básicos del sonido

M. T. Franco^a, C. Mora^b, E. Arribas^c

^aAcademia de Acústica, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional, Cd. De México

^bCentro de Investigación de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional, Cd. De México

^cDepartamento de Física Aplicada, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete, España

ARTICLE INFO

Received: September 3, 2017

Accepted: September 30, 2017

Available on-line: November 2, 2017

Keywords: ILD, Sound, Active Learning.

E-mail addresses:

tfranco_esimez@hotmail.com

ceml36@gmail.com

enrique.arribas@uclm.es

ISSN 2007-9842

© 2017 Institute of Science Education.

All rights reserved

ABSTRACT

To understand any branch of Acoustics it is necessary to understand the basic physics of sound and the subjective aspects that it produces in the human being, so it is very important that students who wish to dedicate themselves professionally to the world of Acoustics have solid bases on the concept Sound.

This paper presents the implementation of Interactive Lecture Demonstrations (ILDs) as a complement to the traditional class for teaching the concepts related to sound, to students at the sixth semester of the Degree in Communications and Electronics Engineering at the National Polytechnic Institute.

In order to determine the effectiveness of the ILDs, we worked with two groups: the Control Group, which carried out only the methods of the traditional class and the Experimental Group to whom the ILDs were applied.

The results show that the Experimental Group favored the understanding of the physical and subjective concepts of sound as well as the relationship between them, achieving a conceptual improvement compared to that of the Control Group.

Para comprender cualquier rama de la Acústica es necesario entender la física básica del sonido y los aspectos subjetivos que produce en el ser humano, por lo que es muy importante que los alumnos que desean dedicarse profesionalmente al mundo de la Acústica tengan bases sólidas sobre el concepto de sonido.

En este trabajo se presenta la implementación de las Clases Demostrativas Interactivas (CDIs) como complemento de la clase tradicional en la enseñanza de los conceptos relacionados con el sonido, a alumnos que cursan el sexto semestre de la carrera de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica en el Instituto Politécnico Nacional.

Para determinar la efectividad de las CDIs se trabajó con dos grupo: El Grupo de control, con el que se llevaron a cabo únicamente los métodos de la clase tradicional y con el Grupo Experimental al cual se le aplicó las CDIs.

Los resultados muestran que en el Grupo Experimental se favoreció la comprensión de los conceptos físicos y subjetivos del sonido así como la relación que existe entre ellos, logrando una mejora conceptual comparada con la del Grupo de Control.

I. INTRODUCCIÓN

En su oferta educativa el I.P.N., en la carrera de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica ofrece 5 especialidades: Acústica, Computación, Comunicaciones, Control y Electrónica. Los egresados de la especialidad de Acústica deben tener los conocimientos avanzados de esta rama que les permitan solucionar los problemas concernientes a esta área,

para ello los estudiantes deben dominar las bases de los conceptos y fenómenos relacionados con las ondas mecánicas y particularmente con el sonido.

El sonido, tiene una naturaleza dual: puede considerarse una perturbación física en un medio como el aire o psicoacústicamente como la percepción resultante de los impulsos nerviosos que estimulan el cerebro, creando una sensación subjetiva en el sujeto. Para el alumno que desee dedicarse profesionalmente al mundo de la Acústica es de vital importancia que tenga bases sólidas sobre esas dos vertientes.

A través de la experiencia docente se ha observado que aun cuando los estudiantes han aprobado los cursos de Física básica, específicamente la asignatura de “Ondas Mecánicas” (tercer semestre de la carrera) donde se les proporciona los antecedentes del tema de Sonido llegan al sexto semestre a cursar la materia de “Señales y Vibraciones” (materia perteneciente al tronco común de la Especialidad de Acústica) con carencias y errores conceptuales sobre el tópico mencionado. Así mismo, aun cuando se ha concluido el programa, los alumnos todavía presentan dificultades en la comprensión de los conceptos físicos y subjetivos del sonido, así como la relación que existe entre ellos.

Es por eso que surge la inquietud para poner en práctica nuevas metodologías educativas en las que el alumno participe en la construcción de su propio conocimiento.

En este trabajo se abordaron los conceptos básicos del sonido, tanto físicos como subjetivos. Si bien los aspectos estudiados son tratados de una manera sencilla con la metodología de Aprendizaje Activo elegida, se espera que además de favorecer la comprensión conceptual en el alumno también despierte su interés para que en un futuro profundice en el estudio y el análisis del efecto que tienen los aspectos del sonido en el ser humano, ya que en nuestro país poca gente se dedica a la investigación de esta área.

La metodología que se puso en práctica en esta investigación es una metodología que se enmarca dentro del paradigma constructivista: el Aprendizaje Activo.

Existen muchas evidencias que cuando el estudiante está activo dentro de su proceso de construcción del conocimiento se obtienen mejores resultados que la didáctica “profesor-activo estudiante-pasivo”, siendo ésta una característica de la enseñanza tradicional (Hake, 1998).

Según Prince (2004) el núcleo de un Aprendizaje Activo es la verdadera participación y compromiso intelectual del estudiante en el proceso de aprendizaje. Para que exista el Aprendizaje Activo el sujeto debe hacer mucho más que simplemente oír: debe leer, cuestionar, discutir, inferir, aplicar conceptos, utilizar principios, resolver problemas, analizar, etc., es decir, el estudiante debe estar expuesto continuamente a situaciones y actividades que demanden un trabajo intelectual (González, 2000).

II. LAS CLASES DEMOSTRATIVAS INTERACTIVAS

Las Clases Demostrativas Interactivas “CDIs” es una de las estrategias de Aprendizaje Activo que pueden ser usadas en entornos donde la cantidad de alumnos en la clase sea numerosa para involucrarlos en su proceso de aprendizaje y mejorar su entendimiento conceptual (Mazzolini, 2012).

Las CDIs constan de una serie de sencillos experimentos y están diseñados para favorecer la construcción del conocimiento a través de la observación, la experimentación y la discusión con los compañeros de clase.

Las CDIs fueron desarrolladas en la década de los años 90's con el objetivo de confrontar y corregir las ideas previas de los alumnos sobre los principios físicos básicos en muchas áreas de la ciencia y la ingeniería (Thornton & Sokoloff, 1998; Meltzar & Manivannan, 2002; Choksin, Ratchapack & Chernchock, 2009; Sharma, Johnston & Johnston, 2010;

Mazzolini, Edwards & O'Donoghue, 2010; Mazzolini, Daniel & Edwards, 2012) y en nuestro país también se han implementado con excelentes resultados (Garduño, 2010; Orozco, 2011; Hernández, 2012; Velázquez, 2012; Serrano, 2013; Ramírez, López y Ramírez, 2013).

Las actividades que se desarrollan en una CDI están basadas en el ciclo de aprendizaje PODS (Predecir, Observar, Discutir y Sintetizar) Sokoloff & Thornton (1997). Las CDIs proporcionan elementos enfocados a lograr en el alumno la unificación del aprendizaje teórico-práctico, estimula a los alumnos para que colaboren entre sí, intercambien ideas y hallazgos por lo que es indispensable que el estudiante tenga ideas previas para crear un “desequilibrio cognitivo” entre lo que el sujeto cree y espera que suceda y lo que realmente observa. Este desequilibrio crea un ambiente donde lo que el alumno “sabe” se confronta con lo que observa y propicia la reflexión favoreciendo el aprendizaje.

Esta metodología consta de 8 pasos que están cuidadosamente diseñados para que el alumno esté involucrado en todo momento en su proceso de aprendizaje (Sokoloff & Thornton, 2004):

Paso 1: El instructor describe la demostración, sin exhibir los resultados.

Paso 2: El instructor pide a los estudiantes registrar las predicciones individuales en la “Hoja de Predicciones”.

Paso 3: Los estudiantes se involucran en discusiones sobre las demostraciones formando pequeños grupos.

Paso 4: El instructor obtiene las predicciones más comunes de los estudiantes y las muestra en una pantalla o pizarrón visible en el salón de clase.

Paso 5: Los estudiantes registran sus predicciones finales en la “Hoja de Predicciones”.

Paso 6: El instructor realiza la demostración y exhibe los resultados.

Paso 7: El instructor solicita a los estudiantes que describan y discutan sus resultados en el contexto de la demostración. Los estudiantes llenan su “Hoja de resultados”.

Paso 8: El instructor discute situaciones físicas análogas o relacionadas al fenómeno observado (situaciones donde los resultados se basan sobre el mismo concepto).

II. METODOLOGIA

El objetivo de esta investigación es determinar la efectividad de las CDIs en el aprendizaje de los conceptos relacionados con el sonido en alumnos que cursan el sexto semestre de la carrera de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica en el Instituto Politécnico Nacional.

La realización de este trabajo se llevó a cabo con dos grupos que cursan la materia de “Señales y Vibraciones”: uno es el Grupo Experimental con el que se implementaron las CDIs y el otro es el Grupo de Control en el que únicamente se llevó a cabo la instrucción tradicional. Cada grupo está conformado por 25 alumnos y los 50 alumnos de la muestra total han cursado y aprobado “Ondas Mecánicas”, así mismo para todos es la primera vez que cursan la materia.

Las etapas del desarrollo de la investigación fueron las siguientes:

- **Aplicación del *pretest*:** La metodología de la aplicación de un *pretest* y de un *posttest* en una muestra que está expuesta a una intervención didáctica particular está establecida en la investigación en la Enseñanza de la Física (Hake, 1998) como un instrumento de evaluación que fácilmente puede aplicarse a una población numerosa y que proporciona información valiosa para conocer el nivel de conocimiento que tienen los alumnos

sobre un t3pico o un concepto f3sico espec3fico (Kaltakci, Erylmaz, y McDermott, 2015). Este tipo de pruebas permite evaluar la eficacia de la intervenci3n did3ctica en la comprensi3n conceptual de los estudiantes.

Por lo que al inicio del curso se aplic3 el *test* “*MWCS*” (Mechanical Waves Conceptual Survey) (Sharma, 2009) a ambos grupos.

El *test* es de opci3n m3ltiple y fue modificado de su versi3n original para prop3sitos de este trabajo.

- **Aplicaci3n de la estrategia did3ctica:** Se inici3 el curso con los temas propuestos por el programa de estudios y en la unidad de aprendizaje “Introducci3n a las se3ales ac3sticas” se aborda el tema “El sonido: su naturaleza y propagaci3n”.
 - a) En el Grupo de Control se llev3 a cabo la instrucci3n tradicional, en la que el profesor expuso los temas y proporcion3 la informaci3n, el tiempo que requiri3 de la exposici3n te3rica para cubrir el contenido del t3pico fue de 6 horas como lo establece el programa de estudios.
 - b) En el Grupo Experimental igualmente se abordaron los antecedentes te3ricos dentro del entorno de la clase tradicional, el tiempo requerido fue de 6 horas, pero como complemento se aplicaron las CDIs.

Para llevar a cabo las actividades de las CDIs, previamente se les pidi3 a los alumnos que descargaran 3 aplicaciones en sus tel3fonos celulares: Generador de Audio, Osciloscopio y Analizador de Espectro.

La implementaci3n de las CDIs tiene el objetivo de favorecer la comprensi3n de los conceptos f3sicos y subjetivos del sonido, as3 como la relaci3n que existe entre ellos.

Las CDIs constaron de 9 actividades (Ver ap3ndice 2) que se llevaron a cabo en el tiempo de laboratorio.

De acuerdo a los 8 pasos que se proponen en las CDIs se les proporcion3 la “Hoja de Predicciones” a los alumnos para que realizaran sus predicciones de manera individual. Despu3s se les pidi3 que se reunieran en peque3os grupos para que discutieran sus ideas y predicciones. Una vez que se han obtenido las predicciones m3s comunes los alumnos registran su predicci3n final. Acto seguido se reparte la “Hoja de Resultados” a cada estudiante para que el alumno registre los resultados de cada demostraci3n.

Si bien el paso 6 menciona “El instructor realiza la demostraci3n y exhibe los datos”, se les pide a los alumnos que integrados en equipos de 3 personas realicen cada una de las actividades (con el apoyo y gui3 del profesor) utilizando las aplicaciones en sus celulares.



FIGURA 1. Los alumnos realizando las actividades de las CDIs con las aplicaciones descargadas en los tel3fonos celulares.

Para el cierre de las CDIs se discutieron e interpretaron los resultados obtenidos, se relacionó con las experiencias cotidianas y se comentó la importancia de la comprensión de los conceptos tratados dentro del ámbito profesional.

- **Aplicación del *Postest*** El *postest* se aplicó a los dos grupos una semana después de haber cubierto los aspectos teóricos tratados y las actividades de las CDIs.

II. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El cálculo del porcentaje de aciertos " S_i " para el Grupo Experimental (N=25) del *Pretest*:

TABLA I. Aciertos correspondientes de cada pregunta del *Pretest* del Grupo Experimental

Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aciertos	10	6	9	7	4	8	3	8	4	2	2	1	8	5	7	5	3	5	17	2

$$S_i = 22.6\%$$

El cálculo del porcentaje de aciertos " S_i " para el Grupo de Control (N=25) del *Pretest*:

TABLA II. Aciertos correspondientes de cada pregunta del *Pretest* del Grupo de Control

Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aciertos	11	6	8	8	16	6	2	6	4	5	2	3	7	3	8	6	0	4	9	6

$$S_i = 23.4\%$$

Se observa un bajo porcentaje de aciertos en los dos grupos, la diferencia no es significativa y puede decirse que ambos grupos presentan el mismo nivel de dominio del tema. Cabe mencionar que los participantes de esta investigación han cursado la asignatura de "Ondas Mecánicas" (en el tercer semestre) en donde se abordan los aspectos generales del sonido.

La información que se extrae de los resultados del *pretest* son los siguientes:

- Los alumnos no comprenden el sonido como variaciones de presión que se propagan en el aire (Pregunta 1).
- No identifican de qué parámetros depende la velocidad del sonido (Pregunta 2 y 3).
- Desconocen el concepto de sonoridad y no relacionan adecuadamente las características físicas y subjetivas del sonido (Preguntas 4, 5, 6, 9, 10, 11)
- No analizan adecuadamente los gráficos que representan la superposición de dos pulsos (Preguntas 12, 13, 14 y 15).
- No analizan adecuadamente los gráficos que representan la reflexión de un pulso simétrico y asimétrico con condiciones de frontera: a) un extremo sujeto firmemente y b) un extremo que se mueve libremente (Preguntas 16, 17, 18 y 19).
- No identifican el fenómeno de pulsación (Pregunta 20).

Resultados y análisis por pregunta:

Como ya se mencionó, después de la intervención didáctica se aplica el *Postest* para los dos grupos de prueba. En este apartado se analizan los resultados de algunas preguntas del cuestionario (Pregunta 1, 4, 5, 6 y 20, Ver Apéndice 1) para mostrar el impacto que tuvieron las CDIs.

La ganancia normalizada o Factor de Hake se calcula:

$$g = \frac{S_f - S_i}{100 - S_i}$$

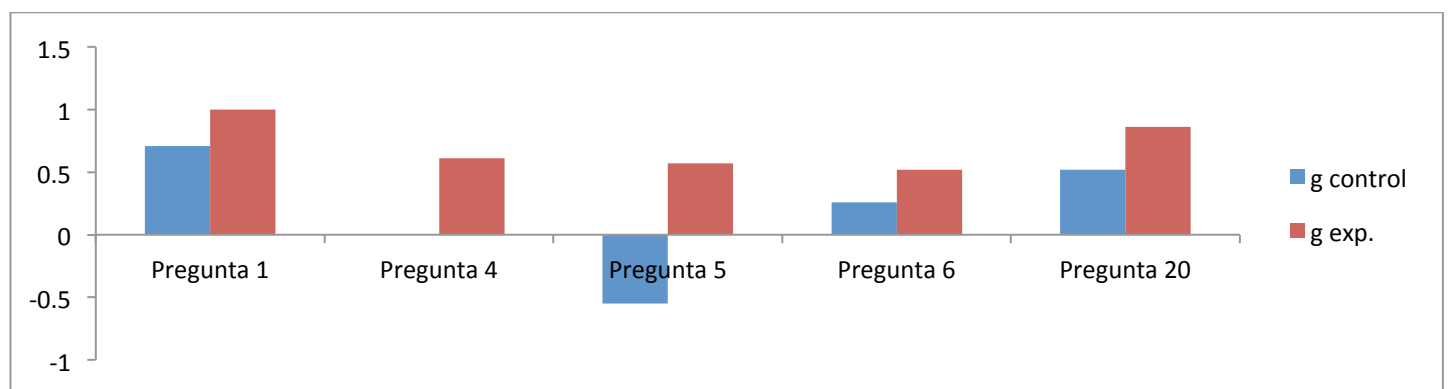
TABLA III. Porcentajes de aciertos inicial, final y Factor de Hake del Grupo de Control para las 5 preguntas analizadas

Pregunta	1	4	5	6	20
S_i	44%	32%	64%	24%	24%
S_f	84%	32%	44%	44%	64%
g	0.7	0	-0.55	0.26	0.52

TABLA IV. Porcentajes de aciertos inicial, final y Factor de Hake del Grupo Experimental para las 5 preguntas analizadas

Pregunta	1	4	5	6	20
S_i	40%	28%	16%	32%	8%
S_f	100%	72%	64%	68%	88%
g	1	0.61	0.57	0.52	0.86

FIGURA 1. Comparación del Factor de Hake obtenido por el Grupo de Control y el Grupo Experimental de las 5 preguntas analizadas



Pregunta 1: El concepto de “Presión Acústica” fue tratado en la clase tradicional y en las CDIs, como se observa en la gráfica la ganancia conceptual más alta la tiene el Grupo Experimental, por lo que se puede decir que la estrategia de Aprendizaje Activo favoreció en el alumno la comprensión de que el sonido se propaga en el aire como variaciones de la presión atmosférica.

Pregunta 4: Las actividades realizadas con las CDIs facilitaron que el alumno comprendiera y relacionara los conceptos amplitud-sonoridad y frecuencia-tono con las curvas isofónicas lo cual se reflejó en el incremento de respuestas correctas con el Grupo Experimental.

Pregunta 5 y 6: Las preguntas 5 y 6 relacionan los conceptos sonoridad, tono y se incluye la velocidad del sonido. Este último no se trató en las CDIs, sin embargo se observa que para las dos preguntas la ganancia conceptual para el Grupo Experimental es de $g = 0.57$ y $g = 0.52$ cuya diferencia podría considerarse despreciable, lo que puede considerarse que los alumnos comprendieron los conceptos tratados y con la inclusión del parámetro “Velocidad del sonido” lograron analizar la independencia de las características físicas y subjetivos del sonido con el valor de su velocidad.

Así mismo, las ganancias del Grupo de Control se encuentran en la zona de ganancia baja, incluso para la pregunta 5 tiene un valor negativo, por lo que se infiere que no se logró en los alumnos la comprensión de los conceptos estudiados, así mismo, la inclusión de otro parámetro como lo fue la velocidad del sonido pudo haber causado confusión.

Cabe mencionar que las cuestiones 4, 5 y 6 tienen una relación estrecha, las ganancias del Grupo Experimental varían ligeramente (no así con los valores del Grupo de Control) y son mayores que las del Grupo de Control. Esto nos lleva a suponer que las CDIs favorecieron que el alumno comprendiera los conceptos de sonoridad, tono, timbre, amplitud, frecuencia y contenido armónico, la relación que guardan entre ellos y además analizar la relación de estos parámetros con la velocidad del sonido.

Pregunta 20: Una de las actividades que más interés causó fue la actividad número 6 cuando se ejemplificó la superposición de dos tonos de frecuencia muy cercana (fenómeno de pulsación) con la afinación de un instrumento. Esta motivación e interés se ve reflejada en la ganancia conceptual que presenta el Grupo Experimental que se ubica en la zona de ganancia alta. Es importante mencionar que el alumno trae conocimientos previos sobre el tema de ondas mecánicas, y que “recordarlos” o “repararlos” hacen que se activen, lo cual, en este caso, también puede ser un factor que influye en las ganancias conceptuales de ambos grupos. Pero sin duda, las CDIs sí fueron un factor importante para que se favoreciera la comprensión del fenómeno tratado.

A continuación se presentan los resultados de las 20 preguntas que incluye el *Postest* para determinar la ganancia conceptual de cada grupo y dar conclusiones sobre la investigación.

El cálculo del porcentaje de aciertos " S_f " para el Grupo Experimental (N=25) del *Postest*:

TABLA V. Aciertos correspondientes de cada pregunta del *Postest* del Grupo Experimental

Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aciertos	25	19	17	18	16	11	11	12	20	21	20	22	17	20	20	15	21	19	11	22

$$S_f = 71.4 \%$$

El cálculo del porcentaje de aciertos " S_f " para el Grupo de Control (N=25) del *Postest*:

TABLA VI. Aciertos correspondientes de cada pregunta del *Postest* del Grupo de Control

Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aciertos	21	20	10	8	11	11	11	6	11	15	13	14	11	9	10	14	13	9	10	16

$$S_f = 48.6\%$$

El cálculo de la ganancia normalizada o Factor de Hake para cada Grupo es:

$$g = \frac{S_f - S_i}{100 - S_i}$$

Grupo Experimental

$$g = 0.630$$

Grupo de Control

$$g = 0.320$$



FIGURA 2. Comparación del Factor de Hake obtenido por el Grupo de Control y el Grupo Experimental

Ambas ganancias se encuentran dentro de la zona de ganancia media, sin embargo la ganancia del Grupo Experimental tiende al límite de la ganancia alta, por lo que se puede decir que las CDIs favorecieron la comprensión de los conceptos relacionados con las características físicas y subjetivas del sonido.

V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en esta investigación se concluye que la práctica educativa en la que el sujeto no se encuentra activo dentro de su proceso de aprendizaje y se limita a recibir la información que el profesor proporciona mediante la exposición de los temas no permite la construcción del conocimiento en el alumno, no se observa un interés por los contenidos que se pretenden enseñar ni favorece la participación espontánea del alumno para propiciar el diálogo en clase.

La implementación de las Clases Demostrativas Interactivas favoreció la comprensión de los conceptos físicos y subjetivos del sonido y la relación que existe entre ellos. Como se observó, la ganancia conceptual que obtuvo el Grupo Experimental fue de $g = 0.630$, mientras que la del Grupo de Control fue de $g = 0.320$. Si bien ambas se encuentran dentro de la zona de ganancia media, el Grupo Experimental tiende hacia la zona de ganancia alta, con lo cual se puede decir que el uso de las CDIs promovió la mejora en la comprensión conceptual de los temas tratados.

El uso de los recursos tecnológicos que se emplearon como fueron las aplicaciones de “Generador de audio”, “Osciloscopio” y “Analizador de espectro” descargadas en los teléfonos celulares, permitió que el alumno tuviera la oportunidad de manipular en cada una de las actividades las señales acústicas prácticamente de manera individual, con lo cual se propició el interés y la motivación por analizar e interpretar la información que se presentaba como resultado

en cada experimento, de esta manera se logró que el estudiante se involucrara en su proceso de construcción del conocimiento todo el tiempo.

La socialización propició que los alumnos externaran su pensamiento, se logró poner en juego habilidades como la reflexión, la interpretación, el análisis, la discusión y con ello propiciar el diálogo con los compañeros de clase, así mismo se recuperaron los saberes previos, como lo fue el análisis de Fourier (el cual causó un gran impacto con las predicciones en las CDIs) y se logró vincularlo con el nuevo conocimiento, con las experiencias cotidianas y sobre todo con la aplicación y la importancia para el ámbito profesional, todo ello enriqueció la experiencia de aprendizaje y generó una gran motivación e interés por los contenidos estudiados en clase.

REFERENCIAS

- Garduño, L. (2010). Implementación de las Clases Demostrativas Interactivas para la enseñanza de caída libre en Bachillerato. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Física Educativa. I. P. N. CICATA.
- Hake, R. (1998). Interactive engagement versus traditional methods: A six thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Am. J. Phys.* Vol 66, 64-74
- Hernández, M. (2012). Aprendizaje Activo en dinámica: Clases Demostrativas e Interactivas en el colegio de Bachilleres. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Física Educativa. I.P.N. CICATA
- Kaltakci, D., Erylmaz, A., McDermott, L. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education.* Vol.11. Num 5, 989-1008
- Mazzolini, A., Edwards, T., O'Donoghue, P., Nopparatjamjomras, S. (2010). Using Interactive Lecture Demonstrations to enhance student learning in Electronics. *Proceeding of the 2010 Conference, Sydney*
- Mazzolini, A., Daniels, S., Edwards, T., (2012). Using Interactive Lecture Demonstrations to improve conceptual understanding of resonance in a electronics course. *Australasian Journal of Engineering Education.* Vol 18 Num 1, 68-88
- Orozco, J. (2011). El teléfono celular como recurso didáctico en el álgebra vectorial para la Física en el nivel medio superior. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Física Educativa. I.P.N. CICATA
- Prince, M. (2004). Does Active Learning work? A review of the research. *J. Engr. Education,* 93 (3), 223-231
- Ramírez, G., López, A., Ramírez, M. (2013). Clases Demostrativas Interactivas de magnetismo en el Bachillerato del I.P.N. *Lat. Am. J. Phys. Edu.* Vol 7, Num 1, 27-36
- Serrano, R. (2013) Implementación de las Clases Demostrativas Interactivas para la enseñanza de calor y temperatura en el Bachillerato” Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Física Educativa. I.P.N. CICATA
- Sharma, M (2009). Mechanical Waves Conceptual Survey (MWCS). SUPER, School of Physics, University of Sydney & PENThai, Departament of Physics, Mahidol University
- Sharma, M., Johnston, I., Johnston, H., Varvell, K., Robertson, G., Hopkins, A., Stewart, Ch., Cooper, I., Thornton, R., (2010). Use of Interactive Lecture Demonstrations: A ten year study. *Phys. Rev. St Phys. Edu. Res.* 6, 020119 1-020119 9

Sokoloff, D., Thornton, R. (1997). Using Interactive Lecture Demonstrations to create an active learning environment. *Phys. Teach.* 35, 340-347

Sokoloff, D., Thornton, R. (2004). *Interactive Lecture Demonstrations: Active Learning in Introductory Physics*. [The Physics suite]. Wiley, N.Y.

Thornton, R., Sokoloff, D. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The force and motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula. *Am. J. Phys.* 66(4) 338-352

Tanahoung, Ch., Chitaree, R., Soankwan, Ch., Sharma, M., Johnston, I. (2009). The effect of Interactive Lecture Demonstrations on students' understanding of heat and temperature: a study from Thailand. *Research in Science & Technological Education*. Vol 27, 61-74

Velázquez, L. (2012) "Aprendizaje Activo para las leyes de Newton a nivel medio superior". Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Física Educativa. I.P.N. CICATA

APÉNDICE 1

Preguntas analizadas:

1.- *¿Cómo viaja el sonido desde la fuente que lo produce hasta tu oído?*

- a) *Por cambios de presión de aire*
- b) *Por vibraciones de cuerdas y columnas de aire*
- c) *Por medio de ondas electromagnéticas*
- d) *Por ondas infrarrojas*

4.- *Dos estudiantes cantan con la misma sonoridad. El estudiante X canta en tono más alto que el estudiante Y. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta?*

- a) *Las dos frecuencias son las mismas, pero las amplitudes son diferentes*
- b) *Las dos amplitudes son las mismas, pero las frecuencias son diferentes*
- c) *Las dos frecuencias son las mismas y las amplitudes también son las mismas*
- d) *Las dos frecuencias son diferentes y las amplitudes también son diferentes*

Considera la siguiente descripción y responde las preguntas 5 y 6.

Los estudiantes X e Y están separados 50m y gritan ¡YO!, el uno al otro, exactamente al mismo tiempo.

5.- *Se gritan el uno al otro con la misma sonoridad, pero Y grita con un tono más alto que X. ¿Quién escuchará el sonido primero?*

- a) *Se escucharán, el uno al otro, exactamente al mismo tiempo, porque la velocidad del sonido depende sólo de las propiedades físicas del aire.*

- b) X escuchará el sonido primero, porque la velocidad del sonido depende de la frecuencia, de acuerdo a la expresión $c = f\lambda$
- c) Se escucharán el uno al otro exactamente al mismo tiempo porque la velocidad del sonido depende de la amplitud del sonido.
- d) X escuchará el sonido primero porque el sonido de mayor frecuencia es penetrante.

6.- El estudiante Y grita más fuerte que X, pero gritan con el mismo tono. ¿Quién escuchará el sonido primero?

- a) X escuchará el sonido primero, porque la velocidad de la onda depende de su amplitud.
- b) Se escucharán el uno al otro, exactamente al mismo tiempo porque la velocidad del sonido depende de la frecuencia de acuerdo a la expresión $c = \lambda f$
- c) **Se escucharán el uno al otro exactamente al mismo tiempo porque la velocidad del sonido sólo depende de las propiedades físicas del aire**
- d) X escuchará el sonido primero, porque la onda de mayor amplitud viaja más lejos.

20.- Rebeca escucha 20 pulsaciones en 5 s cuando toca dos notas en su piano. Ella está segura que una de las notas tiene una frecuencia de 262 Hz. ¿Cuáles son las frecuencias posibles de la segunda nota?

- a) 242 Hz o 282 Hz
- b) 258 Hz o 266 Hz**
- c) 260 Hz o 264 Hz
- d) 270 Hz o 278 Hz

APÉNDICE 2

CLASES DEMOSTRATIVAS INTERACTIVAS

HOJA DE PREDICCIONES

ACTIVIDAD 1: Un sonido con un tono constante se emite en un altavoz y es captado por un micrófono.

Predice la forma de onda "Presión Acústica vs tiempo" que capta el micrófono	Predice el espectro en frecuencia "dB vs frecuencia" que se muestra en el analizador de espectro
--	--

ACTIVIDAD 2: Un sonido con un tono constante, más alto que el de la demostración 1, se emite en un altavoz.

<i>Predice la forma de onda “Presión Acústica vs tiempo” para varios periodos</i>	<i>Predice el espectro en frecuencia “dB vs frecuencia” que se muestra en el analizador de espectro</i>
---	---

ACTIVIDAD 3: Un sonido más fuerte, con el mismo tono constante que el sonido de la demostración 2 se emite en un altavoz.

<i>Predice la forma de onda “Presión Acústica vs tiempo” para varios periodos</i>	<i>Predice el espectro en frecuencia “dB vs frecuencia” que se muestra en el analizador de espectro</i>
---	---

ACTIVIDAD 4.1: Un diapasón emite un tono de 440 Hz y el sonido es capturado por un micrófono.

<i>Predice la forma de onda “Presión Acústica vs tiempo” que capta el micrófono</i>	<i>Predice el espectro en frecuencia “dB vs frecuencia” que se muestra el analizador de espectro</i>
---	--

ACTIVIDAD 4.2 Un altavoz emite un tono de 440 Hz y el sonido es capturado por un micrófono

<i>Predice la forma de onda “Presión Acústica vs tiempo” que capta el micrófono</i>	<i>Predice el espectro en frecuencia “dB vs frecuencia” que se muestra en el analizador de espectro</i>
---	---

ACTIVIDAD 4.3 Una guitarra emite una nota musical La_4 (440 Hz) y el sonido es capturado por un micrófono.

<i>Predice la forma de onda “Presión Acústica vs tiempo” que capta el micrófono</i>	<i>Predice el espectro en frecuencia “dB vs frecuencia” que se muestra en el analizador de espectro</i>
---	---

ACTIVIDAD 5: Una persona habla con un nivel normal de voz en un micrófono

<i>Predice la forma de onda “Presión Acústica vs tiempo” para varios periodos</i>	<i>Predice el espectro en frecuencia “dB vs frecuencia” que se muestra en el analizador de espectro</i>
---	---

ACTIVIDAD 6: Dos sonidos con el mismo nivel de sonoridad, pero con tonos diferentes se reproducen simultáneamente. Describe lo que esperas escuchar

<i>Predice la forma de onda “Presión Acústica vs tiempo” que capta el micrófono.</i>	<i>Predice el espectro en frecuencia “dB vs frecuencia” que se muestra en el analizador de espectro</i>
--	---

ACTIVIDAD 7: Dos sonidos con el mismo nivel de sonoridad son reproducidos, pero un sonido es una octava más alta que el otro. Describe lo que esperas escuchar

<i>Predice la forma de onda “Presión Acústica vs tiempo” que capta el micrófono</i>	<i>Predice el espectro en frecuencia “dB vs frecuencia” del sonido resultante que se muestra en el analizador de espectro</i>
---	---