UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Aprendizaje activo aplicado a la enseñanza del fenómeno óptico de interferencia de la luz en el marco del proyecto ondas de Colciencias en la isla de San Andrés

Jeisson Fabian Martin Calvo

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Bogotá, Colombia
2014

Aprendizaje activo aplicado a la enseñanza del fenómeno óptico de interferencia de la luz en el marco del proyecto ondas de Colciencias en la isla de San Andrés

Jeisson Fabian Martin Calvo

Trabajo final presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director (a):

Doctor. Freddy Alberto Monroy Ramírez

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2014

V°. B°.

Director Trabajo Final

Freddy Alberto Monroy Ramírez

Departamento de Física

Agradecimientos

Al culminar un peldaño más en el desarrollo de mi formación personal y profesional quiero brindar un agradecimiento especialmente a las personas que de una u otra forma contribuyeron al desarrollo de este trabajo final para aspirar al Título de Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Inicialmente, quiero agradecer al profesor Freddy Alberto Monroy Ramírez por su asesoría en la elaboración de este trabajo; a la Universidad Nacional sede Caribe y al Programa Especial de Movilidad Académica (PEAMA), al proyecto ondas de Colciencias San Andrés por su colaboración y apoyo, a los docentes de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales por su dedicación y excelente trabajo, a mi hermano Alexander Martin por sembrar en mí el interés por el conocimiento científico, a mi madre Beatriz, por su infinito amor y finalmente a la familia Gómez Antonio porque gracias a su hospitalidad pude conocer el entorno, las costumbres y la cultura de la población San Andresana.

Resumen

En este trabajo se presenta una propuesta basada en la *Metodología de Aprendizaje Activo*, que permite minimizar las falencias identificadas en la enseñanza del concepto de interferencia en el área de óptica. Este estudio se realizó con un grupo de 30 estudiantes de último grado de secundaria de la Isla de San Andrés en Colombia. La intervención incluye *Clases Interactivas Demostrativas* y *Laboratorios de Aprendizaje Activo.* Para el desarrollo de la propuesta se aplicó una prueba diagnóstica a todos los estudiantes, posteriormente se aplicaron las Clases Interactivas Demostrativas y los Laboratorios de Aprendizaje Activo con un grupo piloto de 15 estudiantes y se desarrolló el tema de la forma tradicional con los restantes (grupo de control); finalmente se aplicó la prueba evaluativa post test a todos los estudiantes. El análisis de los datos se realizó con la ganancia de Hake y el índice de Bao, ilustrando el desarrollo del aprendizaje en la población intervenida permitiendo al grupo piloto construir el análisis físico de este concepto.

Palabras clave: Aprendizaje activo, evaluación conceptual, interferencia óptica, innovación, ondas, predicción.

Abstract

This study presents a proposal based on the active learning methodology, which lets minimize some shortcomings identified in the teaching of the concept of optics interference. This study was done with a group of 30 students of the last high school grade in San Andrés Island in Colombia. The intervention includes demonstrative interactive classes and active learning laboratories. To the development of this proposal a diagnosis test was applied to all students, after that, the demonstrative interactive classes and active learning were applied to the 15 pilot subgroup students. On the other hand, the topics were addressed in the traditional way with the control group. Finally, a post test was applied to 30 students. The data analysis was performed using the Hake's gain and

Bao's index, illustrating the population learning development, which lets the pilot group learn and acquire the physics analysis of this concept.

Keywords: Active learning, concept evaluation, optics interference, waves, prediction.

Contenido

Pág.

Resumen ..... **IX**

Lista de figuras ..... **XIII**

Lista de tablas ..... **XIV**

Introducción **2**

Capítulo 1: El problema y sus antecedentes **5**
1.1 La importancia de estudiar temas de óptica en la escuela 5
1.2 Formulación del problema 5
1.3 Objetivos 7
1.3.1 Objetivo General 7
1.3.2 Objetivos Específicos: 7
1.4 Antecedentes: 8

Capítulo 2: Caracterización en términos demográficos y educativos, y la realidad del problema de la enseñanza de la física, específicamente de la óptica, en la isla de San Andrés **11**
2.1 Ubicación geografía y características básicas de la población 11
2.2 El problema de la enseñanza de la física 12

Capítulo 3: Fundamentos epistemológicos y disciplinares, de óptica, involucrados en el concepto de interferencia entre ondas. **17**
3.1 Fundamentos históricos del fenómeno de interferencia 19
3.1.1 El principio de interferencia 19
3.1.2 El principio de interferencia aplicado a la luz 22
3.1.3 El impacto del principio de interferencia 23
3.2 Fundamentos físicos 23
3.2.1 Teoría Ondulatoria de la Luz 23
3.2.3 Superposición de las Ondas 25
3.2.4 Diferencia de Fase 26
3.2.5 Fenómeno de interferencia 28
3.2.6 Las láminas delgadas para Young 28
3.2.7 El arco iris supernumerario 30
3.2.8 La doble rendija 31

Capítulo 4: fundamentos metodológicos y la propuesta didáctica aplicada **36**
4.1 Fundamentos Metodológicos 36
4.1.1 Descripción de la *MAA* 36

4.1.2 Características de la *MAA* en comparación con el aprendizaje pasivo.37
4.1.3 Porque utilizar la *MAA* 40
4.1.4 Características del diseño de actividades experimentales de aprendizaje activo 41
4.2 El diseño didáctico 41
4.2.1 Ejes centrales de la propuesta.....41
4.3 Descripción de la aplicación de la propuesta.....42
4.3.1 Fase 1: Aplicación de encuesta a profesores y test diagnostico a estudiantes 43
4.3.2 Fase 2: Aplicación de los *LAA* 44
4.3.3 Fase 3: Aplicación del test evaluativo 45

Capítulo 5 Resultados y análisis.....47
5.1 Resultados pre y post test 47
5.2 Ganancia de Hake.....50
5.3 Factor de concentración 52

Capítulo 6: Conclusiones, reflexiones finales y perspectivas 57
6.1 Conclusiones.....57
6.2 Recomendaciones.....59

A. Anexo: Encuesta que permite identificar porque el fenómeno de interferencia entre ondas no se desarrolla en un curso típico de física en grado once 60

B. Anexo: Pruebas diagnóstica y evaluativa 68

C. Anexo: *LAA*-Interferencia en películas delgadas 72

D. Anexo: *LAA*- La doble rendija 83

E. Anexo: Fotografías 93

Bibliografía 97

Lista de figuras

Pág.

Figura 2- 1 Ubicación geográfica Isla de San Andrés ……12

Figura 2-2 Aplicación Encuesta……..14

Figura 2-2 ALOP-CARIBE…….....16

Figura 3-1 Ondas circulares en un estanque de agua interfiriendo ……18

Figura 3-2 Interferencias en pompas de jabón……18

Figura 3-3 Interferencia producida en una mancha de aceite sobre el asfalto……...19

Figura 3-4 Diferencia de caminos de dos rayos coherentes……..29

Figura 3-5 Modelo de interferencia del arco iris supernumerario…….30

Figura 3-6 Diagrama del experimento de doble rendija de Young.....32

Figura 3-7 Diagrama de interferencias……...33

Figura 3-8 construcciones geométricas para describir el experimento de la doble rendija……..33

Figura 3-9 Patrón de franjas formado en una pantalla……34

Figura 5-1 Resultados pre y post-test Grupo Piloto……49

Figura 5-2 Resultados pre y post-test Grupo Control……..50

Figura 5-3 Ubicación de modelos según concentración y puntaje…….....53

Figura 5-4 Gráfica S-C pre-test Grupo Piloto……..55

Figura 5-5 Gráfica pos-test Grupo Piloto……...56

Lista de tablas

Pág.

Tabla 2- 3 Establecimientos educativos en la isla de San Andrés con educación media completa…….13

Tabla 4-1 Ambientes de aprendizaje pasivo Vs Aprendizaje activo…….37

Tabla 4-2 Fases de la Aplicación de la Propuesta Didáctica……42

Tabla 5-1 resultados pre y post-test del grupo piloto y control……..47

Tabla 5-2 Zonas de ganancia……..51

Tabla 5-3 Niveles de discrepancia……..52

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolo	Término
c	Velocidad de la luz
$\vec{E}$	Campo Eléctrico
∇^2	Operador de Laplace
E_o	Amplitud de la propagación de la onda a lo largo del eje x positivo
k	Numero de onda definido
λ	Longitud de Onda
Λ	Diferencia de caminos ópticos
x	Distancia
n	Índice de refracción
i, i', r, r'	Ángulos de incidencia y refracción
y_m	Distancia entre el centro del patrón y el centro de la i-ésima banda brillante
$< \bar{g} >$	promedio de la Ganancia normalizada
c	Factor de concentración

Abreviaturas

ALOP	Aprendizaje Activo de la Óptica y Fotónica
CDI	Clases Demostr tivas Interactivas
GC	Grupo Control
GP	Grupo Piloto
LAA	Laboratorio de Aprendizaje Activo
MAA	Metodología de Aprendizaje Activo
MECEN	Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales
MEN	Ministerio de Educación Nacional

Introducción

Generalmente, los estudiantes aprenden que la física es un conjunto de fórmulas que se relacionan con problemas específicos y no un vínculo de conceptos y principios aplicables a fenómenos fuera del contexto del aula de clase. Esto sucede porqué en el aprendizaje pasivo los profesores se limitan a transmitir contenidos utilizando los libros de texto como la única fuente de conocimiento, impidiendo el trabajo colaborativo y si hacen uso de experiencias de laboratorio las utilizan para confirmar teorías y no para aprender conceptos científicos, esta teoría del aprendizaje se ha convertido en una práctica frecuente en la enseñanza de la ciencias en el país; reduciendo el proceso de la enseñanza de la física a aspectos teóricos y descontextualizados que se han convertido en acciones habituales, estableciendo condiciones en el proceso de la enseñanza de la física donde el docente y los libros son las autoridades.

La creciente desmotivación de los estudiantes en la educación media frente a la asignatura de física es motivo de reflexión y de desarrollo de propuestas didácticas. Los motivos del fracaso en la enseñanza de la física, específicamente de la óptica, apuntan entre otros factores a la falta de formación de los docentes en la disciplina y al desconocimiento de estrategias metodológicas y lineamientos didácticos que les permitan desarrollar los temas, resultando estos atrayentes para los estudiantes. Con el firme propósito de que se sientan interesados por la física y se relacionen con la ciencia, siendo la etapa apta para esto la educación secundaria, debido a que en este espacio el alumno es perceptivo a transformar sus creencias cuando contrastan las diferencias entre ellas y sus observaciones.

En un intento por conseguir una alternativa de enseñanza de la óptica diferente a la presentada en los textos; este trabajo muestra una estrategia para lograr una claridad conceptual evidenciable del fenómeno de interferencia de la luz, implementando experiencias didácticas basadas en la *Metodología de Aprendizaje Activo* de la óptica. Esto consiste en que los estudiantes construyan su propio conocimiento desarrollando actividades basadas en *Clases Interactivas Demostrativas* y *Laboratorios de Aprendizaje Activo*, estas actividades retan a los estudiantes a comparar sus predicciones, basadas en el sentido común, con el resultado del experimento. Cambiando sus ideas iniciales al

descubrir las diferencias entre el conocimiento previo y el generado a través de sus observaciones.

Este trabajo se desarrolló con estudiantes de grado once inscritos al proyecto Ondas de Colciencias[1] en la Isla de San Andrés, proyecto coordinado por la Universidad Nacional de Colombia Sede Caribe y que cuenta con la participación de 400 niños y jóvenes de 8 instituciones educativas y 47 grupos de investigación.

En la isla de San Andrés no existen referentes relacionados con el problema de la enseñanza de la óptica desde la perspectiva que plantea el aprendizaje activo. En este trabajo se identifica las causas por la cuales no se estudia la óptica, específicamente el fenómeno de interferencia en los planteles educativos; y plantea mediante el diseño e implementación de una serie de talleres basados en la Metodología de Aprendizaje Activo (*MAA)*. Una estrategia para que los maestros implementen en sus clases obteniendo la motivación y la comprensión del fenómeno por parte de los estudiantes.

[1]Programa Nacional de Colciencias relacionado con el fomento de la ciencia, la tecnología e innovación.

Capítulo 1: El problema y sus antecedentes

En este capítulo se define y justifica el problema que se desarrolló, las preguntas de orientación, se plantean los objetivos del trabajo y se indaga sobre los antecedentes del tema.

1.1 La importancia de estudiar temas de óptica en la escuela

La óptica ha sido fundamental en el desarrollo de la humanidad debido a que ha influido en diferentes campos de la actividad cognitiva como la filosofía, la epistemología, la medicina y la tecnología entre otros. La óptica es la base para comprender el comportamiento d la luz, en la vida cotidiana sus aplicaciones son evidentes, la podemos ver en sensores, fibras ópticas, telescopios, proyectores, cámaras, sistemas de lectura de huellas digitales, las proyecciones en los cines en 3 dimensiones, la cirugía láser entre otras.

La formación científica de los estudiantes en la educación secundaria en Colombia no puede desconocer las aplicaciones y el desarrollo de la óptica, siendo ésta fundamental en la comprensión del presente y del futuro de la sociedad. El estudio de la óptica en la educación básica media es importante porque con este los estudiantes se acercaran a la comprensión del mundo en que vivimos y de los desarrollos tecnológicos.

1.2 Formulación del problema

Las investigaciones internacionales sobre la enseñanza de la óptica y los lineamientos curriculares en varios países como Argentina, Uruguay y Brasil (MEPC, 2011), (Cabot

Echavarría, 2008), entre otros plantean abordar los conceptos fundamentales de la óptica en la asignatura de física, en Colombia los lineamientos curriculares para educación media del Ministerio de Educación Nacional (*MEN*) en la asignatura de física proyectan entre sus objetivos, la comprensión de los conceptos básicos de óptica donde se incluye el estudio de temas como la interferencia entre ondas (MEN, 2006). Sin embargo, el desarrollo de los conceptos de óptica no forma parte de la cultura escolar.

El planteamiento del problema, con respecto a la enseñanza del fenómeno de interferencia de la luz, inició escuchando y observando a estudiantes y maestros dentro del contexto social y demográfico de la isla de San Andrés en Colombia. Se concluyó que el proceso de enseñanza de las ciencias en educación media particularmente en física no se abordan temas de óptica específicamente de interferencia entre ondas que normalmente se desarrolla en un curso típico de física para el último grado de educación secundaria, el cual se encuentra dentro del currículo de ciencias.

A manera de preguntas orientadoras se puede proponer:

1. ¿Por qué sucede esto?
2. ¿Es falta de recursos para equipos de laboratorio en los centros educativos?
3. ¿Es falta de tiempo?
4. ¿O es sencillamente que los docentes no manejan disciplinalmente el tema?
5. ¿O de pronto no conocen de estrategias que les permita desarrollar el tema con elementos de bajo costo y con una metodología atrayente para los estudiantes?

Del anterior análisis surge la siguiente formulación del problema, el cual se plantea como una pregunta orientadora general tenida en cuenta para la realización de las guías de trabajo:

¿Cómo lograr claridad conceptual evidenciable del fenómeno de interferencia de la luz mediante una metodología activa de enseñanza de la óptica con estudiantes del programa ondas de Colciencias en la isla de San Andrés?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Dar a conocer a los estudiantes y profesores de grado once del programa Ondas de Colciencias San Andrés, una estrategia de Aprendizaje Activo que les permita mejorar la conceptualización del fenómeno de interferencia de la luz.

1.3.2 Objetivos Específicos:

1. Diseñar y aplicar una herramienta en forma de encuesta que permita contextualizar el proceso de enseñanza de la física específicamente de la óptica e identificar porque el fenómeno de interferencia ondulatoria no se desarrolla en un curso típico de física en el último grado de secundaria en la isla de San Andrés.

2. Analizar los fundamentos históricos, epistemológicos y disciplinares del fenómeno de interferencia de la luz.

3. Diseñar una propuesta didáctica basada en la *MAA*, que sirva como herramienta para abordar el fenómeno óptico de interferencia de la luz.

4. Implementar la propuesta didáctica con los estudiantes en un curso de física de último año en la escuela secundaria del programa ondas San Andrés.

5. Describir y analizar los resultados de la aplicación de la propuesta didáctica, durante y al finalizar la implementación.

6. Establecer conclusiones del trabajo y la posibilidad de reproducibilidad de la propuesta.

1.4 Antecedentes:

En la isla de San Andrés no existen referentes en torno a la enseñanza de la óptica, lo que se puede encontrar aquí son trabajos de enseñanza de las ciencias elaborados por estudiantes de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia sede Caribe (De la Rosa, 2011), (Rodríguez, 2012) y (Gutíerrez, 2011) pero ninguno corresponde a la enseñanza de la óptica.

En la sede Bogotá, dentro del marco de la misma Maestría se desarrollaron los siguientes trabajos relacionados con el tema: (Herrera, 2012) Muestra una propuesta enmarcada dentro de la *MAA* para construir conceptos de óptica geométrica como: reflexión, refracción de la luz y formación de imágenes, propuesta que fue aplicada a través de prácticas y guías de laboratorio, (Manrique, 2012) Presenta un manual para docentes de secundaria basada en la metodología de aprendizaje activo *MAA*, orientada a construir el concepto de difracción por medio de prácticas experimentales realizadas con materiales de fácil consecución y bajo costo, (Rojas, 2011) diseñó una propuesta basada en la *MAA*, se aplicó el test conceptual de óptica geométrica (*TCOG*) y posteriormente se aplicó la propuesta planteada con estudiantes de grado once, finalmente se analiza la aplicación del trabajo Active Learning in Optics and Photonics (*ALOP*).

En la sede Medellín, dentro del marco de la misma Maestría se desarrollaron los siguientes trabajos relacionados con el tema: (Cely, 2013) Y (Ramirez , 2013) donde aplican la propuesta de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), sobre Aprendizaje Activo de Óptica y Fotónica con alumnos de grado décimo del Departamento de Antioquia- Colombia, muestran como resultado un aprendizaje efectivo de los conceptos de reflexión y refracción de la luz a través de diferentes tipos de lentes. Finalmente hacen una serie de recomendaciones y observaciones encaminadas al mejoramiento de las prácticas experimentales en las aulas de clases.

Este es el primer trabajo sobre óptica para un nivel de educación media en el contexto de la isla de San Andrés Colombia. Se aspira a contribuir al campo de la enseñanza de las ciencias desde los planteamientos del aprendizaje activo haciendo referencia a aspectos fundamentales de la óptica en la escuela media.

A continuación, en el **Capítulo 2**, se presenta una breve caracterización en términos demográficos y educativos, y la realidad del problema de la enseñanza de la física, específicamente de la óptica, en la isla de San Andrés. En el **Capítulo 3** se muestran aspectos históricas y epistemológicas relevantes en el análisis del fenómeno de interferencia de la luz; posteriormente, en el mismo capítulo, se desarrolla una breve reseña acerca de los contenidos disciplinares mínimos de óptica involucrados en el concepto de interferencia entre dos frentes de onda. En el **Capítulo 4** se hace una descripción de la propuesta didáctica donde se muestran los fundamentos metodológicos de la *MAA* que fue implementada con los estudiantes de grado once del programa Ondas San Andrés. En el **Capítulo 5** se muestran los resultados de la aplicación del material propuesto con los estudiantes y se presenta el análisis de los resultados basados en test procesados estadísticamente. En el **Capítulo 6** se presentan las conclusiones y las futuras perspectivas del trabajo en general.

En el **Anexo A** se encuentra la encuesta que permitió identificar porque el fenómeno de interferencia entre ondas no se desarrolla en un curso típico de física del último grado de secundaria, el análisis de los resultados obtenidos se describe en el **Capítulo 2**. En el **Anexo B** se encuentra la prueba diagnóstica y evaluativa la cual permitió obtener los datos que se analizan en el **Capítulo 5.** En el **Anexo C** se encuentra la CID y el LAA sobre la interferencia en películas delgadas, que se implementó y se describe en el **Capítulo 4**. En el **Anexo D** se encuentra la CDI y el LAA sobre la Doble rendija, que se implementó y se describe en el **Capítulo 4.** Finalmente en el **Anexo E** se encuentran las fotografías tomadas durante el desarrollo del trabajo.

Capítulo 2: Caracterización en términos demográficos y educativos, y la realidad del problema de la enseñanza de la física, específicamente de la óptica, en la isla de San Andrés

En este capítulo se hace una caracterización básica de la ubicación geográfica, las características generales de la población que reside en la isla y se analiza el problema de la enseñanza de la física, específicamente de la óptica, con los estudiantes y docentes de educación secundaria del programa ondas de Colciencias.

2.1 Ubicación geografía y características básicas de la población

La isla Colombiana de San Andrés se encuentra ubicada en el caribe occidental a 775 km de la costa norte continental Colombiana y a 220 km de la costa atlántica Nicaragüense (ver figura (2-1)). San Andrés tiene un área de 26 km^2 y su población tiene origen en los asentamientos Ingleses, Holandeses y Jamaiquinos que llegaron a poblar este territorio insular. Según el censo nacional de población y vivienda de 2005 del DANE la población total de la isla fue de 55.426 habitantes divididos en población autodenominada raizal con cultura, lengua y costumbres propias representada en un 35% practicantes de la religión Bautista o Adventista y en población que manifestó no pertenecer a ningún grupo racial o étnico del 45 %, teniendo en cuenta una aproximación

en el aumento de la población de un 10% anual se puede observar que actualmente la isla se encuentra densamente poblada (Abello, 2008).

Figura 2-4 Ubicación geográfica Isla de San Andrés[2] en la parte izquierda superior se observan las Islas y los cayos que conforman el archipiélago de San Andrés y Providencia.

Desde el año 2000 el archipiélago de San Andrés es considerado como una de las reservas mundiales de la biosfera Seaflower[3] por la Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura UNESCO.

2.2 El problema de la enseñanza de la física

En la isla de San Andrés existen 13 Instituciones de educación media completa, lo que indica una cobertura parcial en la educación secundaria en relación a la población. Ocho colegios son de carácter público y cinco privados ver Tabla (2-1).

[2] Figura tomada de Digital Chart of the world - MDE 1 km de ESRI, Landsat ETM 2000 y Ortomosaicos Vexcel ULTRACAM 2007 de IGAC.
[3] El 10 de Noviembre del año 2000, el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Colombia), fue declarado reserva de la biosfera SEAFLOWER por la UNESCO convirtiéndose en la reserva con mayor área marina que existe en la actualidad.

Establecimiento educativo	***Oficial***	***Privado***
Instituto Técnico Industrial	X	
Institución educativa Antonia Santos del Rancho	X	
Instituto Técnico Departamental la Natania	X	
Instituto Bolivariano	X	
Centro Educativo de Educación Media Diversificada	X	
Flowers Hill Bilingual School	X	
Brooks Hill Bilingual School	X	
Institución de la Sagrada Familia	X	
Colegio Luis Amigo		X
Colegio Cajasai		X
Liceo del Caribe		X
Colegio Modelo Adventista		X
First Baptist School		X

Tabla 2-5 Establecimientos educativos en la isla de San Andrés con educación media completa.

Con el fin de recolectar información relacionada con la enseñanza de la física en las instituciones de educación secundaria inscritas en el proyecto Ondas de Colciencias, se aplicó una encuesta no estructurada (Anexo A). El cuestionario está enfocado en aspectos relacionados con la formación académica, formación complementaria, enseñanza de la física, currículo institucional de física y los temas relacionados con la enseñanza de la óptica. El instrumento fue aplicado a ocho docentes que trabajan actualmente en la enseñanza de la física elegidos al azar.

La encuesta aplicada (Ver Figura (2-2)) mostró que 7 de los docentes encuestados que imparten la asignatura de física se encuentran entre los 40 y 60 años de edad; la mayoría están en un intervalo de 40 a 50 años. Respecto a la formación académica se observó que 1 de ellos poseen una formación de licenciatura en física y matemáticas, y ninguno de licenciatura en física o física pura, 7 de los docentes encuestados tienen una formación profesional en otras disciplinas como ingeniería sanitaria y ambiental, electrónica y química farmacéutica.

Figura 2-6 Aplicación Encuesta.

En relación a la formación en estudios de postgrado son muy pocos los profesores que realizaron o se encuentran cursando especializaciones o maestrías que se relacionen con la enseñanza de la física. Los profesores que culminaron este espacio educativo lo realizaron en otras áreas del conocimiento como estudios del caribe, pedagogía y tecnologías de la comunicación y la información. Ellos atribuyen la carencia de formación en postgrado a la falta de demanda de carreras en la isla, y a los problemas de conectividad del internet. También, se evidenció que los docentes no realizan cursos complementarios de actualización que les permitan adquirir estrategias metodológicas para la enseñanza de las ciencias, debido a las mismas razones.

Respecto los aspectos metodológicos, 6 docentes coinciden en la aplicación general de los estándares curriculares dentro de la realización y ejecución de sus clases. Se observó que 6 de los docentes considera relevante el uso del texto guía y no diseñan unidades didácticas para aplicar en sus clases. 7 profesores dan relevancia a la enseñanza de conceptos físicos y asignan tareas de consulta y aplicación del método científico pero dejan de lado el desarrollo de habilidades experimentales y la aplicación de actividades basadas en metodologías innovadoras de aprendizaje de las ciencias.

Seis de estos docentes se limitan a hacer uso de la clase magistral donde desarrollan temas, relatan historias de científicos y desarrollar algunas actividades experimentales

para comprobar las teorías; no hacen uso de éstas para construir y evidenciar conceptos basados en fenómenos de la naturaleza.

Por otra parte, se observó que, en cuanto a los aspectos curriculares de física cada institución aborda los bloques temáticos pertinentes para el grado once como electricidad, magnetismo, ondas y óptica; los cuales se deben desarrollar en un curso común de física para último año de educación secundaria.

Referente a la enseñanza de la óptica, los docentes explicaron que no se desarrolla la totalidad de los temas por falta de tiempo ya que solo tienen una intensidad horaria de dos horas por semana, lo que impide el avance en los temas planteados así estos se encuentren incluidos en la malla curricular. A esto se suma la falta de dominio conceptual, la falta de conocimiento de estrategias metodológicas para abordar el tema y el escaso material de laboratorio con el que cuentan las instituciones para realizar montajes experimentales relacionados con óptica.

En general, 7 de los docentes manifestaron que al final del proceso los estudiantes culminan el curso presentando falta de claridad conceptual evidenciable en temas como las interferencias luminosas, difracción, el concepto de onda y polarización entre otros; temas relevantes en el estudio de la óptica.

Sin embargo, y con el firme propósito de remediar esta situación, los docentes de física están dispuestos a asistir a eventos que les permitan actualizarse en temas relacionados con el diseño e implementación de metodologías concernientes a la enseñanza de las ciencias, durante la aplicación de la encuesta (Anexo A) se realizó la inscripción al Taller de Aprendizaje Activo de la Óptica y la Fotónica ALOP –CARIBE un trabajo basado en la metodología de aprendizaje activo, que hace parte de las actividades propuestas por la UNESCO para la enseñanza de la física en países en vía de desarrollo, evento que se realizó en la Universidad Nacional de Colombia UN-sede Caribe del 21 al 25 de enero de 2013, con el apoyo de la facultad de ciencias de la sede Bogotá, (Ver Figura (2-3)).

Figura 2-7 ALOP-CARIBE[4] se observa el desarrollo del taller en la Universidad Nacional de Colombia UN-sede Caribe

Visitar estas instituciones y aplicar la encuesta permitió adquirir la información necesaria para identificar que el problema en la enseñanza de las ciencias, particularmente en física, radica en la falta de Docentes de física capacitados en los centros educativos. Por otra parte, los docentes que imparten esta asignatura no cuentan con la formación académica y complementaria adecuada. Estos aspectos interfieren directamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Finalmente, los docentes manifestaron el escaso interés de los directivos docentes por la educación en ciencias y por dotar a estos colegios con profesionales en enseñanza de la física, infraestructura y equipos de laboratorio adecuados.

[4] Tomada de http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/ndetalle/article/docentes-de-san-andres-se-actualizan-en-ciencias-exactas.html

Capítulo 3: Fundamentos epistemológicos y disciplinares, de óptica, involucrados en el concepto de interferencia entre ondas.

En este capítulo se hace una breve descripción de los fundamentos históricos-epistemológicos y los contenidos disciplinares básicos del fenómeno de interferencia que permitieron contextualizar el problema en estudio.

El fenómeno de interferencia se observa a menudo en la naturaleza. Por ejemplo, en las ondas de agua de la Figura (3-1), ondas sonoras, ondas de luz y ondas electromagnéticas, en estas manifestaciones de fenómenos ondulatorios se observa la exposición de interferencias. En este Capítulo se profundiza sobre el tema haciendo énfasis en los fenómenos de interferencia luminosa (superposición de ondas de luz). Como los colores que observamos cuando la luz de sol cae en una burbuja de jabón Figura (3-2), un poco de aceite o en el pavimento húmedo Figura (3-3), estos son causados por la interferencia de las ondas de luz reflejadas desde el frente hacia atrás de las superficies de las películas transparentes. Lo anterior se manifiesta como la aparición de zonas del espacio iluminadas y zonas oscuras.

Figura 3-1 Ondas circulares en un estanque de agua interfiriendo[5] Las interferencias que se observan aquí son a causa de la superposición de ondas. En esta Figura se exponen ondas circulares producidas por gotas de agua que caen en un estanque de agua interfiriendo entre sí.

Figura 3-2 Interferencias en pompas de jabón [6] Los colores que se observan en esta pompa de jabón son causados por la interferencia entre la luz reflejada en la cara interior y exterior de la burbuja.

[5]http://pendientedemigracion.ucm.es/info/gioq/fenopt/imagenes/interfenciaagua/index.htm
[6] http://www.parkinsonbahiadecadiz.org/joomla/images/stories/burbuja-de-jabon1.jpg

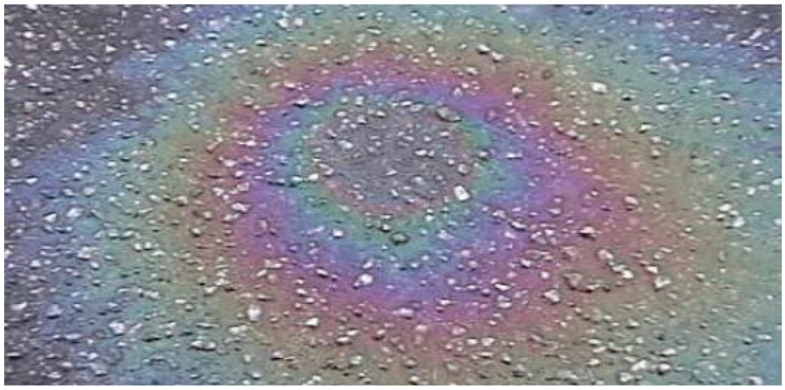


Figura 3-3 Interferencia producida en una mancha de aceite sobre el asfalto[7] en esta figura se observa la Interferencia producida en una mancha de aceite sobre el asfalto. La interferencia se produce entre la luz reflejada en la parte inferior y superior de la capa de aceite, similar a lo que ocurre con la pompa de jabón.

3.1 Fundamentos históricos del fenómeno de interferencia

3.1.1 El principio de interferencia

El principio de interferencia permite explicar los colores policromados de las plumas de las aves, de las alas de las mariposas y de las películas de jabón, entre otros fenómenos. Además de estas situaciones cotidianas este principio se aplica en las nuevas tecnologías ópticas.

Thomas Young (1773-1829), científico Inglés que inicio su estudio sobre el comportamiento de la luz y el sonido, siendo estudiante de medicina expone en 1796 un trabajo sobre la voz humana, tres años después presenta su trabajo "*outlines of experiments and inquiries respecting sound and light"* expuesto en la Royal Society donde muestra una interpretación profunda de los trabajos de Lagrange, Euler, Chali, Taylor, MacLaurin, Newton y Venturi. (Cantor,1970)

---

[7]http://pendientedemigracion.ucm.es/info/gioq/fenopt/imagenes/interferenciaaceite/index.htm

En su primer escrito sobre la luz indaga sobre el comportamiento del cruce de dos miradas que fue propuesto por Huygens afirmando que solo se puede explicar a partir de una concepción ondulatoria cuando expresa que:

"... no hay nada más difícil de explicar que el hecho de que cuando dos miradas se enfrentan, cada sujeto perciba al otro con nitidez, a pesar de que el también este emitiendo perturbaciones luminosas…" (Huygens, 1992)

Young planteo que la luz no podía tener características de corpúsculo partiendo de su experiencia y de las ideas de Euler, creyó que las explicaciones sobre la reflexión parcial y la medida de la velocidad de la luz en el medio independiente de la intensidad no eran sólidas. (Cantor, 1984)

En el capítulo de su obra 'Of the coalescence of musical sounds' utiliza el principio de interferencia con el sonido para explicar físicamente las pulsación. Este principio de interferencia era un tema dilucidado pero confuso, personajes de la ciencia como Newton habla de este principio en su obra 'Principia' conocida profundamente por Young, donde Newton explica el fenómeno de interferencia basado en el comportamiento de las mareas en un golfo en Vietnam, donde la marea solo surgía una vez al día, Newton explicó este fenómeno como un principio de composición de movimientos, pero no analizó la naturaleza ondulatoria de las mareas. (Sotres, 2009)

Según (Newton, 1982) *"Las obstrucciones de los lechos y las cosas dan lugar a varios fenómenos como que el mar fluya una sola vez al día. También puede ocurrir que la marea se propague desde el océano hacia un mismo puerto por diversos canales, pasando por unos más deprisa que por otro, en cuyo caso, una misma marea, dividida en dos o más sucesivas, puede combinar más movimientos de diversa índole. El puerto de Batsha, en el reino de Tonkin, (latitud 20°50' Norte) nos proporciona un ejemplo .En dicho puerto, las aguas se estancan el día siguiente al paso de la luna sobre el ecuador; cuando la luna declina hacia el norte, la pleamar y la bajamar no se producen dos veces al día, como en otros puertos sino solamente una…"*

Por su parte, Young identificó este fenómeno periódico como adaptable a la intersección de ondas mecánicas o luminosas. Todo parece indicar que Young tomó como base lo que planteó Newton para interpretar los fenómenos acústicos. (Sotres, 2009)

Para ciertos autores las inferencias sobre el comportamiento del sonido que realiza Young no son claras, algunos afirman que fue por el análisis que realizó respecto al tema de las mareas escrito por Newton; otros, como (Mollon, 2003) creen que fue a causa de la experimentación con la cubeta de ondas y de las observaciones del impacto de piedras sobre superficies acuáticas en los canales de Cambridge. Lo cierto, es que Young logró evidenciar que el principio de superposición explicaba las interferencias en este medio, se cree que la aplicación de esta idea que implementó a los anillos de Newton y al sonido fue lo que lo llevo al estudio de las interferencias de la luz.

Las interferencias se dan en dos tipos, la primera denominada interferencia espacial, muestra que las ondas de igual frecuencia interfieren según el camino que recorren desde su foco un número entero de longitudes de onda formando máximos y un número impar de semilongitudes de onda para los mínimos. De forma cualitativa Young planteó que las ondas se superponen en su intersección pero continúan su camino sin perturbarse. Esto comprobó que el sonido de un diapasón era distinto según su posición paralela o perpendicular, sin lograr una explicación totalmente clara.

El segundo tipo de interferencia denominada temporal se produce cuando dos diapasones de frecuencias distintas oscilan, las oscilaciones se perciben desfasadas teniendo como resultado un sonido más grave con la mitad de la frecuencia. La interpretación de Young hacía referencia a una posible explicación partiendo del principio de superposición. Otros científicos de su tiempo preferían creer que el tercer sonido era fruto de la percepción y no de un hecho real.

Posteriormente, Young retoma el problema del carácter ondulatorio de la luz y el sonido intentando buscar un principio que unificara la explicación de estos dos fenómenos a partir del principio de superposición de ondas y el de interferencia de movimientos ondulatorios.

3.1.2 El principio de interferencia aplicado a la luz

En un principio Young intentó resolver las interferencias con ondas triangulares de distintas frecuencias pero no le dio resultado; después, admitió el concepto desarrollado por Newton de ondas senoidales para el sonido porque éstas le permitían realizar construcciones geométricas.

En ese momento la ciencia defendía la teoría de unos hipotéticos ajustes que acompañaban a los rayos de luz, los ajustes justificaban la periodicidad de los anillos de Newton y la de los pares asociados a los corpúsculos de luz, justificación no convincente que funcionaba y era aceptada (Worral, 1976)

En el año 1800, denominado como el annus mirabilis de Thomas Young, el desarrollo de las experiencias de Young fue catalogado como prominente, porque parte de un foco puntual obteniendo porciones coherentes que interfieren formando máximos y mínimos en la retina o en una pantalla.

Luego de reconocer los aportes de Huygens, Euler y Hooke en la teoría de los medios, Young explicó la aparición de colores de las láminas delgadas entendiendo la luz como una onda soportada por un hipotético éter. Basándose en la idea de Euler de la luz blanca como una suma de variaciones monocromáticas y su descubrimiento de las interferencias luminosas, certificó que la composición de los rayos reflejados en la primera y segunda superficie, cuando su interferencia es un número entero de longitudes de onda, se producen los colores. Ejemplos puntuales son los colores en las láminas delgadas, plumas de las aves, láminas de jabón, y mariposas. Evidenciando que había descubierto algo importante en la descripción física de la naturaleza de la luz. Lo cual manifiesta en la lectura que realizo en 1802 en la Royal Society. (Sotres, 2009)

"*Cualquier importancia que se dé a la opinión de la teoría de la luz y los colores que he tenido últimamente al honor de enviar a la royal society, hay que concederme que ha dado lugar al nacimiento de una ley simple y general, capaz de explicar un numero de fenómenos de la luz coloreada, que sin esta ley, continuarían aislados e ininteligibles.*

…La ley es que siempre que dos porciones de la misma luz llegan al ojo por distintos caminos, bien sea en la misma o en casi la misma dirección, la luz se hace más intensa

cuando la diferencia de caminos es múltiplo de cierta longitud, y menos intensa en el estado intermedio de las porciones que interfieren; y esta luz es diferente para la luz de los distintos colores." (Young,1802,A)

Este principio se aplicó al cálculo de las longitudes de onda del espectro visible a partir de las medidas de Newton del radio de sus anillos.

3.1.3 El impacto del principio de interferencia

Young plantea la teoría ondulatoria en 1801, pero asume que aún no es una teoría general se restringe a la firmeza del principio de interferencia entre rayos, en ese tiempo no existió rechazo a sus ideas, pero tampoco obtuvo un impacto considerable debido a que los intereses de los científicos de la época apuntaban hacia el análisis de fenómenos físicos relacionados con el estudio de la electricidad y el calor (Sotres, 2009).

Por otro lado la presentación de la obra no tenía un gran desarrollo matemático y la descripción de las experiencias eran limitadas, lo que causo una serie de críticas de personajes que percibieron su teoría como un simple conjunto de hipótesis. Esto llevo a Young a exponer solo fenómenos y no hipótesis en su obra "*Experiments and calculations*"; solo hasta 1815 su teoría fue conocida en el entorno científico inglés cuando se transformó la óptica física en una ciencia cuantitativa (Sotres, 2009).

3.2 Fundamentos físicos

3.2.1 Teoría Ondulatoria de la Luz

La primera demostración de la naturaleza ondulatoria de la luz fue desarrollada por Thomas Young en 1801, demostrando que en condiciones apropiadas, la luz manifiesta el fenómeno de interferencia. Es decir, en ciertos puntos en las proximidades de dos fuentes, las ondas luminosas se pueden combinar y cancelarse mutuamente por interferencia constructiva o en el caso contrario interferencia destructiva.

A finales del siglo XIX los trabajos de Maxwell y Hertz explicaron las propiedades de la luz, considerándola como un nuevo tipo de onda. Por tanto, la luz es considerada una onda electromagnética y se genera por la interacción de campos magnéticos y campos

eléctricos variables, que se propagan en el vacío o en otro medio, con una velocidad característica c. La luz irradia en todas las direcciones independientemente de la fuente que la creo. Las ondas electromagnéticas se clasifican según su longitud de onda o frecuencia, haciendo referencia al número de veces que estos campos cambian de sentido en un segundo. El fenómeno de interferencia ha contribuido a establecer la teoría ondulatoria de la luz (Sears, 2009).

3.2.2 La condición de coherencia

Para observar la interferencia entre ondas es necesario utilizar una rendija inicial o tener un foco apartado para que sea puntual, esto produjo que el fenómeno fuera difícilmente observable. Ahora sabemos que para que el fenómeno de interferencia sea observado claramente, la diferencia entre dos rayos debe mantenerse constante. En el caso de los focos de luz natural que presentan varios trenes monocromáticos de ondas sucesivas, que provienen de puntos alejados no existiría ninguna relación entre sus fases teniendo problemas en la observación de las interferencias. Esto indica que los frentes de luz deben tener una condición de coherencia lo cual implica que:

1. Las radiaciones sean de la misma frecuencia.
2. Tengan un mismo origen.
3. Y una pequeña diferencia de caminos.
4. Y una fuente de luz puntual.

Separando el rayo principal en dos partes con la característica de tener constante la diferencia de fase, convergen en una pantalla produciendo interferencias constructivas o destructivas.

En el trabajo de Young se observa implícito el problema de la condición de coherencia; cuando plantea utilizar focos puntuales, el uso de dos rendijas, el uso de rayos con la misma frecuencia con una dirección similar. Sin embargo, es Fresnel el que da una explicación explicita y definitiva a la condición de coherencia (Sotres, 2009).

3.2.3 Superposición de las Ondas

El principio de superposición afirma que, si en un medio se propagan dos o más ondas, éstas superpondrán sus efectos en los puntos en que coincidan y continuarán después independientemente la una de la otra como si no se hubieran superpuesto.

La combinación de ondas, para formar una onda resultante de la superposición de las perturbaciones introducidas por cada una de ellas por separado, es un fenómeno llamado interferencia, característico de los movimientos ondulatorios.

En el caso de la luz, su propagación se describe a partir de la ecuación de onda, teniendo en cuenta las componentes cartesianas del campo electromagnético $E_x,\ E_y,\ E_Z, B_x, B_y, B_z$ de manera que satisfagan la ecuación diferencial de onda (Hecht E. , 2006)

$$\nabla^2\vec{E} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} = 0 \tag{3.1}$$

Donde $\vec{E}$ es el campo eléctrico, c es la velocidad de la luz en el vacío y ∇^2 es el operador de Laplace que en coordenadas cartesianas se expresa así:

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \tag{3.2}$$

El campo eléctrico es de carácter vectorial, puede oscilar en cualquier dirección siendo perpendicular a la propagación de la luz.

Entonces, una solución de la suma de ondas de la misma frecuencia, está dada por:

$$E(x,t) = E_o sen(\omega t - (kx + \varepsilon)) \tag{3.3}$$

Donde E_o es la amplitud de la propagación de la onda a lo largo del eje x positivo. Al separar la parte espacial y temporal de la fase (Porras, 2014), se tiene

$$\alpha(x,\varepsilon) = -(kx + \varepsilon) \tag{3.4}$$

Así que

$$E(x,t) = E_o sen(\omega t + \alpha(x,\varepsilon)) \tag{3.5}$$

Es posible asignar una función sinusoidal a la frecuencia ω con una amplitud E_o y una fase α que debe ser determinada.

Si se tuvieran dos ondas

$$E_1 = E_{o1} sen(\omega t + \alpha_1) \tag{3.6}$$

$$E_2 = E_{o2} sen(\omega t + \alpha_2) \tag{3.7}$$

La perturbación resultante es la superposición de estas dos ondas, entonces

$$E = E_1 + E_2 \tag{3.8}$$

Utilizando algunas herramientas algebraicas, es posible obtener que la perturbación total sea de la forma

$$E_o^2 = E_o^2 + E_o^2 + 2E_{o1}E_{o2}\cos(\alpha_2 - \alpha_1) \tag{3.9}$$

Al término $2E_{o1}E_{o2}\cos(\alpha_2 - \alpha_1)$ se le conoce como término de interferencia, el factor crucial es la diferencia de fase entre las dos ondas que interfieren E_1 y E_2.

$$\delta \equiv (\alpha_2 - \alpha_1) \tag{3.10}$$

3.2.4 Diferencia de Fase

La diferencia de fase entre las dos ondas que interfieren puede deberse a que ambas proceden de una misma fuente habiendo recorrido caminos distintos. Cuando $\delta = 0, 2\pi, 4\pi, \ldots$. La amplitud resultante es un máximo, lo cual implica que las dos ondas se encontraron en fase, es decir, cresta sobre cresta, mientras que $\delta = \pm\pi, \pm 3\pi, \ldots$, tal amplitud es un mínimo, por lo que no están en fase y se encuentran cresta sobre valle.

Sin embargo, la interferencia de ondas no es solamente el resultado de una superposición, para que se produzca un patrón de interferencia estable es necesario que las ondas superpuestas sean coherentes[8], y además, que sus frecuencias sean iguales, pues una diferencia de frecuencias apreciable representa una diferencia de fase dependiente del tiempo que, al variar rápidamente destruye el patrón (Porras, 2014).

La diferencia de fase se da por la diferencia de la longitud de caminos atravesados por las dos ondas, así como una diferencia en el ángulo inicial de fase, por la ecuación (3.4) es posible deducir

$$\alpha_1 = -(kx_1 + \varepsilon_1) \tag{3.11}$$

$$\alpha_2 = -(kx_2 + \varepsilon_2) \tag{3.12}$$

Solucionando [3.10], se obtiene

$$\delta = k(x_1 - x_2) + (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) \tag{3.13}$$

Donde k es el número de onda definido por $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, de este modo

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda}(x_1 - x_2) + (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) \tag{3.14}$$

$x_1\ y\ x_2$ Son las distancias entre las fuentes de las dos ondas al punto de observación y λ es la longitud de onda. Si inicialmente las ondas se encuentran en fase, entonces $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$ y

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda}(x_1 - x_2) \tag{3.15}$$

Esto también se puede aplicar al caso en el cual dos perturbaciones de la misma fuente viajen diferentes rutas antes de llegar al punto de observación. Si $n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_0}{\lambda}$

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} \tag{3.16}$$

[8] La luz es coherente cuando se mantiene la diferencia de fase (espacial o temporalmente), es decir, que sea constante durante un tiempo suficientemente grande como para que el fenómeno sea observado.

Reemplazando en [3.15], se obtiene que

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0}\, n(x_1 - x_2) \tag{3.17}$$

La cantidad $n(x_1 - x_2)$ es conocida como la diferencia de caminos ópticos, la cual se representa por la abreviación OPD o por el símbolo Λ (Porras, 2014). Así

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0}\, \Lambda \tag{3.17}$$

3.2.5 Fenómeno de interferencia

El fenómeno de interferencia se hace evidente cuando dos o más ondas luminosas se superponen en un punto dado. Una consecuencia de esto es que dos ondas viajeras pueden pasar una a través de la otra sin destruirse y siquiera alterarse. Pero si en un mismo instante dos ondas se quisieran propagar en una misma región del espacio pueden presentar dos tipos de interferencia.

En el primer caso, la interferencia constructiva se presenta en el evento en el cual el desplazamiento de dos ondas se encuentran en la misma dirección de tal manera que una cresta se encuentra con una cresta y un valle con otro valle, el resultado es una onda con una amplitud mayor que cualquiera de las ondas individuales. En el segundo caso, la interferencia destructiva se presenta cuando se tienen dos haces con amplitudes iguales pero opuestas, cuando los pulsos se encuentran en la misma posición, el desplazamiento de las ondas es nulo, en este caso, se encuentra una cresta con un valle. Los pulsos continúan su movimiento y retoman su forma original, cabe aclarar que si los pulsos tienen amplitudes diferentes, la interferencia destructiva no es completa (Sears, 2009).

3.2.6 Las láminas delgadas para Young

Young estudió las láminas delgadas trabajando con fuentes puntuales de luz monocromática de la cual elegía dos rayos coherentes y los hacia incidir sobre un vidrio, observando que la parte reflejada de uno en la cara superior del otro y el rayo que se refleja en la cara interna del vidrio infieren. Así pues, Young logró demostrar que a cada punto en el espacio solo llegan parejas que infieren como se ilustra en la figura 3-4.

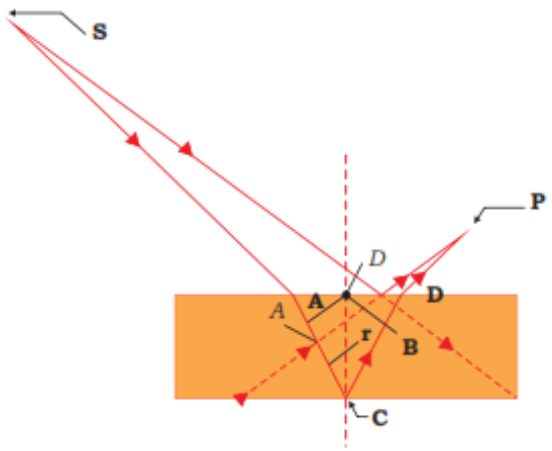


Figura 3- 4 Diferencia de caminos de dos rayos coherentes

La diferencia de caminos de dos rayos coherentes en la figura 3-4 SACBP y SDP es:

$$\Lambda = SACBP - SDP = \boldsymbol{ACB} = 2\boldsymbol{A}C = 2ndcosr \qquad (3.18)$$

Donde d corresponde al espesor de la superficie, n es el índice de refracción de la lámina y r el ángulo de refracción. Si el resultado de la diferencia es un número entero de longitudes de onda se genera interferencia constructiva, si da como resultado un número impar de semilongitudes de onda seria destructiva, para determinado observador es posible visualizarlas si se fija solamente en el punto P.

Young estableció que en el caso de que el espesor d sea cero, así mismo lo será la diferencia de caminos y que al utilizar esta condición (3.19) donde λ corresponde a la longitud de onda de la luz que incide sobre la lámina. Se originaría un máximo.

$$\Lambda = 0 = \mathrm{n}\lambda \qquad (3.19)$$

Esto es improbable porque un espesor igual a cero no puede ejercer alguna acción sobre el comportamiento de la luz, como resultado no existiría reflexión.

Con el fin de corregir esta falencia Young planteó que existía un cambio de fase igual a π en la segunda superficie, cuando hay un cambio de medio del más denso al menos denso de esta manera la ecuación (3.18) quedaría:

$$\Lambda = 2\mathrm{nd}\cos(\mathrm{r}) + \lambda/2 \qquad (3.20)$$

Resultados que Young presentó en 'Chromatics' 1817 (Sotres, 2009).

Las láminas delgadas se utilizan actualmente en recubrimientos anti-reflectantes, espejos y filtros ópticos.

3.2.7 El arco iris supernumerario

La teoría de Newton pronosticaba los colores y los posibles ángulos que formaban los ángulos principales y secundarios; sin embargo, ese modelo newtoniano no contribuía a la explicación de la aparición de las bandas verdes y violetas que se observaban en ocasiones en el arco principal. El trabajo que realizó Young permitió dar una explicación contundente, a este fenómeno, logrando un punto para respaldar su teoría. (Kipnis, 1991)

Sabemos que en una distancia óptima de un rayo al centro de una gota de agua los rayos próximos que son paralelos salen también paralelos. Si se piensan estos rayos como pequeñas partes coherentes de un frente de onda que recorren caminos desiguales y relacionando esto con el tamaño de la gota y los fenómenos de reflexión/refracción se forma interferencia destructiva y constructiva como se muestra en la figura 3-5.

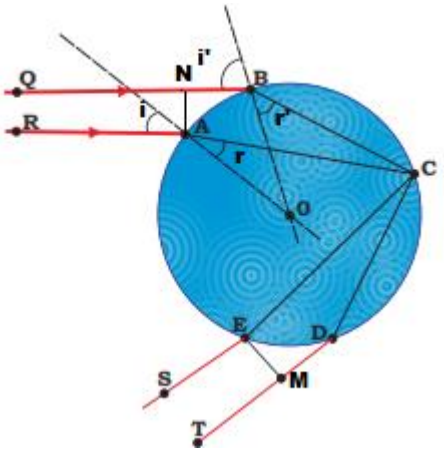


Figura 3- 5 Modelo de interferencia del arco iris supernumerario

La diferencia de caminos en la Figura 3-5 está definida como:

$$\Lambda = n(AC + CE - BC - CD) - DM - BN \qquad (3.21)$$

$$\Lambda = 2(AC - BC)n - 2BN \tag{3.22}$$

$$\Lambda = 2R[n(sr - \cos r') - (\cos i - \cos i')] \tag{3.23}$$

Donde R = Radio de la gota de agua, n= índice de refracción, i, i', r, r' = Ángulos de incidencia y refracción de cada rayo

Young hallaba el tamaño de las gotas haciendo uso de la ecuación cuando conocía el resto de los datos.

3.2.8 La doble rendija

La experiencia de la doble rendija es catalogada como una de las más significativas de la física. En este diseño Young hacia incidir un haz de luz sobre un diafragma circular y colocaba dos agujeros en una cartulina, luego cambio los agujeros por rendijas mejorando la calidad de la señal luminosa. Young describe su experiencia sin expresar ningún desarrollo matemático ni la fuente que utilizó, lo que algunos historiadores de la ciencia interpretan como un experimento mental. (Worral, 1976)

"… *un haz de luz homogéneo incide sobre una pantalla en la que hay dos agujeros o rendijas muy pequeños que pueden ser considerados como centro de divergencia, desde los cuales la luz es difractada en cualquier dirección. En este caso, cuando los recién creados rayos son recibidos por una superficie que los intercepta, su luz es dividida por franjas oscuras en proporciones casi iguales, que se hacen más anchas según la superficie se aleja de la apertura, y también más anchas según las aperturas que se acercan entre sí. La mitad de las dos proporciones es siempre luz, y las franjas brillantes a cada lado están a tales distancias que la luz, llegando a ellas por una de las aperturas, debe haber pasado a través de un espacio más largo del que llega desde el otro intervalo que es igual a la anchura de una, dos o tres de las supuestas ondulaciones, mientras que los espacios oscuros corresponden a la diferencia de una mitad de la supuesta ondulación, una y media, dos y media o más."* (Young, 1802,A)

Aunque en un estudio completo debe incluir el análisis de la difracción, en nuestro caso lo ignoramos por cuestiones de simplicidad didáctica, para abordar un caso ideal donde

se suponen las rendijas lo suficientemente juntas para poder ignorar los efectos de la difracción, la doble rendija funciona de la siguiente manera:

Un diagrama del montaje que realizó Young se puede ver en la Figura (3-6) donde se muestra una rendija S que intercepta el camino de la luz de una fuente puntual de la cual salen ondas coherentes de la misma fase que llegan posteriormente a una segunda barrera con dos rendijas S_1 y S_2.

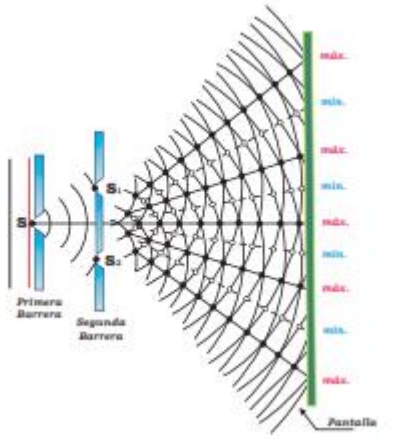


Figura 3- 6 Diagrama del experimento de doble rendija de Young[9]

Las dos rendijas sirven como un par de fuentes de luz coherente que envían dos ondas secundarias que interfieren en una pantalla, produciendo un patrón visible como se muestra en la siguiente figura 3-7.

El análisis es sencillo si se tienen dos ondas senoidales que salen de los puntos S_1 y S_2 que interfieren los puntos R y Q en direcciones casi paralelas. En las zonas de la pantalla R y Q ver Figura (3-7) donde llegan parejas separadas un número entero de longitudes de onda se generan zonas brillantes y si la distancia es un número impar de semilongitudes de onda se anulan en una zona oscura. Las bandas en la zona central se reducen a medida que nos alejamos.

[9] Figura tomada del texto de (Sears, 2009)

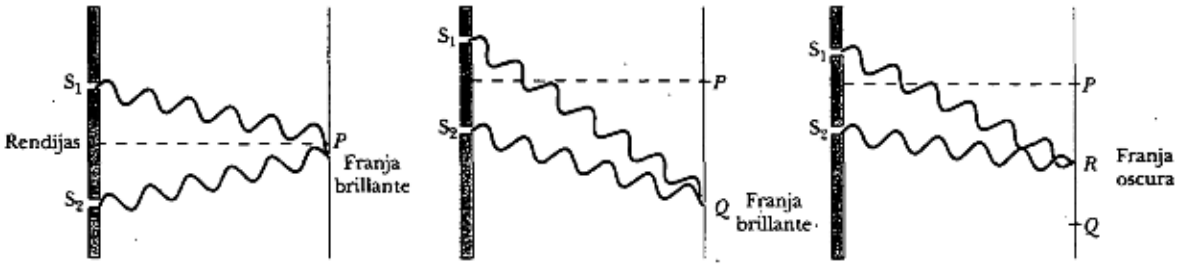


Figura 3- 7 Diagrama de interferencias[10]

En los máximos:

$$S_2 - S_1 = m\lambda = d \sin\theta \qquad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \dots \tag{3.24}$$

En los mínimos:

$$S_2 - S_1 = (2m+1)\lambda/2 = d \sin\theta \qquad m = 0,1, \pm 2, \dots \dots \tag{3.25}$$

Donde m es el número de orden, d corresponde a la distancia de separación entre $S_1\, y\, S_2$ y θ es el ángulo entre una línea de las ranuras a la pantalla y la normal al plano como se muestra en la Figura (3-8).

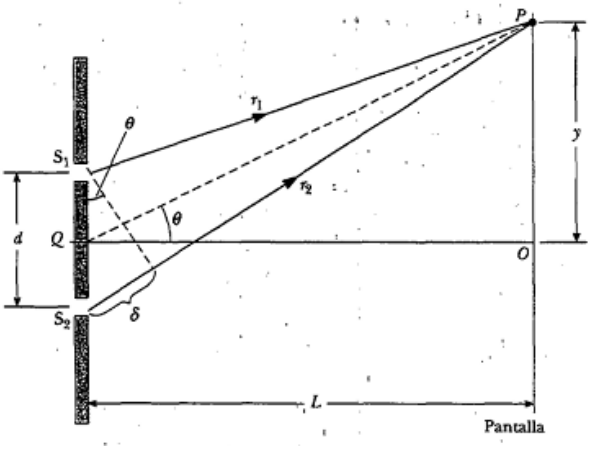


Figura 3-8 construcción geométrica para describir el experimento de la doble rendija[11]

[10] Figura tomada del texto de (Serway, 2000)
[11] Figura tomada del texto de (Serway, 2000)

La ecuación (3.24) corresponde a la interferencia constructiva para dos ranuras y la ecuación (3.25) a la interferencia destructiva, en la figura (3-9) se muestra el patrón de interferencia, en el centro del patrón se puede observar una banda brillante que corresponde a $m = 0$ en la ecuación (3.24)

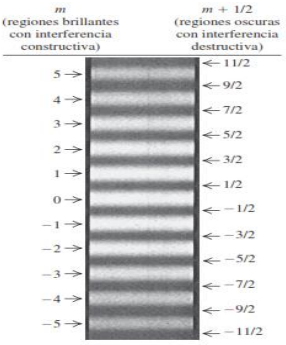


Figura 3- 9 Patrón de franjas formado en una pantalla[12]

Para calcular la posición de los centros de las bandas brillantes en la pantalla que corresponde a la medida desde el centro del patrón y el centro de la m-esíma banda brillante figura (3-9) se utiliza la ecuación (3.26). Donde y_m es la distancia entre el centro del patrón $(\theta = 0)$ y el centro de la i-ésima banda brillante en la figura (3-8), θ_m corresponde al valor de θ y R a la distancia entre las rendijas y la pantalla.

$$y_m = R \tan \theta_m \tag{3.26}$$

En montajes experimentales como este las distancias y_m son muy pequeñas en comparación con la distancia entre las ranuras y la pantalla, como θ es muy pequeño, $\tan \theta_m$ es casi igual a $\sin \theta_m$ entonces la ecuación (3.25) se expresaría:

$$y_m = R\, sin\, \theta_m \tag{3.27}$$

Al combinar la ecuación (3.24) con la (3.27) se encuentra que para ángulos pequeños:

[12] Figura tomada del texto de (Sears, 2009)

$$y_m = R\frac{m\lambda}{d} \tag{3.28}$$

Este experimento es posible medir R y d así como las posiciones y_m proporcionando una medida directa de la longitud de onda λ. (Sears, 2009)

Finalmente, Young reconstruyó la observación visual directa de los máximos y mínimos de una vela con un experimento muy sencillo utilizando material de laboratorio simple como una rendija sencilla y una rendija doble obteniendo resultados significativos.

Capítulo 4: fundamentos metodológicos y la propuesta didáctica aplicada

En este capítulo se realiza una descripción de los fundamentos metodológicos del Aprendizaje Activo de la Física utilizados en el diseño y la aplicación de la propuesta didáctica.

4.1 Fundamentos Metodológicos

4.1.1 Descripción de la *MAA*

La metodología de aprendizaje activo de la física (AAF) es un acumulado de estrategias para la enseñanza de la Física, en donde los estudiantes son guiados con el fin de construir su propio conocimiento, basados en la observación directa del mundo físico (Mora, 2008) esta metodología invita a que los estudiantes realicen predicciones, observaciones, discusiones y síntesis (PODS) (Sokoloff, 2006) con el fin que reporten sus visiones y resoluciones a las situaciones que se les muestran. Esta metodología se basa en el aprendizaje cooperativo que ha demostrado ser muy eficiente en la enseñanza de las ciencias.

4.1.2 Características de la *MAA* en comparación con el aprendizaje pasivo

Haciendo uso de la *MAA* como método de enseñanza los estudiantes tienen la posibilidad de construir conocimiento científico a través de actividades donde la observación del mundo es la autoridad y fuente de conocimiento. Por otra parte, en el aprendizaje pasivo el docente y los libros son las autoridades y fuentes de conocimiento. En la Tabla (4-1) se encuentran las características relevantes sobre la comparación entre el aprendizaje activo y el pasivo.

Aprendizaje pasivo	Aprendizaje activo
Transmitir contenidos	Enseñar a aprender
Formación técnica	Formación integral
El profesor y/o los libros de texto son la autoridad y la única fuente de conocimiento.	El profesor y/o los libros de texto son una guía en el proceso de aprendizaje. La observación del mundo real es la autoridad.
Las concepciones de los estudiantes son raramente analizadas.	El Aprendizaje Activo de la Física permite el cambio conceptual a través del compromiso y la participación.
Las asignaturas son el eje principal del proceso enseñanza-aprendizaje.	El alumno es el centro del proceso enseñanza-aprendizaje.
No existe un cambio conceptual de forma abierta.	Se generan cambios conceptuales cuando los estudiantes confrontan las diferencias entre sus predicciones y lo observado.
Los estudiantes pueden nunca reconocer las diferencias entre sus concepciones y lo que se dijo en clase.	Los estudiantes reconocen las diferencias entre sus ideas previas y lo observado.
El profesor construye el conocimiento del alumno, asume la responsabilidad del aprendizaje.	Los estudiantes construyen su propio conocimiento y asumen la responsabilidad de su aprendizaje.
No es posible el trabajo colaborativo.	El trabajo colaborativo permite realizar el análisis conceptual de forma cuidadosa.
Las lecturas presentan frecuentemente preguntas de física con una pequeña referencia al experimento.	Los resultados experimentales reales son entendibles de forma clara en diversas formas.
El trabajo de laboratorio, es utilizado para confirmar las teorías leídas.	El trabajo de laboratorio de usa para aprender conceptos básicos

Tabla 4-2 Ambientes de aprendizaje pasivo Vs Aprendizaje activo[13]

La *MAA* reta a los estudiantes a comparar las ideas basadas en sus creencias con el resultado de los experimentos. En el caso del aprendizaje pasivo las creencias

[13] Tabla tomada de Y. Benítez †, C. Mora Enseñanza tradicional *vs* aprendizaje activo para alumnos de ingeniería *Rev. Cub. Fís. vol. 27, No. 2A, 2010, p.175-179*

estudiantiles no son directamente desafiadas y el conocimiento se adquiere de forma memorística ya sea haciendo uso de un texto guía o durante el desarrollo de una clase magistral. En resumen, en la *MAA* los estudiantes transforman sus creencias cuando evidencian las diferencias entre estas y sus observaciones; mientras que, en el caso pasivo los estudiantes no evidencian las diferencias entre sus creencias y lo que manifiesta el profesor, como fuente de conocimiento. (Sokoloff, 2006).

Para estas dos metodologías de aprendizaje el docente juega un rol fundamental, siendo éste inverso en cada una de ellas. En la *MAA* el docente es un facilitador y mediador en el proceso de aprendizaje. En otras palabras, el profesor es un guía que incita al aprendizaje colaborativo. En el caso de la metodología de aprendizaje pasivo el docente es el sujeto que se limita a manejar e impartir conocimiento y coarta la colaboración entre los estudiantes.

En la *MAA* se trabaja por medio de momentos.

1. En primera instancia el docente indaga a cerca del conocimiento previo de cada estudiante basado en sus predicciones y creencias (predicción individual), respecto a determinada situación.
2. En un segundo momento los estudiantes realizan predicciones grupales relacionadas con un fenómeno específico.
3. Durante el tercer momento los estudiantes socializan las predicciones grupales. En el cuarto momento el docente y los estudiantes realizan la experiencia demostrativa.
4. En el quinto momento los estudiantes confrontan sus predicciones con los resultados adquiridos en la demostración experimental. Finalmente, se realiza la síntesis y discusión.

En relación al aprendizaje en el caso activo se evidencia la comprensión de fenómenos partiendo de los resultados experimentales de dos tipos de actividades: la primera hace referencia a los laboratorios de aprendizaje activo (*LAA)* y la segunda a las demostraciones interactivas en clase (*DIC)*. (Sokoloff, 2006). En el desarrollo de los LAA los pasos a seguir son:

1. El docente realiza una descripción del experimento y realiza el experimento sin exponer los resultados.
2. Los estudiantes registran sus predicciones individuales en la respectiva hoja de predicciones debidamente marcada, se debe informar a los estudiantes que esta parte no tendrá calificación, aunque una parte de la nota final puede ser asignada por la asistencia.
3. Los estudiantes deben debatir las predicciones individuales con un pequeño grupo entre dos o tres de sus compañeros.
4. El docente registra las predicciones que le resulten más comunes de los grupos formados.
5. Los estudiantes registran las predicciones finales en la hoja de predicciones.
6. El estudiante realiza la demostración donde manifiesta los resultados.
7. Algunos estudiantes describen los resultados y los discuten. Los estudiantes registran estos resultados en la hoja de resultados la cual se pueden llevar con el fin de estudiar.
8. Los estudiantes y el docente discuten situaciones físicas análogas de diferentes características pero que se relacionen con el mismo concepto físico.

Se deben seguir los anteriores pasos en cada uno de los laboratorios de aprendizaje activo.

Así mismo, en la realización de las Clases Interactivas Demostrativas se realizan los siguientes pasos:

1. El docente describe el experimento, lo realiza sin mostrar los resultados del experimento.
2. Los estudiantes deben registrar su predicción individual en la Hoja de Predicciones, la cual será recogida al final de la clase, y donde el estudiante debe poner su nombre. (Se debe asegurar a los estudiantes que estas predicciones no tendrán calificación, aunque una parte de la nota final del curso puede ser asignada por la asistencia a las *DIC*.)
3. Los estudiantes discuten sus predicciones en un pequeño grupo de discusión con 2 o 3 de sus compañeros más cercanos.
4. El docente obtiene las predicciones más comunes de toda la clase.
5. Los estudiantes registran la predicción final en la Hoja de Predicciones.

6. El docente realiza la demostración mostrando claramente los resultados. Se pide a algunos estudiantes que describan los resultados y los discutan en el contexto de la demostración. Los estudiantes registran estos resultados en la Hoja de Resultados, la cual se llevan para estudiar.
7. Los estudiantes y el docente discuten situaciones físicas análogas de diferentes características pero que respondan al mismo concepto físico.

Se sigue este procedimiento para cada una de las demostraciones de la secuencia de *DIC*.

En el caso de la metodología de aprendizaje pasivo, durante la clase, el docente presenta, expone y explica fenómenos físicos sin hacer referencia a los hechos experimentales, si utiliza montajes experimentales en el laboratorio, los usa con el fin de comprobar lo aprendido en el aula de clase. (Sokoloff, 2006).

4.1.3 Porque utilizar la *MAA*

En países como Argentina, Estados Unidos, México y Perú, entre otros, se ha demostrado que el uso de *MAA* mejora el aprendizaje de la física (Dima, Girelli, & Reynoso, 2012) y (Velazquez, 2012). Esta metodología de aprendizaje hace que el estudiante forme su propio conocimiento con base en la observación directa del mundo real. El alumno hace uso de un proceso de predicción, discusión, observación y contrastación de resultados y creencias por medio de la observación. Esto propicia el desarrollo de posturas críticas frente a las diferencias que existen entre las creencias basadas en el sentido común y las leyes basadas en la realidad.

La *MAA* se generó con base en investigaciones relacionadas con la enseñanza de la física. Se evidencio que los sujetos de investigación incrementaron la comprensión de conceptos físicos, representando el proceso científico en la enseñanza de la física y desarrollando un incremento en las capacidades de análisis científico. (Sokoloff, 2006).

4.1.4 Características del diseño de actividades experimentales de aprendizaje activo

Durante el diseño de las actividades experimentales basadas en la *MAA* el docente debe tener en cuenta tres características primordiales que garantizan la efectividad en los diferentes momentos tanto en la planeación como en la aplicación de los *LAA* y/o de las *DIC*. Las características que se deben tener en cuenta son:

1. La práctica diseñada debe estar dirigida a hechos precisos
2. Las guías deben estar dirigidas a evidenciar un resultado coherente con los conceptos que se pretenden construir.
3. Los resultados experimentales deben ser concluyentes para que no den lugar a interpretaciones imprecisas. (Sokoloff, 2006)

La aplicación de *MAA* es efectiva ya que al realizar predicciones los estudiantes tienen la posibilidad de expresar sus creencias previo a la realización de las observaciones de fenómenos que requieren una explicación física. Así mismo, la posible diferencia que existe entre las predicciones planteadas y los resultados experimentales originan oportunidades reales de aprendizaje. De igual forma, el proceso de predicción-discusión incentiva al estudiante para descubrir los resultados al final de la demostración experimental y el conocimiento científico se edifica partiendo de las observaciones de los fenómenos lo que aporta al desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes.

4.2 El diseño didáctico

La propuesta de trabajo aplicada con los estudiantes se diseñó tomando como base tres ejes fundamentales presentados a continuación.

4.2.1 Ejes centrales de la propuesta

1. *Los conocimientos previos:* las ideas previas de los estudiantes cumplen un papel central en el diseño de estrategias didácticas. De este modo, en la parte inicial de la presente propuesta, se aplicó un conjunto de preguntas cerradas a manera de test (Anexo B) y se utilizó los resultados consignados en las hojas de predicciones de los LAA

(Anexos C, D), con el propósito de indagar sobre la idea de interferencia que tenían los estudiantes.

2. *El experimento y el aprendizaje de la física*: Por las características de los fenómenos físicos, resulta de gran utilidad para el profesor que diseña estrategias didácticas basadas en la *MAA*, el uso del experimento. Para la presente propuesta se diseñaron *LAA* (Anexo C, D) sobre el fenómeno de interferencia con el fin de generar una herramienta para la comprensión del mismo.

3. *Trabajo colaborativo y Socialización:* la interacción entre los alumnos y el maestro, permite evidenciar las ideas y los conceptos que se tienen o se construyen en la aplicación de actividades; Para el desarrollo de esta propuesta, cada fase tenía un espacio de socialización que sirvió para identificar y analizar las ideas previas de los estudiantes y las que se construyeron en el proceso de aplicación de la propuesta.

4.3 Descripción de la aplicación de la propuesta

La propuesta se aplicó en 3 fases las cuales hacen referencia a una serie de actividades desarrolladas con los profesores y estudiantes Tabla (4-2). A continuación se presenta una síntesis de las fases desarrolladas y las actividades realizadas con los profesores y estudiantes.

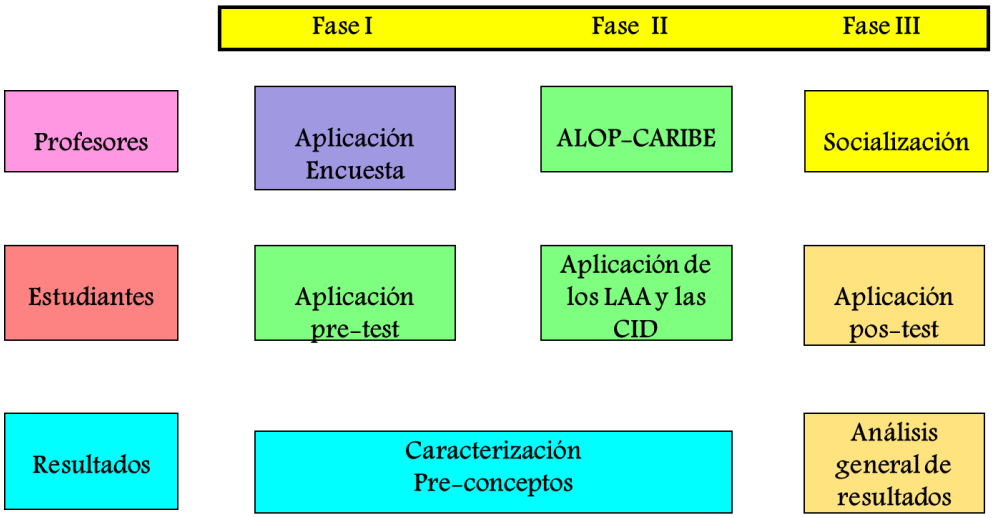


Tabla 4-2 Fases de la Aplicación de la Propuesta Didáctica

4.3.1 Fase 1: Aplicación de encuesta a profesores y test diagnostico a estudiantes

Objetivos:

1. Caracterizar los profesores de física y contextualizar el proceso de enseñanza de la física, específicamente de la óptica, e identificar porque el fenómeno de interferencia entre ondas no se desarrolla en un curso típico de física en grado once en la educación media en la isla de San Andrés.

2. Identificar las ideas previas de los estudiantes de último grado de secundaria de la isla de san Andrés en torno al fenómeno de interferencia de la luz.

Acciones del profesor y los estudiantes:

Se aplica la encuesta a profesores de física de grado once de la isla de San Andrés y se inscriben al ALOP-CARIBE.

Se realiza la aplicación del test (Anexo B) a los estudiantes en compañía del profesor del curso sobre el tema de interferencia de la luz.

Resultados:

El campo conceptual de la óptica ondulatoria constituye un área de conocimientos básicos en la formación científica de los estudiantes de educación media, que presenta dificultades en el aprendizaje. Durante la fase 1 y 2 de la aplicación de la propuesta didáctica se identificó que los estudiantes presentaban dificultades a la hora de resolver situaciones problemáticas referidas a sistemas experimentales sobre fenómenos de interferencia. Así mismo, se identificó que:

1. Se presenta una Inadecuada comprensión y falta de discriminación de las características más relevantes del modelo ondulatorio.
2. Los alumnos resuelven las situaciones problemáticas mezclando elementos del modelo ondulatorio y corpuscular.

3. Desconocimiento en el uso del lenguaje científico, lo que produce una incorrecta selección de la representación adecuada para la resolución de los problemas y exposición argumentativa.
4. Dificultad para establecer vínculos y analogías entre distintos sistemas físicos que permiten la observación de patrones de franjas de interferencia.
5. Falta de claridad para interpretar patrones de intensidad obtenidos experimentalmente a esquemas gráficos.

4.3.2 Fase 2: Aplicación de los *LAA*

Objetivos:

1. Aplicar los *LAA* diseñados sobre el fenómeno de interferencia de la luz (Anexo C, D) con los estudiantes de último año en la escuela secundaria del programa ondas San Andrés.

2. Lograr que los estudiantes obtengan una claridad conceptual evidenciable del fenómeno de interferencia de la luz.

Acciones del maestro y de los estudiantes:

Acompañados del profesor del curso se aplicaron los *LAA* Interferencia en películas delgadas (Anexo, C) y La doble rendija (Anexo, D) basados en las características del diseño de actividades experimentales de aprendizaje activo y siguiendo los lineamientos metodológicos que se plantearon anteriormente respecto a los pasos a seguir en el desarrollo de los *LAA* y las *CID*.

Las concepciones de los estudiantes

En el desarrollo de las actividades los estudiantes expresaron sus predicciones sobre las actividades experimentales y las respuestas a las preguntas planteadas en los talleres. Del mismo modo, escribieron las conclusiones grupales luego de cada discusión.

La presentación de estos resultados puede ser interpretada como la caracterización de una determinada población: los estudiantes de último año de secundaria del programa ondas de Colciencias en la isla de San Andrés.

4.3.3 Fase 3: Aplicación del test evaluativo

Objetivos:

1. Aplicar el test evaluativo (Anexo B).

2. Obtener información sobre la comprensión de los estudiantes sobre del fenómeno de interferencia de la luz después de la aplicación de la propuesta didáctica.

Acciones del maestro y de los estudiantes:

En compañía del profesor del curso se aplicó a los estudiantes el test evaluativo (Anexo, B). Los resultados de la aplicación de la propuesta didáctica se analizan en el siguiente capítulo.

Capítulo 5 Resultados y análisis

Se aplicó una prueba diagnóstica pre-test para la recolección de datos sobre ideas previas en torno al fenómeno de interferencia (Anexo B) a un grupo de 30 estudiantes, posteriormente se trabajó la propuesta planteada con un grupo piloto (*GP*) de 15 estudiantes y de otra parte se desarrolló el tema de interferencia de ondas de la forma convencional con el resto de los estudiantes o grupo control (*GC*), finalmente se aplicó la misma prueba evaluativa post test a todos los estudiantes a los que recibieron la orientación con *MAA* y a los que recibieron la orientación en la forma tradicional. Posteriormente para realizar el análisis de los datos se trabaja con una muestra representativa de preguntas y se les calculó la ganancia normalizada de Hake (Hake, 1998) Y el factor de concentración de Bao (Bao & Redish, 2001), finalmente se analizan los resultados teniendo como referencia las medidas estadísticas obtenidas.

5.1 Resultados pre y post test

Los resultados del pre-test y post-test del grupo piloto y control se presentan en la Tabla (5-1) donde se puede observar la variación en el puntaje de cada estudiante, para el grupo piloto *GP* los resultados se representan en la Figura (5-1)

Estudiante #	PRE-TEST	POST-TEST	GRUPO	G.Hake
1	36	84	GP	0,75
2	40	60	GP	0,33
3	36	84	GP	0,75
4	33	52	GP	0,28
5	33	60	GP	0,4
6	36	60	GP	0,38
7	36	43	GP	0,11
8	21	58	GP	0,47
9	21	60	GP	0,49

10	36	70	GP	0,53
11	36	60	GP	0,38
12	20	76	GP	0,7
13	26	70	GP	0,59
14	29	80	GP	0,72
15	20	70	GP	0,63
16	29	50	GC	0,3
17	29	84	GC	0,77
18	29	90	GC	0,86
19	29	30	GC	0,01
20	29	25	GC	-0,1
21	29	20	GC	-0,1
22	29	33	GC	0,06
23	21	32	GC	0,14
24	21	30	GC	0,11
25	21	32	GC	0,14
26	21	30	GC	0,11
27	21	23	GC	0,03
28	21	20	GC	-0
29	14	21	GC	0,08
30	14	21	GC	0,08

Tabla 5-1 resultados pre y post-test del grupo piloto y control.

En la Figura (5-1) se muestra la variación en el puntaje del pre y el post test de los 15 estudiantes del *GP* que corresponde al grupo con el cual se realizó la intervención, los cuales pertenecen al último grado de secundaria del programa ondas de Colciencias en la isla de San Andrés, en la gráfica se observa que todos los estudiantes del *GP* lograron mejorar los resultados respecto al pre-test luego de la intervención.

Se observa que casi todos los estudiante lograron mejorar los resultados respecto al pre-test de una forma significativa, solo el estudiante 7 presento una pequeña evolución respectó al resultado del pre-test.

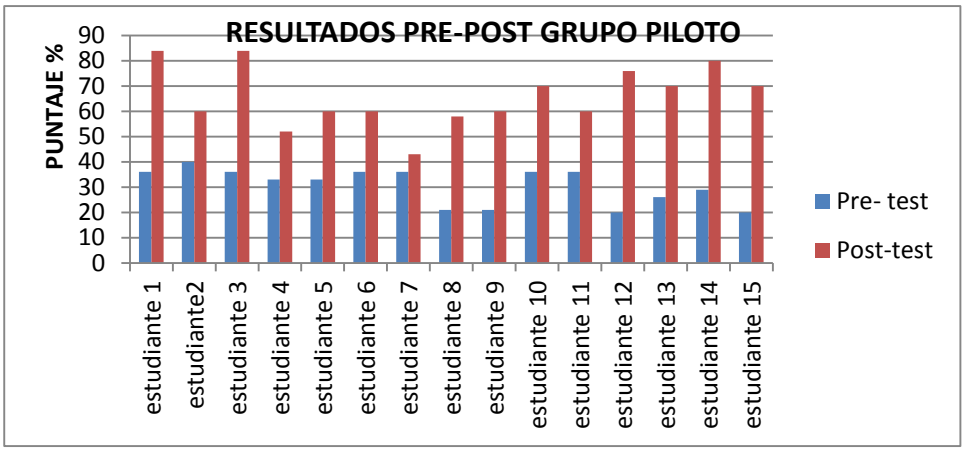


Figura 5-1 Resultados pre y post-test Grupo Piloto.

Los resultados del pre-test y post-test Tabla (5-1), para el grupo control *GC* se representan en la Figura (5-2).

En la Figura (5-2) se muestra la variación en el puntaje del pre y el post test de los estudiantes del *GC*, los estudiantes 16,17 y 18 lograron mejorar los resultados respecto al pre-test mientras que los estudiantes 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27,29 y 30 mejoraron solo un pequeño porcentaje no apreciable y el 20,21 bajaron su rendimiento.

Al comparar los datos obtenidos de la Tabla (5-1) y las Figuras (5-1) y (5-2) se concluye que en general el *GP* logro mejorar los resultados iniciales aplicando el *AAF* basado en el aprendizaje colaborativo, los estudiantes 18 y 17 del *GC* lograron incrementar el porcentaje de la prueba inicial haciendo uso de una metodología pasiva y el resto de los integrantes de este grupo no presentaron una evolución relevante.

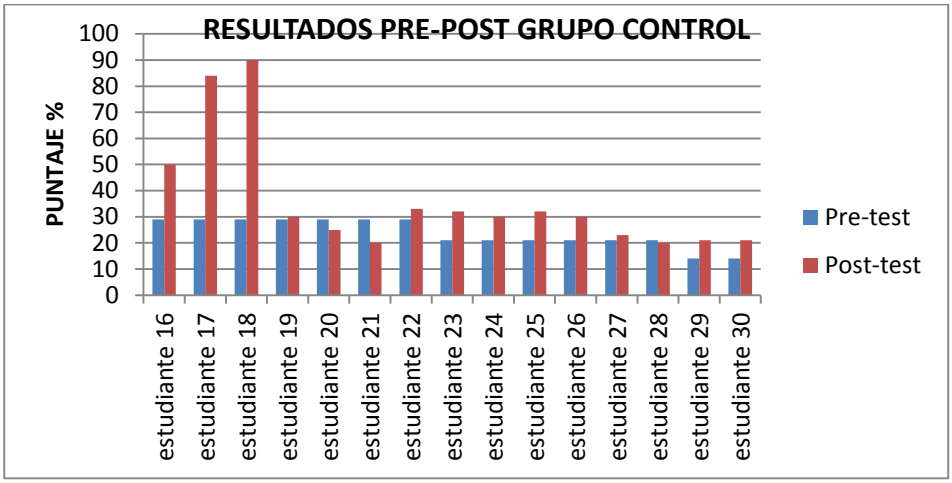


Figura 5-2 Resultados pre y post-test Grupo Control

5.2 Ganancia de Hake

Para medir la ganancia conceptual en la aplicación de la propuesta se confrontan los resultados entre el pre y el post-test se valoran los datos con la ganancia normalizada propuesta por Hake (Hake, 1998) esta brinda la posibilidad de medir y comparar resultados de la ganancia conceptual entre dos grupos uno donde se aplicó el aprendizaje pasivo y el otro con metodologías de aprendizaje activo.

La ganancia normalizada $< g >$ se define como la razón del aumento del pre-test y el post-test respecto al valor máximo posible:

$$<g>= \frac{\%<S_f>-\%<S_i>}{100-\%<S_i>} \tag{5.1}$$

Entonces <*g*> es una comparación entre la ganancia y la ganancia máxima obtenida, siendo $< S_f > y < S_i >$ los resultados iniciales y finales de respuestas correctas en el pre-test y el post-test respectivamente.

La máxima ganancia posible se calcula con la expresión

$$g_{max} = 100 - S_i \tag{5.2}$$

Para calcular la ganancia por estudiante que se encuentra en la Tabla(5-1) se utilizó la ecuación (5.1) se puede observar que en el *GP* se tienen valores más grandes respecto al *GC*.

El promedio de la ganancia normalizada $< \bar{g} >$ se calcula hallando la ganancia de cada alumno y se realiza el promedio:

$$< \bar{g} >= \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} g_i \tag{5.3}$$

Donde n es el número de estudiantes con los cuales se aplican el pre y post-test se obtienen así el valor de la ganancia normalizada promedio del grupo.

La ganancia normalizada de la Ecuación (5.3) permite confrontar el resultado de la aplicación de la estrategia planteada categorizando los datos obtenidos de la población en zonas de ganancia normalizada baja, media y alta como se muestra en la Tabla (5-2), sin importar el estado inicial de comprensión de la población.

Zona	Intervalo
Baja	(g<0,3)
Media	(0,3<g<0,7)
Alta	(g>0.7)

Tabla 5-3 Zonas de ganancia

Teniendo en cuenta los resultados individuales de la <*g*> que se encuentran en la Tabla (5-1) y utilizando la Ecuación (5.3) la $< \bar{g} >$ para el *GP* fue de 0,500697 con una desviación de 0,19 y para el *GC* de 0,166579 con una desviación de 0,28, lo que indica una evolución en el aprendizaje desde el estado inicial del *GP* hasta su estado final luego de la intervención.

Según la Tabla (5-2) y los valores de $< \bar{g} >$ calculados se concluye que al finalizar la intervención el *GP* se encuentra en una zona de ganancia media en el intervalo de (0,3<g<0,7) y el *GC* en una zona de ganancia baja en un intervalo de (g<0,3), la ganancia se calculó por cada grupo con el fin de comparar los resultados ya que cada uno presenta una metodología de enseñanza distinta, los resultados indicaron una mayor efectividad de

la propuesta aplicada con la población intervenida *GP* en relación con el aprendizaje pasivo presentando coherencia con las gráficas y los datos mostrados.

5.3 Factor de concentración

Bao y Redish (2001) plantean un análisis cuantitativo de las respuestas de los estudiantes en las preguntas, proponen el cálculo del factor de concentración c que consiste en una función de las respuestas de los estudiantes a una pregunta tomando un valor en un intervalo de [0,1] y está dado por la siguiente ecuación:

$$c = \frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m}-1}\left(\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} n_i^2}}{N} - \frac{1}{\sqrt{m}}\right) \tag{5.4}$$

En la Ecuación (5.4) m es el número de opciones de respuesta para una pregunta, N representa el número de estudiantes y n_i corresponde al número de estudiantes que escogieron una respuesta a la pregunta. Las distribuciones de respuestas correctas para cada pregunta muestran los modelos conceptuales de la población intervenida que se muestran en la Figura (5-3).

Bao clasifica el factor de concentración como se muestra en la Tabla (5-3) podemos observar que sí $c = 0$ se tendría a una selección al azar de respuestas o una discrepancia sin lectura, $c = 1$ significa que todos los estudiantes seleccionaron la misma respuesta y $c = 0.5$ corresponde a una alta concentración en la elección de la respuesta, si el factor de concentración c se encuentra entre 0,2-0,5 significa que la población intervenida tiene dos modelos de selección y un resultado de c por debajo de 0,2 indica que la población tiene un modelo de tendencia al azar en sus respuestas como se puede observar en la Figura (5-3).

Puntaje	Concentración	Nivel
0.0-0.4	0.0-0.2	Bajo
0.4-0.7	0.2-0.5	Medio
0.7-1.0	0.5-1.0	Alto

Tabla 5-4 Niveles de discrepancia

Para medir el comportamiento que presenta una población determinada en la aplicación de un test evaluativo, es posible establecer un patrón para identificar el nivel de discrepancia, al graficar el Puntaje/Score y el factor de concentración se pueden establecer 5 patrones de discrepancia o modelos conceptuales de la población como se muestra en la Figura (5-3). La combinación de puntaje/score y el factor de concentración, establecen patrones que permiten definir lo correcto del modelo, los niveles de compromiso y muestras de aleatoriedad del estudiante y el grupo en general como se muestra en la Figura (5-3).

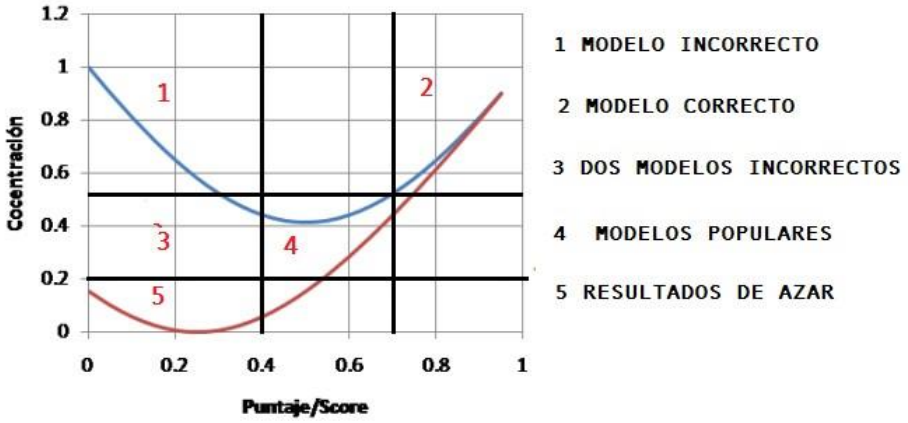
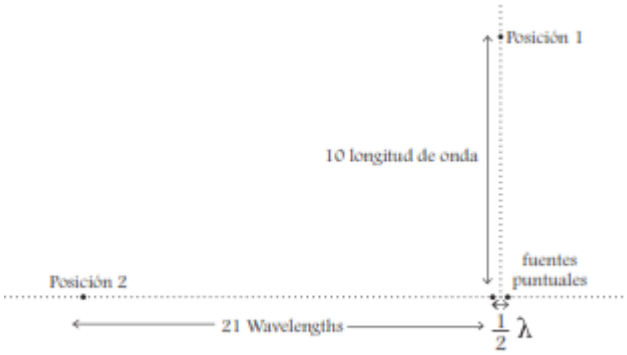


Figura 5-3 Ubicación de modelos según concentración y puntaje

Con la información que se obtiene de la concentración aplicando la Ecuación (5.4) y del puntaje del pre y pos-test de la Tabla (5-1), se construyen las gráficas (*S-C*), que son posibles de analizar de acuerdo con la Figura (5-3). El Score (*S*) está dado por el número de estudiantes que respondieron bien a una pregunta, sobre el número de estudiantes del *GP*.

Para la realización de la Figura (5-4) *S-C*, tomamos 5 preguntas (7, 8, 9, 10 y 11) de selección múltiple que se presentan en el pre-test Anexo (C) las cuales evalúan el cambio conceptual sobre las interferencias luminosas, que se presentan a continuación.

Si dos fuentes monocromáticas y coherentes entre si están separadas una distancia de ½ longitud de onda como se muestra en la figura que sigue. Todas las distancias en la figura se miden desde el punto exactamente equidistante de las dos fuentes



7. Cuando las ondas provenientes desde las dos fuentes puntuales llegan a la posición 1, ubicada exactamente encima del punto medio entre ambas fuentes, podemos decir que esas ondas están :

   a. exactamente en fase
   b. exactamente fuera de fase
   c. ni en fase ni fuera de fase entre ellas
   d. no hay suficiente información

8. La posición 1 corresponde a un punto de

   a. interferencia completamente constructiva
   b. interferencia completamente destructiva
   c. la interferencia no es constructiva ni destructiva
   d. No hay suficiente información

9. Cuando las ondas provenientes de las dos fuentes puntuales llegan a la posición 2, podemos que estas ondas están :
   a. Exactamente en fase
   b. Exactamente fuera de fase

c. Ni en fase ni fuera de fase entre ellas
d. No hay suficiente información

10. La posición 2 corresponde a un punto de :

a. interferencia completamente constructiva
b. interferencia completamente destructiva
c. la interferencia no es constructiva ni destructiva
d. No hay suficiente información

En la Figura (5-4) se puede observar que para la pregunta 7 el punto de intersección se encuentra en una zona de bajo puntaje y alta concentración según la gráfica 3 corresponde a un modelo incorrecto, para las preguntas 8 y 9 se obtiene un nivel de discrepancia bajo, para las preguntas 10 y 11 se obtiene una intersección en la zona de alto puntaje y baja concentración según la Figura (5-4) representan resultados al azar y modelos populares.

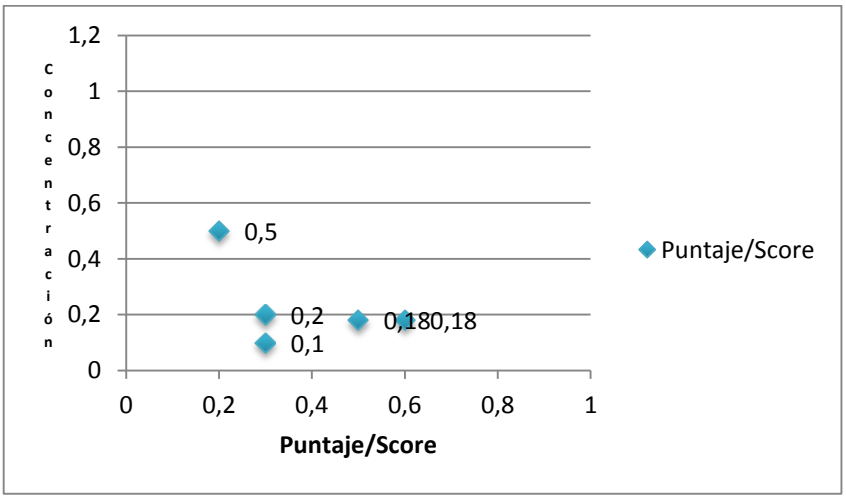


Figura 5-4 Gráfica S-C pre-test Grupo Piloto

Para la realización de la Figura S-C (5-5), tomamos las 5 preguntas (7, 8, 9, 10 y 11) de selección múltiple que se presentaban en el post-test.

La Figura S-C (5-5) nos permite visualizar la evolución en el aprendizaje de los estudiantes del *GP* en la intervención pedagógica, se puede observar que para la pregunta 7 el punto de intersección se encuentra en un nivel de discrepancia medio, la Figura S-C (5-5) muestra que corresponde a un modelo incorrecto, la pregunta 8 tiene una intersección en una zona de puntaje medio y alta concentración lo que corresponde a un modelo incorrecto, para las preguntas 9 y 10 se obtienen intersecciones en zonas de alto puntaje y alta concentración lo cual representan modelos correctos, en la pregunta 11 se obtiene un nivel de discrepancia bajo, para las preguntas 10 y 11 se obtiene una intersección en la zona de alto puntaje y concentración media lo que indica un modelo popular.

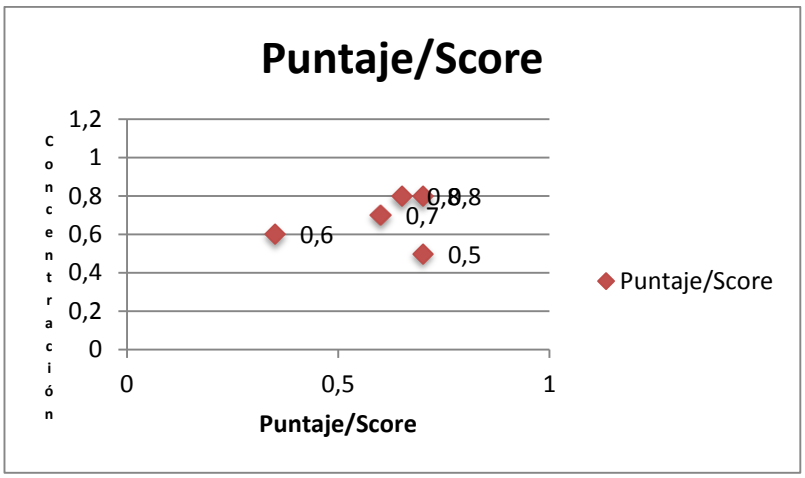


Figura 5-5 Gráfica pos-test Grupo Piloto

Al comparar las Figuras S-C (5-4) y (5-5) se observa cómo, después de implementar la propuesta, aumentó en todas las preguntas el Puntaje/Score y el índice de concentración alrededor de las respuestas correctas, lo que indica un buen resultado partiendo de la cantidad de estudiantes que pertenecen al *GP*.

Por otro lado, los datos numéricos del pre y post-test indicaron que al finalizar la intervención, un 80% de los estudiantes del *GP* asimilaron el fenómeno de interferencia de la luz. Los análisis de las preguntas de los *LAA* y de las entrevistas que se realizaron, mostraron que el 70% de los estudiantes reconocieron el principio de superposición, un 70 % obtuvieron una alta ganancia y un 30% obtuvieron una asimilación parcial del fenómeno de inferencia de la luz.

Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Entrevistarse y aplicar la encuesta no estructurada a los docentes de física de último año de educación secundaria de la Isla de San Andrés permitió adquirir la información necesaria para identificar que el problema en la enseñanza de la física radica en la falta de profesores del área con una formación académica y complementaria apropiada, al desconocimiento de estrategias didácticas para la planeación de sus clases y al poco tiempo disponible para dictar la materia.

En general, el 90% de los docentes manifestaron que al final del proceso los estudiantes culminan el curso presentando falta de claridad conceptual evidenciable en temas como las interferencias luminosas, difracción, el concepto de onda y polarización entre otros; temas relevantes en el estudio de la óptica.

Para el desarrollo de la propuesta sobre la enseñanza del concepto de interferencia óptica utilizando la *MAA* se implementaron guías de trabajo centradas en la indagación de los preconceptos, discusión y socialización de los mismos, experimentación por parte de los estudiantes y el docente, y confrontación de la evidencia experimental con las predicciones realizadas inicialmente por los estudiantes, para que finalmente, fuese el mismo estudiante quien explicara el fenómeno de interferencia óptica y construyera los conceptos.

En este trabajo se consiguió mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje del fenómeno de interferencia de la luz, implementando experiencias didácticas que le permitieron a los

estudiantes-participantes del proyecto “Ondas San Andrés” la asimilación conceptual de este fenómeno y la reconstrucción de la teoría partiendo del análisis experimental e histórico y los rangos de validez de las leyes, utilizando como eje metodológico el *AAF*.

El análisis de los datos realizado con la ganancia de Hake concluyo que el *GP* se encontró en una zona de ganancia media lo que indica que la aplicación de la propuesta fue efectiva respecto a los resultados del *GC,* obteniendo mejores resultados en la aplicación de la propuesta respecto a la intervención del aprendizaje pasivo, estableciendo que la metodología utilizada basada en el aprendizaje cooperativo fue eficiente en la enseñanza del concepto de interferencia óptica.

El índice de concentración de Bao proporcionó un análisis cuantitativo de las respuestas de los estudiantes del *GP* a las preguntas permitiendo concluir que los niveles de discrepancia de las respuestas del pre-test se encontraban en un nivel bajo, al realizar la gráfica de Puntaje/Score y Concentración se encontró que el general de las respuestas a las 5 preguntas escogidas del pre-test se presentaban en modelos incorrectos, resultados al azar y modelos populares. Mientras que para los resultados del post-test las respuestas de las preguntas estuvieron en un nivel de discrepancia medio y alto, al realizar la gráfica de *S-C* se encontró que las respuestas a las preguntas del post-test se presentaban en modelos incorrectos, correctos y modelos populares, los datos y las gráficas *S-C* permitieron ilustrar la evolución en el aprendizaje del concepto de interferencia óptica al pasar los datos de zonas de modelos incorrectos y resultados de azar a modelos correctos. Finalmente se puede observar que después de implementar la propuesta el Puntaje /Score y la Concentración aumentó en todas las preguntas alrededor de las respuestas correctas, lo que indica la efectividad de la propuesta aplicada.

Durante la aplicación de la propuesta se observó que el aprendizaje activo de la física no es la mejor metodología para todos los estudiantes. Algunos se confunden ante los pasos que se plantean en el desarrollo de las *CID* y *LAA* debido a que se encuentran acostumbrados a un aprendizaje pasivo. Les cuesta diferenciar las reflexiones con sentido físico de las que no lo tienen. El hecho de que el aprendizaje activo no sea la mejor estrategia para cada uno de los estudiantes no significa que el aprendizaje pasivo sea una estrategia efectiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Vale la pena revisar las investigaciones sobre la enseñanza de la física basadas en análisis cualitativos donde se

adoptan otros lineamientos didácticos que integran otras teorías donde la conceptualización se estudia desde otras perspectivas como la Teoría de los Campos Conceptuales, la Teoría del Aprendizaje Significativo y se incluya el estudio de las emociones, el descubrimiento y el esfuerzo cognitivo con el fin de complementar el análisis del desarrollo de este trabajo.

Dada la situación actual sobre las restricciones de entrada de nuevos docentes a la Isla y la desactualización de los existentes, la sola implementación de la propuesta didáctica ya generó un impacto positivo en la enseñanza de la física en la isla, debido a que los docentes conocieron una estrategia didáctica para implementar en sus clases y los estudiantes evidenciaron la comprensión del fenómeno de interferencia de la luz.

Los resultados de este trabajo fueron expuestos en el VIII Congreso Internacional Didácticas de las Ciencias y XIII Taller Internacional sobre Enseñanza de la Física 2014 realizado en el Palacio de Convenciones de la Habana Cuba y fue aceptado como ponencia en el XXI Congreso Internacional sobre Educación y Aprendizaje 2014 en Nueva York.

6.2 Recomendaciones

Para aplicar esta propuesta en otro contexto se recomienda que el material sea re-evaluado debido a que este trabajo se planeó y desarrollo teniendo en cuenta que la población con la que se trabajó posee ciertas características demográficas, educativas, culturales y sociales, se aconseja realizar un estudio previo de la población a intervenir ya que cada población tiene necesidades e intereses distintos.

A. Anexo: Encuesta que permite identificar porque el fenómeno de interferencia entre ondas no se desarrolla en un curso típico de física en grado once

FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRIA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

"Aprendizaje Activo aplicado a la enseñanza del fenómeno óptico de interferencia de la luz en el marco del proyecto Ondas de Colciencias en la Isla de San Andrés."

Nombre: _____

Apellidos: _____

Edad: _____

Tiempo en años de servicio como docente: _____

Tiempo de servicio como docente en física: _____

Correo electrónico: _____

I. Formación Académica

	Titulo	Institución Universitaria	Año
Pregrado			
Postgrado			
Maestría			
Doctorado			

II. Formación Complementaria

Relacione los estudios complementarios a su formación disciplinar, como talleres, cursos de corta duración, seminarios, congresos o participaciones en actividades académicas que considere que se deben resaltar.

Evento	Año	Tema	Aproximado en horas

III. Aspectos relacionados con la enseñanza de la física

Metodología

1. Considera relevante el uso y conocimiento de los estándares curriculares en ciencias dados por MEN para la realización y ejecución de sus clases

Poco 1 2 3 4 5 Mucho

2. Para realizar su clase usted utiliza

- ☐ Texto guía
- ☐ Conocimientos propios
- ☐ Unidades didácticas realizadas por otras personas
- ☐ Unidades didácticas realizadas por usted mismo
- ☐ Talleres

3. En sus clases lo importante es

- Enseñar conceptos Física.

  Poco 1 2 3 4 5 Mucho

- Desarrollar destrezas investigativas.

  Poco 1 2 3 4 5 Mucho

- Desarrollar habilidades experimentales.

  Poco 1 2 3 4 5 Mucho

- Fomentar el trabajo en grupo.

  Poco 1 2 3 4 5 Mucho

- Diseñar actividades basadas en metodologías innovadoras de aprendizaje de las ciencias.

  Poco 1 2 3 4 5 Mucho

- Aplicar el método científico.

  Poco 1 2 3 4 5 Mucho

4. Las estrategias de organización de la clase le resultan más efectivas en la motivación de sus estudiantes son

- Exposiciones magistrales con espacios para la solución de problemas

  Poco 1 2 3 4 5 Mucho

- Desarrollo de actividades o talleres planteados en los textos de física para este nivel

  Poco 1 2 3 4 5 Mucho

- Relatar historias de científicos

  Poco 1 2 3 4 5 Mucho

- Desarrollo de prácticas de experimentales.

  Poco 1 2 3 4 5 Mucho

- Dedica tiempo a explicarles a sus estudiantes cómo y dónde se hace ciencia

Poco 1 2 3 4 5 Mucho

- Dedica tiempo para conversar sobre la historia de los científicos

Poco 1 2 3 4 5 Mucho

Currículo

5. En el currículo de física de su institución para el grado once, aparecen como bloques temáticos

- ☐ Cinemática
- ☐ Dinámica
- ☐ Estática
- ☐ Electricidad
- ☐ Magnetismo
- ☐ Óptica
- ☐ Ondas
- ☐ Termodinámica
- ☐ Relatividad
- ☐ Física cuántica

6. Aun cuando no aparecen el currículo de física de su institución para el grado once, usted considera que se deben incluir los siguientes bloques temáticos

- ☐ Cinemática
- ☐ Dinámica
- ☐ Estática
- ☐ Acústica
- ☐ Electricidad
- ☐ Magnetismo
- ☐ Óptica
- ☐ Termodinámica
- ☐ Relatividad
- ☐ Física cuántica

7. Respecto a lo que establece el currículo en su institución, para el área de física de grado once, en lo referente a la óptica, están incluidos los siguientes temas

- ☐ Ondas estacionarias
- ☐ Concepto de onda
- ☐ Óptica geométrica
- ☐ Lentes y óptica del ojo
- ☐ Visión del color
- ☐ La luz como onda electromagnética
- ☐ Comprensión del arco-iris
- ☐ Dispersión en prismas
- ☐ Dispersión de la luz

- ☐ Interferencia y difracción
- ☐ Efecto fotoeléctrico
- ☐ Interferencias luminosas
- ☐ Interferencias cromáticas
- ☐ Naturaleza del color
- ☐ Ondas coherentes
- ☐ Transmisión óptica de datos
- ☐ Polarización
- ☐ Polarización de la luz
- ☐ Velocidad de la luz
- ☐ Holografía
- ☐ Óptica atmosférica

IV. Referente a la óptica

8. De los anteriores temas que no están contemplados en el currículo de física de su institución educativa, cuales considera que deben ser incluidos.

- ☐ Ondas estacionarias
- ☐ Concepto de onda
- ☐ Óptica geométrica
- ☐ Lentes y óptica del ojo
- ☐ Visión del color
- ☐ La luz como onda electromagnética
- ☐ Comprensión del arco-iris
- ☐ Dispersión en prismas
- ☐ Dispersión de la luz
- ☐ Interferencia y difracción
- ☐ Efecto fotoeléctrico
- ☐ Interferencias luminosas
- ☐ Interferencias cromáticas
- ☐ Naturaleza del color
- ☐ Ondas coherentes
- ☐ Polarización
- ☐ Polarización de la luz
- ☐ Velocidad de la luz
- ☐ Holografía
- ☐ Óptica atmosférica
- ☐ Transmisión óptica de datos

9. De los experimentos relacionados con la óptica usted recuerda

- ☐ El experimento de la doble rendija de Young
- ☐ El prisma de Newton
- ☐ Percepción del experimento de Caída Libre
- ☐ Anillos de Newton
- ☐ Experimento del bosón de Higgs

10. Bajo el supuesto de que la física debería enseñarse desde la experimentación y a su institución se le solicitara realizar algunos de los anteriormente mencionados, tendría como fortalezas o limitaciones

- Laboratorios

Debilidad 1 2 3 4 5 fortaleza

- Tiempo

Debilidad 1 2 3 4 5 fortaleza

- Presupuesto

Debilidad 1 2 3 4 5 fortaleza

- Dominio conceptual

Debilidad 1 2 3 4 5 fortaleza

- Conocimiento sobre estrategias metodológicas para abordar el tema

Debilidad 1 2 3 4 5 fortaleza

11. Considera que el dominio del bloque temático de óptica, en su formación pedagógica y disciplinar es fuerte desde una perspectiva

- ☐ Histórica
- ☐ Epistemológica
- ☐ Conceptual
- ☐ Didáctica
- ☐ Experimental

12. De los siguientes temas de óptica, indique en cuales tiene mejor dominio disciplinar

- ☐ Polarización de la luz
- ☐ Interferencias luminosas
- ☐ Difracción
- ☐ La visión y sus defectos
- ☐ Concepto de onda
- ☐ Ondas estacionarias

- ☐ Redes de difracción
- ☐ Naturaleza y visión del color
- ☐ Espectro electromagnético
- ☐ Efecto fotoeléctrico
- ☐ Ondas coherentes
- ☐ Velocidad de la luz
- ☐ Óptica atmosférica
- ☐ La luz como onda electromagnética
- ☐ Dispersión en prismas

13. De los siguientes temas de óptica, indique en cuales sus estudiantes tienen mejor dominio disciplinar

- ☐ Polarización de la luz
- ☐ Interferencias luminosas
- ☐ Difracción
- ☐ La visión y sus defectos
- ☐ Concepto de onda
- ☐ Ondas estacionarias
- ☐ Redes de difracción
- ☐ Naturaleza y visión del color
- ☐ Espectro electromagnético
- ☐ Efecto fotoeléctrico
- ☐ Ondas coherentes
- ☐ Velocidad de la luz
- ☐ Óptica atmosférica
- ☐ La luz como onda electromagnética
- ☐ Dispersión en prisma

14. Si una fundación internacional encargada de la difusión y enseñanza de la óptica desde su parte conceptual y teórica, le ofrece *gratuitamente* capacitaciones de actualización sobre: *diseño e implementación de experimentos para la enseñanza de la óptica*.

- Asistiría para mejorar mis conocimientos sobre el tema

  En desacuerdo 1 2 3 4 5 totalmente de acuerdo

- Asistiría para mejorar aspectos metodológicos

  En desacuerdo 1 2 3 4 5 totalmente de acuerdo

- Asistiría para evaluar el currículo de la institución

  En desacuerdo 1 2 3 4 5 totalmente de acuerdo

- Prefiero enfocarme en otros temas de mayor interés personal.

  En desacuerdo 1 2 3 4 5 totalmente de acuerdo

B. Anexo: Pruebas diagnóstica y evaluativa

11. De entre los siguientes fenómenos que puede presentar la luz, razona cuáles admiten unas justificaciones ondulatorias y cuáles corpusculares:

a. Difracción
b. Refracción
c. Interferencia
d. Efecto fotoeléctrico.

12. Sobre una recta se sitúa una fuente luminosa puntual, una lámina con dos pequeños huecos muy cercanos una pantalla. Sobre la pantalla se verá:

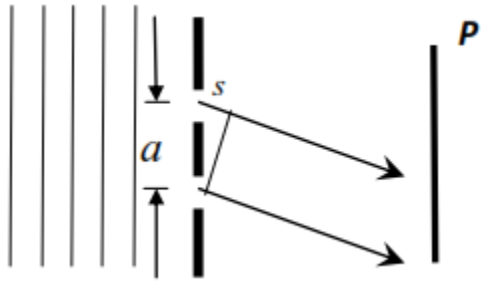
a. Una iluminación uniforme
b. Un punto luminoso
c. Dos puntos luminosos
d. Círculos concéntricos luminosos y oscuros
e. Franjas luminosas

13. Los colores que se ven sobre las burbujas de jabón se deben al fenómeno de:

a. Polarización
b. Difracción
c. Interferencia
d. Dispersión

e. Difusión

Una onda plana de longitud de onda $\boldsymbol{\lambda}$ llega sobre dos rendijas separadas una distancia a, como muestra la figura.



14. El primer mínimo de interferencia se produce en la dirección de la flechas. La distancia S es:

a. $\lambda/_4$
b. $\lambda/_2$
c. λ
d. $3\lambda/_2$
e. 2λ

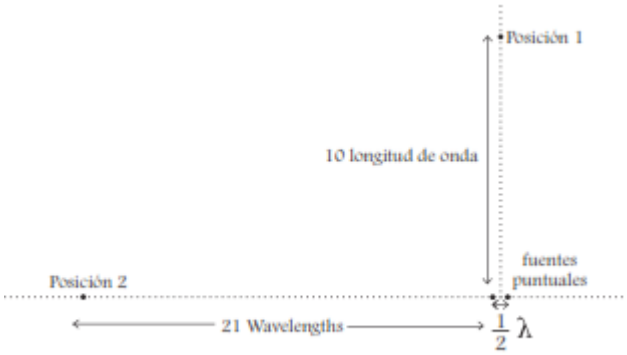
15. El segundo mínimo de interferencia se produce en la dirección de las flechas. La distancia *S* es:

a. $\lambda/_4$
b. $\lambda/_2$
c. λ
d. $3\lambda/_2$
e. 2λ

16. En la pantalla P situada a la distancia d, la distancia entre dos franjas oscuras es:

a. $\lambda d/_{2a}$
b. $\lambda d/_{a}$
c. $3\lambda d/_{2a}$
d. $2\lambda d/_{a}$
e. $4\lambda d/_{a}$

Si dos fuentes monocromáticas y coherentes entre si están separadas una distancia de ½ longitud de onda como se muestra en la figura que sigue. Todas las distancias en la figura se miden desde el punto exactamente equidistante de las dos fuentes



17. Cuando las ondas provenientes desde las dos fuentes puntuales llegan a la posición 1, ubicada exactamente encima del punto medio entre ambas fuentes, podemos decir que esas ondas están :

a. exactamente en fase
b. exactamente fuera de fase
c. ni en fase ni fuera de fase entre ellas
d. no hay suficiente información

18. La posición 1 corresponde a un punto de

a. interferencia completamente constructiva
b. interferencia completamente destructiva
c. la interferencia no es constructiva ni destructiva
d. No hay suficiente información

19. Cuando las ondas provenientes de las dos fuentes puntuales llegan a la posición 2, podemos que estas ondas están :
    a. Exactamente en fase
    b. Exactamente fuera de fase
    c. Ni en fase ni fuera de fase entre ellas
    d. No hay suficiente información

20. La posición 2 corresponde a un punto de :
a. interferencia completamente constructiva
b. interferencia completamente destructiva
c. la interferencia no es constructiva ni destructiva
d. No hay suficiente información

21. Luz láser de longitud de onda 633 nm incide sobre dos rendijas paralelas angostas separadas una pequeña distancia. Sobre una pantalla lejana se observa una serie de bandas brillantes y oscuras ¿Cuáles de los siguientes cambios producirá sobre la pantalla una mayor separación entre dos bandas adyacentes?
    a. Las dos rendijas más anchas
    b. Las dos rendijas mas cerca
    c. Las dos rendijas mas delgadas
    d. Las dos rendijas mas separadas
    e. La pantalla mas cerca
    f. La longitud de onda mas corta
    g. El láser más lejos de las rendijas
    h. Ninguna de las anteriores aumentara la separación
    i. No hay suficiente información

C. Anexo: *LAA*-Interferencia en películas delgadas

LABORATORIO DE APRENDIZAJE ACTIVO - INTERFERENCIA EN UNA PELICULA DE JABÓN

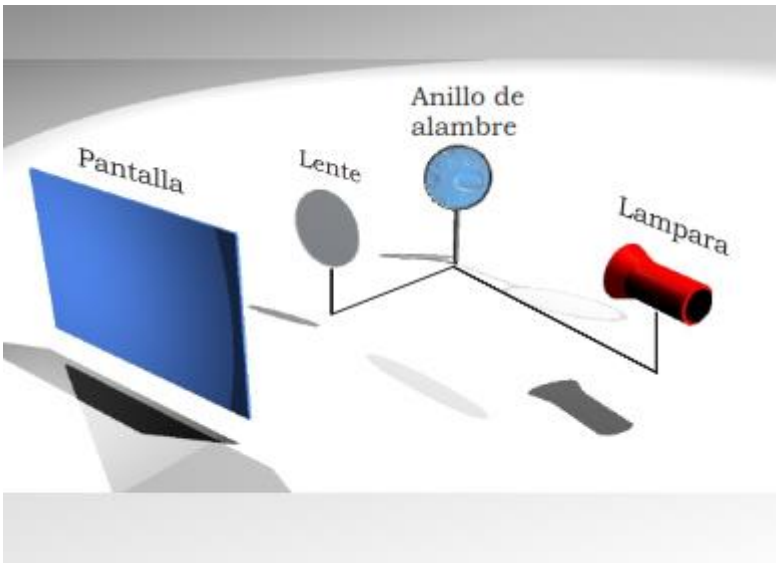
HOJA DE PREDICCIONES INDIVIDUAL

Entregue esta hoja cuando sea requerida por el profesor o el monitor de la clase.

Nombre: _____

Instrucciones: Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor o el monitor de la clase. Escriba su nombre para registrar su asistencia y participación. Tenga en cuenta que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación.

Descripción: Una lámpara de luz blanca ilumina un aro en el cual previamente se ha formado una película jabonosa. Dado que el aro está a 45° con respecto a la dirección de la iluminación, la luz reflejada por la película tiene una dirección de 90° respecto a la dirección inicial de iluminación, ésta se magnifica con la ayuda de una lente, la cual forma imagen de la película en una pantalla, tal como lo muestra la figura.



Montaje experimental interferencia en una película de jabón

En 10 min realice las siguientes predicciones.

1. ¿Qué espera observar en la pantalla P? Justifique su respuesta.

2. Dibuje lo que espera observar en la pantalla P (si lo considera necesario utilice lápices de color).

3. ¿Qué cambios espera observar en la pantalla si se coloca un filtro de color rojo delante de la fuente luminosa? Y ¿si el filtro fuese azul? ¿Y si el filtro fuese verde? Justifique su respuesta.

4. Dibuje lo que esperaría observar en cada uno de los casos anteriores.

LABORATORIO DE APRENDIZAJE ACTIVO - INTERFERENCIA EN UNA PELICULA DE JABÓN

HOJA DE PREDICCIONES GRUPAL

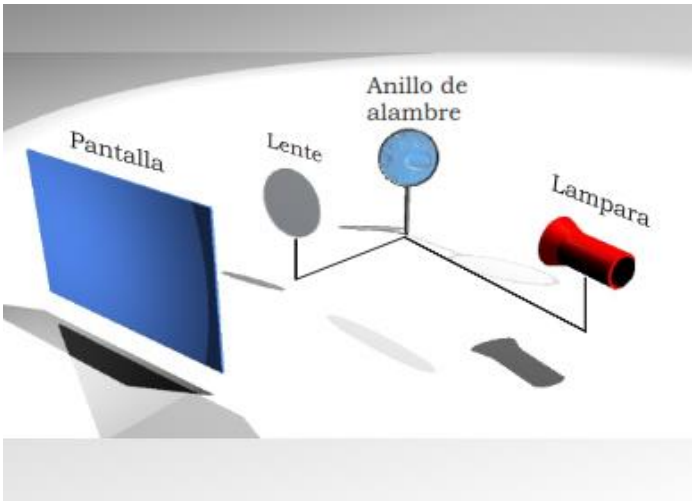
Entregue esta hoja cuando sea requerida por el profesor o el monitor de la clase.

Nombres: _____

_____

Instrucciones: Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor o el monitor de la clase. Escriba su nombre para registrar su asistencia y participación en el *LAA*. Tenga en cuenta que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, puede escribir sus comentarios y llevársela para estudios posteriores.

Una lámpara de luz blanca ilumina un aro en el cual previamente se ha formado una película jabonosa. Dado que el aro está a 45° con respecto a la dirección de la iluminación, la luz reflejada por la película tiene una dirección de 90° respecto a la dirección inicial de iluminación, ésta se magnifica con la ayuda de una lente, la cual forma imagen de la película en una pantalla, tal como lo muestra la figura.



Montaje experimental interferencia en una película de jabón

En 10 min realice las siguientes predicciones.

1. Según el grupo de estudiantes ¿Qué esperan observar en la pantalla P? justifiquen su respuesta.

2. Dibujen lo que espera observar en la pantalla P (si lo considera necesario utilice lápices de color).

3. Según el grupo de estudiantes ¿Qué cambios esperan observar en la pantalla si se coloca un filtro de color rojo delante de la fuente luminosa? ¿Y si el filtro fuese azul? ¿Y si el filtro fuese verde? Justifiquen su respuesta.

4. Dibuje lo que esperarían observar en cada uno de los casos anteriores

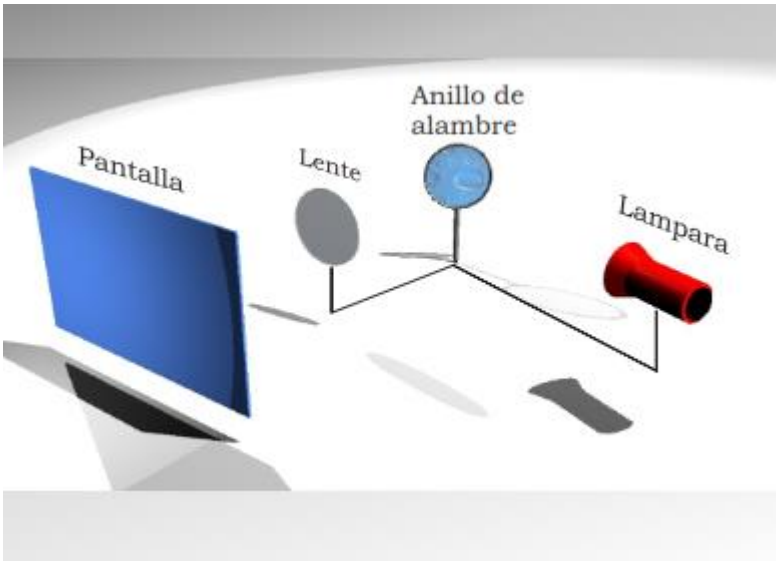
LABORATORIO DE APRENDIZAJE ACTIVO - INTERFERENCIA EN UNA PELICULA DE JABÓN

HOJA DE RESULTADOS

Guarde esta hoja para estudiar fuera de la clase.

Instrucciones: En esta hoja puede escribir sus anotaciones, resúmenes y conclusiones y llevarla para su estudio personal después de clase.

Una lámpara de luz blanca ilumina un aro en el cual previamente se ha formado una película jabonosa. Dado que el aro está a 45° con respecto a la dirección de la iluminación, la luz reflejada por la película tiene una dirección de 90° respecto a la dirección inicial de iluminación, ésta se magnifica con la ayuda de una lente, la cual forma imagen de la película en una pantalla, tal como lo muestra la figura.



Montaje experimental interferencia en una película de jabón

En 10 min realice las siguientes predicciones.

1. ¿Qué se observó en la pantalla P?

2. Dibuje lo que observa en la pantalla P (si lo considera necesario utilice lápices de color).

3. ¿Qué cambios observó en la pantalla cuando se colocaron los filtros de colores rojo, azul y verde delante de la fuente luminosa? Observo

4. Dibuje lo que observó en cada uno de los casos anteriores

5. ¿Cómo es el patrón de interferencia observado?

6. ¿De qué color son las franjas observadas?

7. ¿Cómo cree que es el espesor de la película?

8. ¿Cree usted que se puede relacionar la variación del espesor de la película con la distribución de color de las franjas?

9. ¿Considera usted que el patrón de franjas observado puede cambiar si se coloca la lámpara detrás de la película jabonosa?, caso afirmativo como cambia, porque?

10. ¿En la vida cotidiana que aplicaciones conoce basadas en el fenómeno de interferencia en películas delgadas?

LABORATORIO DE APRENDIZAJE ACTIVO - INTERFERENCIA EN UNA PELÍCULA DE JABÓN

MANUAL DE LA PRÁCTICA

OBJETIVO: Identificar las interferencias producidas en una lámina delgada.

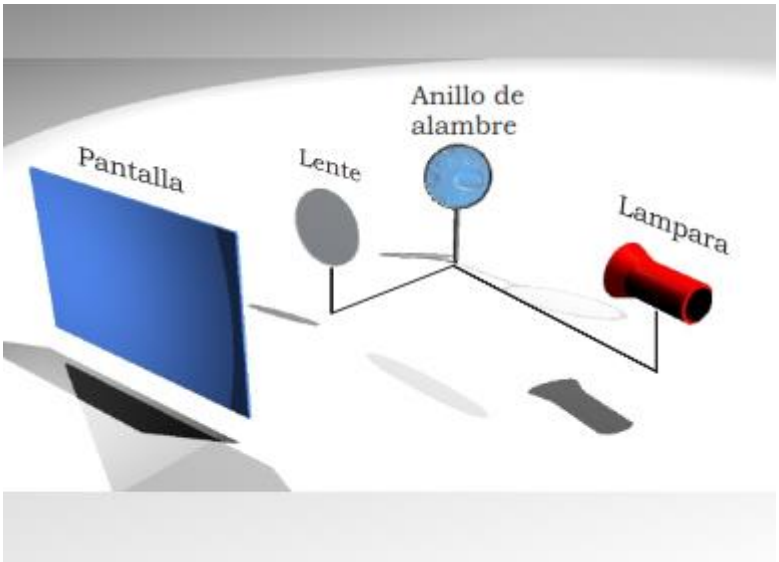
DIRIGIDO A: Estudiantes de grado once. Proyecto ondas de Colciencias,

AUTOR: Jeisson Fabian Martin

MATERIALES: Fuente de luz blanca, anillo de alambre, lente, solución de agua jabonosa, vaso, filtros de colores.

1. **Planteamiento del problema:** Descripción del experimento.

Una lámpara de luz blanca ilumina un aro en el cual previamente se ha formado una película jabonosa. Dado que el aro está a 45° con respecto a la dirección de la iluminación, la luz reflejada por la película tiene una dirección de 90° respecto a la dirección inicial de iluminación, ésta se magnifica con la ayuda de una lente, la cual forma imagen de la película en una pantalla, tal como lo muestra la figura.



Montaje experimental interferencia en una película de jabón

2. Predicciones individuales: Pídale a los estudiantes que realicen las predicciones individuales y las escriban en la hoja de predicciones.

3. Después los estudiantes deben formar grupos para discutir las predicciones individuales llegar a un acuerdo y construir las predicciones grupales escribiéndolas en la hoja de predicciones.

Recuérdeles que las predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación.

Para esto cuentan con un total de 10 minutos.

En **10 minutos** realice las siguientes predicciones, discútalas con sus compañeros, anótelas en la hoja de predicciones de grupo, y entréguelas al profesor.

1. Según el grupo de estudiantes ¿Qué espera observar en la pantalla P? Justifiquen su respuesta

2. Dibujen lo que creen que se observara en la pantalla P

3. Según el grupo de estudiantes ¿Qué cambios esperan observar en la pantalla si se coloca un filtro de color rojo delante de la fuente luminosa? Y si el filtro fuese azul? Y si el filtro fuese verde? Justifiquen su respuesta

4. Dibuje lo que esperarían observar en cada uno de los casos anteriores?

4. Predicciones grupales – socialización: Dígale a los estudiantes expongan sus predicciones grupales a todo el curso de forma ordenada. Realice un registro en el tablero de lo que predicen sus estudiantes para que lo recuerden al momento que corroborar las predicciones. Para esto cuenta con 20 minutos aproximadamente.

5. Realización de la práctica: Coméntele a los estudiantes que ahora realizarán la práctica con el fin de corroborar sus predicciones. Para esto cuentan con 40 minutos aproximadamente.

Los estudiantes deben realizar ahora la respectiva práctica que les permita corroborar (o desechar) sus predicciones. (**40 minutos**).

6. Resultados: pida a sus estudiantes que presenten los resultados al curso de forma ordenada. Discuta con ellos estos resultados teniendo en cuenta las predicciones que habían hecho anteriormente. Pida a los estudiantes que comparen estos resultados con las predicciones previas que fueron anotadas en el tablero y que consignen esto en la hoja de resultados. Para esto dispone de 30 minutos.

1. ¿Qué se observó en la pantalla P?

2. Dibuje lo que observó en la pantalla P (si lo considera necesario utilice lápices de color).

3. ¿Qué cambios observó en la pantalla cuando se colocaron los filtros de colores rojo, azul y verde delante de la fuente luminosa?

4. Dibuje lo que observó en cada uno de los casos anteriores

5. ¿Cómo es el patrón de interferencia observado?

6. ¿De qué color son las franjas observadas?

7. ¿Cómo cree que es el espesor de la película?

8. ¿Cree usted que se puede relacionar la variación del espesor de la película con la distribución de color de las franjas?

9. ¿Considera usted que el patrón de franjas observado puede cambiar si se coloca la lámpara detrás de la película jabonosa?, caso afirmativo como cambia, porque?

10. ¿En la vida cotidiana que aplicaciones conoce basadas en el fenómeno de interferencia en películas delgadas?

***8.* Síntesis y discusión:** Los estudiantes (o el docente) realizan una síntesis de los conceptos involucrados en los resultados anteriormente estudiados.

Extrapolación de resultados.

D. Anexo: *LAA*- La doble rendija

LABORATORIO DE APRENDIZAJE ACTIVO - EXPERIMENTO DE LA DOBLE RENDIJA

HOJA DE PREDICCIONES INDIVIDUAL

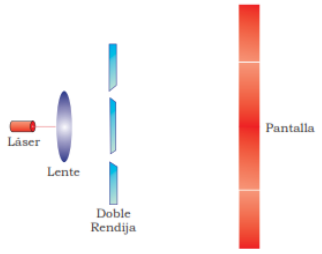
Entregue esta hoja cuando sea requerida por el profesor o el monitor de la clase

Nombre: _____

Instrucciones: Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor o monitor de la clase. Escriba su nombre para registrar su asistencia y participación. Tenga en cuenta que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente.

Descripción:

Ponga la fuente (Láser) y a 5 cm ubique una lente divergente, ahora coloque el diafragma con la doble abertura a una distancia de 15 cm de la lente y centre al haz de tal forma que se observe el patrón de interferencia en la pantalla ubicada a 2,8m de distancia del dispositivo.



Montaje experimental 2 interferencia de la doble rendija

En 10 min realice las siguientes predicciones

1. ¿al aumentar el ancho de la aberturas como se observaría el patrón de interferencia?

2. ¿Se crearía una franja brillante o una franja oscura en el centro del patrón?

3. ¿Las franjas brillantes y oscuras que se forman tendrían el mismo ancho?

4. ¿Al repetir la experiencia con un par de rendijas de mayor espacio que las utilizadas inicialmente que pasaría con el espacio entre las franjas?

6. ¿Si las rendijas se encuentran más juntas como cambiaría el patrón que se observaría en la pantalla?

7. ¿Al repetir la experiencia con un par de rendijas un poco más estrechas que las utilizadas inicialmente describa como sería el patrón de interferencia comparado con el obtenido inicialmente?

8. ¿Si se cambia el espacio de separación entre la pantalla y las rendijas moviéndolas arbitrariamente que pasaría con el patrón de interferencia?

9. Establezca la relación que existe entre el espacio de separación entre las franjas y el espaciado entre rendijas.

10. ¿Cuándo se remplazó el láser por una fuente de luz blanca que sucedió con las franjas de interferencia? Justifique su respuesta

11. ¿Cuándo se colocaron filtros de colores delante de una fuente de luz blanca que sucedió con las franjas de interferencia? Justifique su respuesta

LABORATORIO DE APRENDIZAJE ACTIVO - EXPERIMENTO DE LA DOBLE RENDIJA

HOJA DE PREDICCIONES GRUPAL

Entregue esta hoja cuando sea requerida por el profesor o el monitor de la clase.

Nombres:

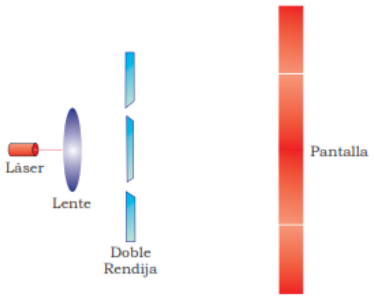
_____

_____

Instrucciones: Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor o el monitor de la clase. Escriba su nombre para registrar su asistencia y participación. Tenga en cuenta que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente.

Descripción

Ponga la fuente (Láser) en uno de los extremos a 5 cm ubique una lente divergente, ahora coloque el diafragma con la doble abertura a una distancia de 15 cm de la lente y centre al haz de tal forma que se observe el patrón de interferencia en la pantalla ubicada a 2,8m de distancia del dispositivo.



Montaje interferencia de la doble rendija

En 10 min realice las siguientes predicciones

1. ¿al aumentar el ancho de las rendijas como se observaría el patrón de interferencia? Justifiquen su respuesta.

2. ¿Se crearía una franja brillante o una franja oscura en el centro del patrón?

3. ¿Las franjas brillantes y oscuras que se forman tendrían el mismo ancho?

4. ¿Al repetir la experiencia con un par de rendijas con un mayor espacio que las utilizadas inicialmente que pasaría con el espacio entre las franjas?

6. ¿Si las rendijas se encuentran más juntas como cambiaría el patrón que se observaría en la pantalla?

7. ¿Al repetir la experiencia con un par de rendijas un poco más estrechas que las utilizadas inicialmente describa como sería el patrón de interferencia comparado con el obtenido inicialmente?

8. ¿Si se cambia el espacio de separación entre la pantalla y las rendijas moviéndolas arbitrariamente que pasaría con el patrón de interferencia?

9. ¿Establezca la relación que existe entre el espacio de separación entre las franjas y el espaciado entre rendijas?

10. ¿Cuándo se remplazó el láser por una fuente de luz blanca que sucedió con las franjas de interferencia? Justifique su respuesta

11. ¿Cuándo se colocaron filtros de colores delante de una fuente de luz blanca que sucedió con las franjas de interferencia? Justifique su respuesta

LABORATORIO DE APRENDIZAJE ACTIVO - EXPERIMENTO DE LA DOBLE RENDIJA

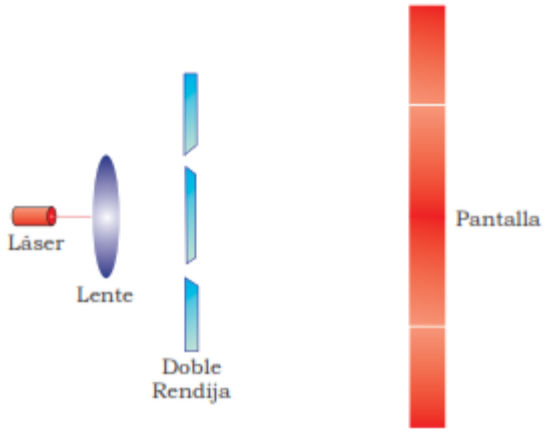
HOJA DE RESULTADOS

Guarde esta hoja para estudiar fuera de la clase.

Instrucciones: En esta hoja puede escribir sus anotaciones, resúmenes y conclusiones y llevarla para su estudio personal después de clase.

Descripción

Ponga la fuente (Láser) y a 5 cm ubique una lente divergente, ahora coloque el diafragma con la doble abertura a una distancia de 15 cm de la lente y centre al haz de tal forma que se observe el patrón de interferencia en la pantalla ubicada a 2,8m de distancia del dispositivo.



Montaje interferencia de la doble rendija

Escriba los resultados obtenidos

1. ¿Al aumentar el ancho de las rendijas como se observó el patrón de interferencia? Justifique su respuesta.

2. ¿Se creó una franja brillante o una franja oscura en el centro del patrón?

3. ¿Las franjas brillantes y oscuras que se formaron tenían el mismo ancho?

4. ¿Al repetir la experiencia con un par de rendijas con un mayor espacio que las utilizadas inicialmente que paso con el espacio entre las franjas?

6. ¿Cuándo se utilizó el diafragma con las rendijas más juntas en que cambio el patrón que se observó en la pantalla?

7. ¿Al repetir la experiencia con un par de rendijas un poco más estrechas que las utilizadas inicialmente describa como fue el patrón de interferencia comparado con el obtenido inicialmente?

8. ¿Al cambiar el espacio de separación entre la pantalla y las rendijas moviéndolas arbitrariamente que paso con el patrón de interferencia?

9. Establezca la relación que existe entre el espacio de separación entre las franjas y el espaciado entre rendijas.

LABORATORIO DE APRENDIZAJE ACTIVO - EXPERIMENTO DE LA DOBLE RENDIJA

MANUAL DE LA PRÁCTICA

OBJETIVO: Evidenciar cualitativamente el fenómeno óptico de interferencia de la luz

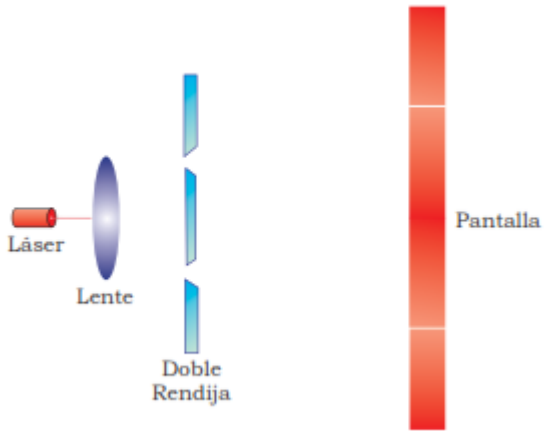
DIRIGIDO A: Estudiantes de grado once. Proyecto ondas de Colciencias, San Andrés.

AUTOR: Jeisson Fabian Martin Calvo

MATERIALES: Lámpara de luz blanca, laser, diafragmas, regla.

1. Planteamiento del problema: Descripción del experimento.

Ponga la fuente (Láser) y a 5 cm ubique una lente divergente, ahora coloque el diafragma con la doble abertura a una distancia de 15 cm de la lente y centre al haz de tal forma que se observe el patrón de interferencia en la pantalla ubicada a 2,8m de distancia del dispositivo.



Montaje interferencia de la doble rendija

2. Predicciones individuales: Pídale a los estudiantes que realicen las predicciones individuales y las escriban en la hoja de predicciones.

3. Después los estudiantes deben formar grupos para discutir las predicciones individuales llegar a un acuerdo y construir las predicciones grupales escribiéndolas en la hoja de predicciones.

Recuérdeles que las predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación.

Para esto cuentan con un total de 10 minutos.

En **10 minutos** realice las siguientes predicciones, discútalas con sus compañeros, anótelas en la hoja de predicciones de grupo, y entréguelas al profesor.

1. ¿Al aumentar el ancho de la aberturas como se observaría el patrón de interferencia? Justifiquen su respuesta..

2. ¿Se crearía una franja brillante o una franja oscura en el centro del patrón?

3. ¿Las franjas brillantes y oscuras que se forman tendrían el mismo ancho?

4. ¿Al repetir la experiencia con un par de rendijas con un mayor espacio que las utilizadas inicialmente que pasaría con el espacio entre las franjas?

5. ¿Si las rendijas se encuentran más juntas como cambiaría el patrón que se observaría en la pantalla?

6. ¿Al repetir la experiencia con un par de rendijas un poco más estrechas que las utilizadas inicialmente describa como sería el patrón de interferencia comparado con el obtenido inicialmente?

7. ¿Si se cambia el espacio de separación entre la pantalla y las rendijas moviéndolas arbitrariamente que pasaría con el patrón de interferencia?

8. ¿Establezca la relación que existe entre el espacio de separación entre las franjas y el espaciado entre rendijas?

9. ¿Al colocar filtros de colores delante de una fuente de luz blanca que pasara con las franjas de interferencia? Justifique su respuesta

4. Predicciones grupales – socialización: Dígale a los estudiantes expongan sus predicciones grupales a todo el curso de forma ordenada. Realice un registro en el tablero de lo que predicen sus estudiantes para que lo recuerden al momento que corroborar las predicciones. Para esto cuenta con 20 minutos aproximadamente.

5. Realización de la práctica: Coméntele a los estudiantes que ahora realizarán la práctica con el fin de corroborar sus predicciones. Para esto cuentan con 40 minutos aproximadamente.

Los estudiantes deben realizar ahora la respectiva práctica que les permita corroborar (o desechar) sus predicciones. (**40 minutos**).

6. Resultados: pida a sus estudiantes que presenten los resultados al curso de forma ordenada. Discuta con ellos estos resultados teniendo en cuenta las predicciones que habían hecho anteriormente. Pida a los estudiantes que comparen estos resultados con las predicciones previas que fueron anotadas en el tablero y que consignen esto en la hoja de resultados. Para esto dispone de 30 minutos.

1. ¿Al aumentar el ancho de la aberturas como se observó el patrón de interferencia? Justifique su respuesta.

2. ¿Se creó una franja brillante o una franja oscura en el centro del patrón?

3. ¿Las franjas brillantes y oscuras que se forman tenían el mismo ancho?

4. ¿Al repetir la experiencia con un par de rendijas de mayor espacio que las utilizadas inicialmente que paso con el espacio entre las franjas?

6. ¿Cuándo se utilizó el diafragma con las rendijas más juntas en que cambio el patrón que se observó en la pantalla?

7. ¿Al repetir la experiencia con un par de rendijas un poco más estrechas que las utilizadas inicialmente describa como fue el patrón de interferencia comparado con el obtenido inicialmente?

8. ¿Al cambiar el espacio de separación entre la pantalla y las rendijas moviéndolas arbitrariamente que paso con el patrón de interferencia?

9. Establezca la relación que existe entre el espacio de separación entre las franjas y el espaciado entre rendijas.

***8.* Síntesis y discusión:** Los estudiantes (o el docente) realizan una síntesis de los conceptos involucrados en los resultados anteriormente estudiados.

Extrapolación de resultados***.***

E. Anexo: Fotografías

Instituciones Participantes

Universidad Nacional de Colombia
Sede Caribe

Institución Educativa Antonia Santos

Flowers Hill Bilingual School

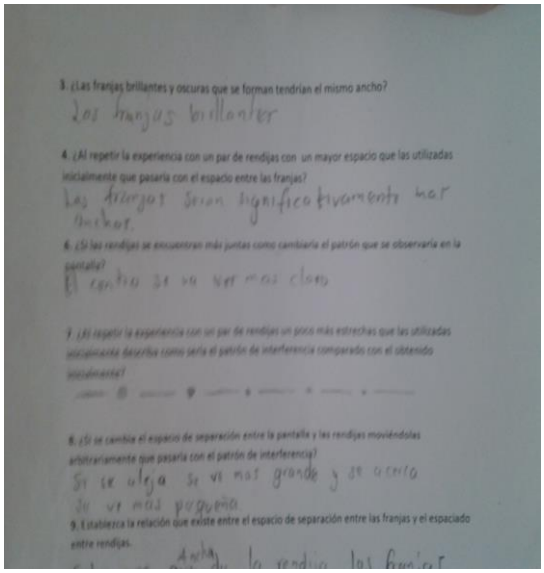
Centro Educativo de Educación Media Diversificada "CEMED"

Instrumentos utilizados

Láser Helio- Neon longitud de onda 633nm

Montaje LAA – Doble rendija

Anillo LAA- Interferencia en una película de jabón



3. ¿Las franjas brillantes y oscuras que se forman tendrían el mismo ancho?

Las franjas brillantes

4. ¿Al repetir la experiencia con un par de rendijas con un mayor espacio que las utilizadas inicialmente que pasaría con el espacio entre las franjas?

Las franjas serian significativamente mas anchas.

6. ¿Si las rendijas se encuentran más juntas como cambiaría el patrón que se observaría en la pantalla?

El centro se va ver mas claro

7. ¿Si repetir la experiencia con un par de rendijas un poco más estrechas que las utilizadas inicialmente describa como sería el patrón de interferencia comparado con el obtenido inicialmente?

8. ¿Si se cambia el espacio de separación entre la pantalla y las rendijas moviéndolas arbitrariamente que pasaría con el patrón de interferencia?

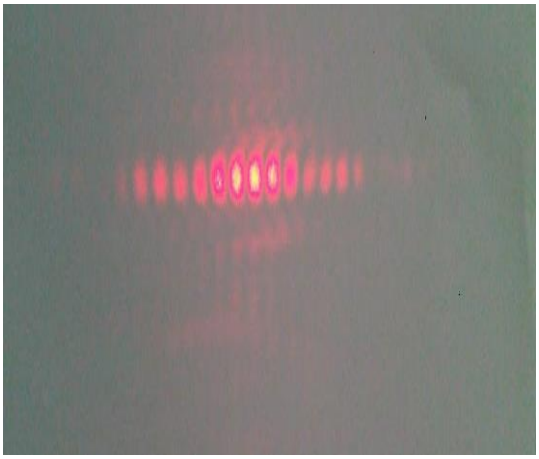
Si se aleja se ve mas grande y se acerca se ve mas pequeña

9. Establezca la relación que existe entre el espacio de separación entre las franjas y el espaciado entre rendijas.

Hoja de predicciones LAA-Doble rendija

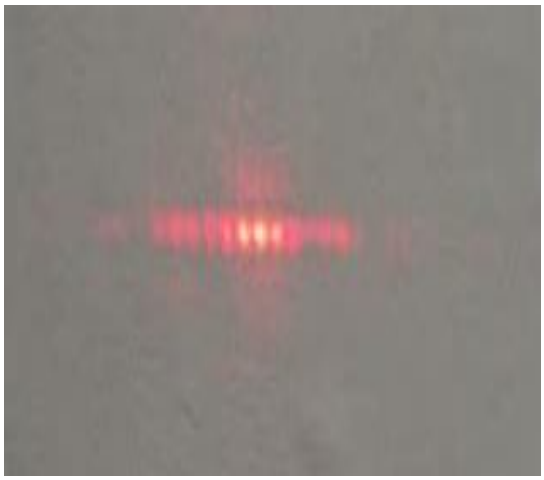
Aplicación

Aplicación Pre-test GP



Lineas de interferencia obtenidas en el LAA- La doble rendija

Aplicación predicciones grupales GP



Lineas de interferencia obtenidas en el LAA doble rendija

Bibliografía

Abello, J. M. (2008). *San Andrés, Nuestra ciudad Insular, Revista Credencial Historia edición 228.*

Bao, L., & Redish, E. (2001). *Pysics Education Research*.

Beléndez, A. (2009). Holografía: Ciencia, Arte y Tecnología. *Revista Brasileira de Ensino de Física, 31*(1), 1602.

Cabot Echavarría, A. (2008). Enseñanza de la Física en la Educación Media Tecnológica a través de un diseño curricular por competencias, una experiencia en marcha. *Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 2, No. 3*, 289-293.

Cantor. (1970). London: university prees.

Cantor. (1970). *Thomas Young's lectures at the Royal Institution, Notes and Records of the Royal society of London.* London: university prees.

Cantor. (1984). *Optics after Newton.* manchester: university press.

Cely, I. L. (2013). *La formación de imágenes a través de lentes y espejos desde la Metodología del Aprendizaje Activo. estudio de caso: Colegio la Salle Bello.* Medellin: Universidad Nacional de Colombia .

De la Rosa, L. R. (2011). *Problemáticas y Alternativas en la Enseñanza de la Química en la Educación Media en la Isla de San Andrés, Colombia.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Dima, G., Girelli, M., & Reynoso, M. (2012). Aprendizaje activo de la física en alumnos de nivel secundario: Pre test de laboratorio sobre transformación de energía eléctrica en térmica . *Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 6, No. 1*, 143-147.

Gutíerrez, S. (2011). *La indagación guiada como.* San Andrés Isla: Universidad Nacional de Colombia.

Hake, R. (1998). Interactive-engagement methods in introductory mechanics courses. *Physics Education Research*.

Hecht, E. (2006). *Optica.* Madrid: Pearson.

Herrera, E. (2012). *Diseño, construcción e implementación de una herramienta didáctica para abordar algunos conceptos fundamentales de óptica geométrica.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Huygens. (1992). *traite de la Lumiere.* paris.

Kipnis. (1991). *history of the principla of interference of light.*

Lakhdar, Z. C. (2006). *Aprendizaje Activo de la Óptica y la Fotonica Manual de Entrenamiento.* UNESCO.

MEN, M. D. (2006). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales.* Bogotá.

MEPC. (2011). *Diseno Curricular Ciclo Básico de la Educación Secundaria 2011-2015.* Provincia de Cordoba-Argentina .

Mollon. (2003). *The Science of Colour..* Edición Steven K. Shevell.

Mora, C. (2008). Memorias del V Congreso Internacional Didactica de las Ciencias y X Taller Internacional sobre Ensenanza de la Física. *Fundamentos del aprendizaje activo de la Física*, (pp. 17-21). La Habana, Cuba.

Newton. (1982). *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural. .* Madrid: Editora Nacional.

Porras, M. (2014). *La holografìa digital como una aplicaciòn de los fenòmenos de interferencia y difracciòn, para estudiantes de secundaria y primeros semestres de universidad .* Bogota: Universidad Nacional de Colombia.

Ramirez , N. E. (2013). *La formación de imágenes a través de lentes y espejos desde la Metodología del Aprendizaje Activo. estudio de caso Institución Educativa Pablo Neruda.* Medellin: Universidad Nacional de Colombia.

Rodríguez, A. S. (2012). *El entorno como recurso didáctico: tema la caracterización vegetal en el Jardín Botánico de San Andrés - Universidad.* San Andrés isla: Universidad Nacional de Colombia.

Rojas, G. A. (2011). La enseñanza de los fenómenos de la óptica geométrica a estudiantes de undécimo grado desde la perspectiva del aprendizaje activo (Tesis de Maestria). *Universidad Nacional de Colombia*.

Sears. (2009). *Física Universitaria con Física Moderna.* Mexico: Pearson Educación.

Sears, F. Z. (2002). *Fisica Universitaria.* Mexico: Pearson.

Serway. (2000). *fisica para ciencias e ingenieria.*

Sokoloff, D. R. (2006). *Aprendizaje Activo de óptica y fotónica.Manual de entrenamiento.* UNESCO,Edicion preliminar en español.

Sotres, J. (2009). *La Óptica en la Ensenanza secuandaria: Propuesta didactica desde una perspectiva Historica.* Madrid: Universidad complutense de Madrid.

Velazquez, L. J. (2012). *Aprendizaje Activo de las Leyes de Newton a nivel medio superior.* Mexico D.F: Instituto Politecnico Nacional.

Worral. (1976). *Thomas young and the refutation of newtonian optics :a case-study in the interaction of philosophy of sicience and the history of science.* cambridge: university press.

Young. (1802,A). *On the theory of light and colours,a Bakerian lecture.*

Young. (1802,B). *An account of some cases of the production of colours not hitherto described.*