



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Ondas y Luz: Una propuesta de enseñanza
para el nivel Medio Superior**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA
SUPERIOR (FÍSICA)**

PRESENTA

Narciso Enrique Flores Medina

**Directora de Tesis: Dra. María de los Ángeles Ortiz
Flores**

MÉXICO, D.F.

JUNIO, 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A mi tutora la Dra. María de los Ángeles Ortiz Flores, por su gran paciencia y sus sabios consejos que me guiaron a lo largo de la maestría y sus valiosas observaciones que fueron determinantes para la conclusión de la tesis.

A los sinodales por sus observaciones y aportaciones para lograr un mejor trabajo.

A todos mis profesores de la MADEMS-FÍSICA, por contribuir a ampliar mi visión acerca de la compleja tarea de saber ser maestro.

En especial al Dr. Jorge Barojas Weber por su calidad humana, su dedicación a la enseñanza y su compromiso para que termináramos la tesis.

A mis compañeros del Colegio de Física del Plantel 4, "Vidal Castañeda y Nájera", en particular a la Fís. Ana Flores Flores y al MES. Jesús Martínez Camaño por haber sido mis supervisores en la Práctica Docente y haber enriquecido el presente trabajo con sus atinadas críticas.

A mi esposa por su apoyo durante los momentos difíciles de la maestría, por su comprensión y ternura para hacerme la vida fácil.

A mi niña Mariel, por enseñarme que la vida está llena de alegría.

Dedicatoria:

Con especial cariño a mis hermanas y hermanos consanguíneos y políticos que han sido un ejemplo en mi vida.

A mis sobrinas y sobrinos por compartir mis sueños.

A la mujer que ha compartido su vida desde que nos conocimos y con su apoyo mis sueños me han alcanzado.

A dos mujeres que siempre me acompañan:

Mi madre y mi abuela "Mamá Queta".

ÍNDICE

Introducción	3
Resumen	7
1. Planteamiento del Problema	8
PARTE I. ANÁLISIS Y PROPUESTA PSICOPEDAGÓGICA	17
2. Posturas de la Didáctica	20
2.1 Concepción Univocista de los Procesos de Enseñanza y Aprendizaje	20
2.2 Concepción Equivocista de los Procesos de Enseñanza y Aprendizaje	22
2.3 Propuesta: Concepción Didáctica Analógica de los Procesos de Enseñanza y de Aprendizaje	23
3. Diseño Instruccional	29
3.1 Etapas del Diseño Instruccional	30
i. Encuadre	30
ii. Plan de Clase	30
iii. Concepciones Previas	32
iv. Ajustar el Plan de Clase	34
v. Aplicación	35
vi. Evaluación	38
PARTE II. APLICACIÓN DE LA PROPUESTA PSICOPEDAGÓGICA EN LOS TEMAS DE:	40
4. Ondas	47
4.1 Ondas en una Dimensión	47
i. Ondas en un Resorte	49
ii. Reflexión y Refracción	55
iii. Interferencia	61
4.2 Ondas Superficiales en el Agua	66
i. Reflexión y Refracción	66

ii. Interferencia	75
iii. Difracción	86
4.3 Representación Matemática para las Ondas	90
i. Cambio de Representación para las Ondas	90
5. Luz	92
5.1 Naturaleza Ondulatoria de la luz	92
i. Reflexión	94
ii. Refracción	100
iii. Interferencia	106
iv. Difracción	111
5.2 Ondas Electromagnéticas	114
i. Ley de Ampere	115
ii. Ley de Faraday	118
iii. Generación de Ondas Electromagnéticas	123
6. Color	125
6.1 Colorimetría	125
i. Región Visible del Espectro Electromagnético	133
ii. Color	137
iii. ¿De qué Color son los Objetos?	138
iv. Sistema de Coordenadas para el Color	144
v. Construcción de un Colorímetro	147
6.2 Morfología del Ojo	150
i. Disección de un Ojo de Buey	151
6.3 Umbral Absoluto de la Modalidad Visual	157
i. Método de Límites para Medir el Umbral Absoluto de la Modalidad Visual en la Visión Escotópica	159
7. Resultados Obtenidos en las Asignaturas de Práctica Docente II y Práctica Docente III	164
Conclusiones	176
Bibliografía	179

INTRODUCCIÓN

Como docente de física se tienen cuatro grandes retos educativos y metacognitivos:

- i. Pensar qué y cómo hacer, para que los estudiantes de física del bachillerato adquieran conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales de manera significativa.
- ii. Pensar qué contenidos impartir y cómo relacionarlos con las inquietudes e intereses de los actores educativos (estudiantes y docente).
- iii. ¿Qué hacer para ser un maestro eficiente?
- iv. Otro aspecto a considerar en la reflexión docente, es que la mayoría de los estudiantes del bachillerato, no van a estudiar la carrera de física o de alguna de las ingenierías, por lo que se debe buscar la manera de motivarlos para que aprecien la importancia, la utilidad, la contribución metodológica y matemática que proporciona la física.

Para proponer una solución integral, en la presente tesis se conjugan los tres ejes de formación de la MADEMS-FÍSICA: disciplinario, psicopedagógico y el socio-ético- educativo.

Por ende, en el **capítulo 1**, se plantea la problemática de la enseñanza de la física, desde diferentes aspectos:

- Psicopedagógico, analizando las interacciones, las actitudes y los valores de los actores educativos en el aula.
- Extensión del programa y la manera de optimizar el tiempo a través del diseño instruccional.
- La dificultad inherente de los contenidos curriculares y la actividad experimental, en particular en el tema de ondas materiales y electromagnéticas.
- La integración de los conocimientos de física a través de la resolución de problemas de su entorno académico.

Para presentar una alternativa holística en la enseñanza de la física, la tesis se divide en dos partes: en la parte I, formada por los capítulos 2 y 3, se realiza una propuesta psicopedagógica fundamentada en la hermenéutica analógica. Además se propone utilizar el diseño instruccional para la optimización del tiempo.

En la parte II, formada por los capítulos 4, 5 y 6, se diseña una secuencia teórico-experimental para abordar los contenidos curriculares e integrar los conocimientos de física a través de dos problemas: color y umbral absoluto de la modalidad visual para la visión escotópica.

Con este enfoque en el **capítulo 2**, se analizan y enmarcan desde el punto de vista de la hermenéutica, dos concepciones pedagógicas de los procesos de enseñanza y de aprendizaje que se han utilizado en la enseñanza de la física para el nivel medio superior:

1. Concepción Univocista de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, apoyada fundamentalmente en el modelo de “Transmisión-Recepción”.
2. Concepción Equivocista de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, apoyada principalmente en el modelo de enseñanza “Por Descubrimiento”.

Con base en el análisis, se seleccionan las bondades de cada una de las concepciones anteriores y apoyándose en la teoría cognitiva de Piaget y en la teoría socio-cultural de Vygotsky, se construye una concepción alternativa.

A dicha propuesta se le denomina: Concepción Didáctica Analógica, con ella se pretende que los conceptos se construyan a partir de las ideas de los estudiantes, la actividad experimental, la discusión entre los actores educativos y la guía del docente.

Bajo la Concepción Didáctica Analógica se construye en el aula, una proporción de balance entre lo que dice y hace el docente y lo que dicen y hacen los estudiantes.

Por lo que el docente, asume su responsabilidad en la enseñanza y genera en los estudiantes la responsabilidad del aprendizaje. Para lograrlo se propicia el cambio axiológico, actitudinal, metodológico, epistemológico y conceptual en los actores educativos.

En el **capítulo 3**, se elabora una propuesta de diseño instruccional en seis etapas, basándose en las habilidades básicas para la docencia que trabaja Zarzar, las ideas del Diseño Invertido del Centro Educativo Tanesque, además se incluye un plan de clase basado en el guión dramático propuesto por Cooper.

Elementos del diseño instruccional:

- i. Encuadre de la asignatura y el tema.
- ii. Diseñar el plan de clase con base en el guión dramático.
 - a. Establecimiento de un objetivo o propósito de enseñanza.

b. Listado del material didáctico que se empleará en la clase.

c. Metodología que debe seguirse en el aula.

d. Evaluación de los contenidos curriculares.

iii. Obtener las concepciones previas de los estudiantes.

iv. Ajustar el plan de clase.

v. Aplicación en el aula.

vi. Evaluación de los procesos y productos.

Una situación más que enfrentan los docentes, es lograr que los estudiantes perciban que la ciencia surge de las necesidades cotidianas e intelectuales, por lo que se recurre al planteamiento y solución de problemas de su entorno.

En particular, el tema de Ondas es fructífero para realizar la transferencia de los contenidos curriculares al entorno. Sin embargo; su enseñanza en el nivel medio superior ha sido poco abordado debido a su dificultad conceptual y matemática, tanto para los profesores como para los estudiantes.

No obstante, a pesar de la dificultad inherente del tema, se pueden construir los conceptos y en algunos casos el modelo matemático, a partir de la actividad experimental, la discusión y el razonamiento inductivo, abductivo y deductivo.

Con esto en mente, en la **parte II**, se aplica la Concepción Didáctica Analógica y del diseño instruccional, a los temas de: ondas, luz y color

Para abordar el tema de ondas, en el **capítulo 4** se elabora una secuencia con actividades experimentales que propician la discusión, fomentan el planteamiento de hipótesis, invitan a la reflexión y al proceso de metacognición, de tal manera que el conocimiento se construye en el aula de forma interactiva entre los actores educativos, generándose el cambio metodológico, epistemológico y conceptual.

Los contenidos curriculares que se abordan son:

➤ **Ondas en una Dimensión**

➤ **Ondas Superficiales en el Agua**

➤ **Representación Matemática para las Ondas**

En el **capítulo 5**, se muestra que la luz presenta los fenómenos ondulatorios y a través del razonamiento abductivo, se afirma que la luz son ondas, para ser más precisos, son ondas electromagnéticas.

Los temas que se desarrollan son:

- **Naturaleza Ondulatoria de la luz.**
- **Generación de Ondas Electromagnéticas**

Para dar respuesta a las inquietudes de los estudiantes de área II, que van a estudiar una carrera de ciencias de la salud, en el **capítulo 6**, se proponen dos temas:

- **Color**
- **Umbral Absoluto de la Modalidad Visual**

En el **capítulo 7**, se muestra la evolución conceptual de los estudiantes, como uno de los resultados obtenidos en las asignaturas de Práctica Docente II y III.

Además, con la aplicación de la Concepción Didáctica Analógica en el aula, se logra que los actores educativos accedan al cambio axiológico, actitudinal, metodológico, conceptual y epistemológico.

Los estudiantes adquieren aprendizajes significativos en el tema de Ondas Mecánicas y Ondas Electromagnéticas, realizan la transferencia de los conocimientos adquiridos en física a dos problemas de su entorno.

El docente acepta su responsabilidad de planear la clase y estar atento a las inquietudes e intereses académicos del grupo. Se convence que su proyecto de vida es la enseñanza.

RESUMEN

Como docente de física en la Escuela Nacional Preparatoria, me he encontrado con cuatro problemas educativos: la necesidad de actualizar los modelos de enseñanza utilizados, optimizar el tiempo para cubrir el programa, relacionar el lenguaje matemático con los conceptos físicos e incrementar la actividad experimental.

Con los ejes de formación de la MADEMS-FÍSICA pude diseñar, construir y aplicar una secuencia didáctica teórico-experimental, para dar solución a la problemática desde una perspectiva psicopedagógica y disciplinaria.

Para resolver la parte psicopedagógica, retomé lo mejor de cada uno de los modelos utilizados, los amalgamé con la teoría cognitiva de Piaget y del aprendizaje socio-cultural de Vygotsky. Con éstos elementos elaboré un modelo de enseñanza basado en la hermenéutica analógica, a la cual denominé: Concepción Didáctica Analógica.

Posteriormente utilicé el diseño instruccional para elaborar un plan de clase y dar solución a la optimización del tiempo y la infraestructura, con lo que quedó completo el marco psicopedagógico.

Dicho marco lo apliqué a la parte disciplinaria en los temas de ondas luz y color, debido a que son abordados someramente en el bachillerato.

Partí de las concepciones previas de los estudiantes y a través de la discusión entre los actores educativos, la reflexión, el trabajo en equipo, la metacognición, los cambios de representación y una intensa actividad experimental, se originó que los estudiantes percibieran que la ciencia es una actividad social, elevaran el estatus de su ecología conceptual, adquirieran aprendizajes significativos en los temas mencionados y se hicieran responsables de su aprendizaje.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como docente de física en la Escuela Nacional Preparatoria, he encontrado cuatro grandes retos educativos y metacognitivos:

- I. Pensar qué y cómo hacer, para que los estudiantes de física del bachillerato adquieran conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales de manera significativa, es decir, cómo propiciar que asimilen y acomoden los nuevos conocimientos en su ecología conceptual y los apliquen para explicar los fenómenos naturales de su entorno.
- II. Pensar qué contenidos impartir y cómo relacionarlos con las inquietudes e intereses de los actores educativos (estudiantes y docente). El profesor también tiene la necesidad de enseñar contenidos curriculares de manera que satisfagan su inquietud académica y de trascender en el aula; es decir, busca que el proceso de enseñanza sea significativo.
- III. ¿Qué hacer para ser un maestro eficiente? Una forma de optimizar el tiempo en el aula es realizar un plan de trabajo, en donde se plasman los objetivos, contenidos curriculares, las actividades para abordarlos y la forma de evaluar.
- IV. Otro aspecto a considerar en la reflexión docente, es que la mayoría de los estudiantes del bachillerato, no van a estudiar la carrera de física o de alguna de las ingenierías, por lo que se debe buscar la manera de motivarlos para que aprecien la importancia, la utilidad y la contribución metodológica y matemática que proporciona la física a las diferentes ramas del conocimiento científico, como la medicina, la psicología, la química, la biología y para el desarrollo intelectual de los actores educativos.

Un factor más al que se enfrenta el docente de física, es que los estudiantes que no están orientados al estudio de carreras científicas o de ingeniería, se les dificulta el lenguaje matemático y no les resulta fácil la interpretación física de los símbolos matemáticos.

Si a lo anterior le agregamos que el docente no toma en cuenta la etapa de desarrollo cognitivo, ni la zona de desarrollo próximo en la que se encuentran los estudiantes, para el diseño y evaluación de sus actividades, se entiende porque se limitan las posibilidades de que los estudiantes logren un avance intelectual y accedan al cambio conceptual.

Una respuesta integral a estos planteamientos no es trivial. Ya que el problema de la enseñanza es multifactorial, el docente para el diseño y evaluación de las actividades en el aula, debe tener en cuenta las concepciones de los estudiantes y tratar de determinar la forma en que ellos relacionan los conceptos; es decir, el docente debe conocer en lo posible, la ecología conceptual de los estudiantes, además de su zona

de desarrollo próximo, la etapa cognitiva en la que se encuentran, sus intereses y ser capaz de relacionarlo con los contenidos curriculares.

Con la finalidad de facilitar el análisis y la propuesta de solución, la tesis se elabora en dos partes:

- Parte I, análisis y solución de la problemática psicopedagógica.
- Parte II, análisis y solución de la problemática de los contenidos curriculares.

La **problemática psicopedagógica**, se puede enmarcar en dos posturas radicales de la enseñanza de la física:

a. Concepción Univocista de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, está apoyada en el modelo de “Transmisión-Recepción”. Se concibe al estudiante como un “recipiente vacío” en donde el docente puede verter la cantidad de conocimiento que quiera y como quiera, no toma en cuenta los postulados de la teoría del procesamiento humano de la información y no se valora que el estudiante va a interpretar el conocimiento impartido y que el docente a su vez ha interpretado el conocimiento generado por los científicos. La metodología válida es la que hace uso del método científico y los conceptos no pueden ser interpretados, se deben aprender tal como la comunidad científica los ha establecido.

Con esta visión no se utilizan analogías bajo el pretexto de que distorsionan los conceptos, en clase no se menciona que las teorías son formas de interpretar al mundo y que en general existe más de una teoría para explicar los mismos fenómenos, se presenta solo una visión, como si fuera la verdad única y absoluta.

Quizá lo que muestra esta postura es que el docente no domina la asignatura que imparte, por lo que no quiere cambiar ni un ápice la estructura de su clase, todo cambio le genera inseguridad y temor.

Bajo este enfoque, la evaluación consiste en pedir a los estudiantes que repitan de memoria los conceptos y que resuelvan los ejercicios numéricos con el procedimiento que se enseñó en clase.

b. Concepción Equivocista de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, fundamentada principalmente en el modelo de enseñanza “Por Descubrimiento”.

Se parte del hecho de que el aprendizaje es un acto individual y por tanto son los estudiantes los que deben descubrir por sí mismos las leyes de la naturaleza, cualquier metodología y todas las concepciones de los estudiantes tienen la misma validez. Tal vez, el docente acepta todas las opiniones como válidas debido a que el mismo, no tiene claro lo que está enseñando.

Se abusa de las analogías y las metáforas, sólo se hace énfasis en las semejanzas y no se toman en cuenta ni se discuten las diferencias entre el concepto y la analogía.

A pesar de que en la práctica docente no se dan estas posturas extremas, en general los profesores de física no tienen una formación psicopedagógica y en algunas ocasiones no tienen una sólida formación en la materia que imparten, no planean adecuadamente las clases, consideran que al escribir en una lista los temas que van a impartir y con seleccionar los ejercicios de fin de capítulo es suficiente, no se preocupan por abordar el tema desde diferentes ángulos y discutir los límites de la teoría.

Lo que se observa es que los docentes enseñan como ellos aprendieron; sin embargo, cuando se encuentran ante altos índices de reprobación, tienden a culpar a los estudiantes, no consideran que ellos sean parte del problema y de la solución.

¿Qué se propone como solución a la problemática psicopedagógica?

Como una respuesta a las dos posturas radicales anteriores en la parte I de la tesis, se hace una propuesta fundamentada en la línea de la hermenéutica analógica, cuyo eje principal es la construcción del conocimiento a través de la interpretación, discusión, reflexión y aportación de todos los actores educativos.

A esta propuesta se le denomina **Concepción Didáctica Analógica**.

c. Concepción Didáctica Analógica de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, fundamentada en la hermenéutica analógica. El docente asume su responsabilidad en la enseñanza y genera en los estudiantes la responsabilidad del aprendizaje.

De esta manera para tratar de mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física, se requiere suscitar cambios **axiológicos, actitudinales, metodológicos, epistemológicos y conceptuales** en los actores educativos.

Entendiendo como cambio:

- i. **Axiológico:** La construcción del conocimiento como una actividad social, que se logra a través de la interacción respetuosa de los actores educativos.
- ii. **Actitudinal:** Diferente forma de aprender y enseñar física, logrando aprendizajes significativos con la participación activa de los actores educativos. No es suficiente con la exposición del maestro, los estudiantes deben hacerse responsables de su aprendizaje.
- iii. **Metodológico:** Proponer, diseñar y “montar” experimentos, de tal manera que se fusione método y contenido. No sólo seguir instrucciones para “obtener” resultados.
- iv. **Epistemológico:** Interrogar a la naturaleza de manera diferente, generar preguntas, no basta con contestar las mismas de siempre.

- v. **Conceptual:** Construir los conceptos de la física a partir de la ecología conceptual de los estudiantes y el capital cultural del docente.

Para construir la Concepción Didáctica Analógica, se retoman las bondades de las dos posturas pedagógicas extremas y de diferentes modelos de enseñanza, con la finalidad de fomentar la participación de todos los actores educativos, mejorar la interacción entre ellos y crear en el aula un ambiente en donde todos puedan expresar sus concepciones sin sentirse calificados.

Para lograr dichos cambios, es necesario que el docente asuma su responsabilidad por adquirir una sólida formación profesional y psicopedagógica.

Es más probable que un profesor que está interesado en cambiar, genere cambios en los estudiantes.

En el capítulo 2, se construye una **Concepción Didáctica Analógica** de los procesos de enseñanza y aprendizaje, en la cual hay una **proporción de balance entre lo que dice y hace el docente y lo que dicen y hacen los estudiantes en el aula, lo que se busca es que los conceptos se construyan a partir de las ideas de los estudiantes, la discusión entre los actores educativos y la guía del docente.**

Cuando el docente favorece la interacción entre los estudiantes y el objeto de estudio, se fomenta el diálogo entre los actores educativos, se dan cuenta por sí mismos del potencial de la física y se convencen que sirve para explicar los fenómenos de su entorno. En estas circunstancias, el estudio de la física se vuelve más interesante e incluso los estudiantes ya no se conforman con reproducir respuestas, se empiezan a hacer preguntas e intentan responderlas, lo cual obliga al profesor a profundizar en los temas abordados y en algunos casos a actualizarse para poder ayudar a los estudiantes a resolver las dudas generadas en el aula.

Por su parte los estudiantes sienten que la física está ligada a su vida cotidiana y ya no tienen que confrontar el mundo escolar vs mundo cotidiano. Se motivan y se apasionan al percibir que la física no es una ciencia aislada, **¡tiene aplicaciones en la vida real!**

Además, la propuesta pedagógica, permite mostrar que el conocimiento se tiene que construir de manera grupal y colaborativa

Con la **Concepción Didáctica Analógica** de los procesos de enseñanza y aprendizaje, se pretende que los estudiantes logren determinar las causas a través del análisis de los efectos (razonamiento abductivo), generalicen sus explicaciones y perciban que utilizando el razonamiento inductivo y unos cuantos principios generales se pueden explicar una gran variedad de fenómenos.

Además se propicia en los estudiantes la capacidad de predecir lo que ocurrirá a un sistema conociendo sus condiciones iniciales y se atreven a plantearse la pregunta:

¿Qué pasaría si?

Es decir; que se aventuren a cambiar las condiciones iniciales y los efectos por las causas y las causas por los efectos (metonimia).

Por lo tanto, dicha propuesta es útil para cualquier tema de física en el bachillerato, ya que busca promover los diferentes tipos de razonamientos en los estudiantes, así como fomentar valores en los actores educativos con la finalidad de establecer una mejor interacción social en el aula, que facilite la libre expresión de las ideas y su discusión con respeto y tolerancia.

En cuanto al punto tres planteado en la problemática, acerca de cómo mejorar la planeación docente, se propone utilizar el diseño instruccional en donde se toma en cuenta:

- i. Encuadre de la asignatura.
- ii. Los contenidos curriculares.
- iii. La relación entre éstos y los intereses académicos de los actores educativos.
- iv. Las dificultades inherentes al tema.
- v. El espacio del aula y los materiales que se van a necesitar.
- vi. Las características académicas y cognitivas de los actores educativos.

En el capítulo 3, se hace una propuesta para elaborar el plan de clase, se toma el encuadre como lo realiza Zarzar (1997), el Diseño Invertido que propone el Centro Educativo Tanesque (2004) y del Guión Dramático que trabaja Cooper (2003).

El plan de clase es un instrumento que nos orienta para llevar a buen término una enseñanza eficiente. El docente, debe tener en mente que el diseño del plan de clases, es una de las partes más interesantes de la enseñanza, proporciona la oportunidad de usar el ingenio, imaginación, experiencia y creatividad. Además de servir como una guía para la interacción con los alumnos y como una herramienta organizativa que produce seguridad.

Es recomendable que el docente realice su propio plan de trabajo, considerándolo tanto un derecho como una obligación, con la responsabilidad de elegir libremente la mejor manera para construir su modelo de enseñanza.

Se ha encontrado que la atención del alumno, su conducta, aprovechamiento y participación en una tarea, está asociada con la planeación de la enseñanza.

¿Qué resultados se han obtenido en los aprendizajes de los contenidos curriculares?

En general los estudiantes en el nivel bachillerato viven en dos mundos mutuamente excluyentes, por un lado tienen sus creencias, prejuicios y sus concepciones acerca de los fenómenos que observan en su entorno, por otro lado tienen las clases de ciencias en donde les dicen los profesores que van a estudiar los fenómenos que ocurren en la naturaleza.

Sin embargo; a los estudiantes las clases de ciencias y en particular la de física, no les aporta explicación alguna acerca de los fenómenos naturales, más bien la perciben plagada de extraños símbolos matemáticos difíciles de descifrar, tienen la sensación que los temas abordados en el aula, son válidos solamente para el mundo escolar.

Con este enfoque, los estudiantes piensan que la física sólo sirve para resolver los ejercicios numéricos de fin de capítulo. De tal manera, que la visión de la física queda limitada por la forma de enseñar del docente.

Asimismo, la clase de física resulta un verdadero galimatías para los estudiantes, la información nueva que se les transmite la consideran carente de significado y no perciben la necesidad de utilizar un modelo científico, ya que suele representar algo indescifrable, lleno de términos raros y ecuaciones que no pueden interpretar. A pesar de que son capaces de memorizar las definiciones y manejar el modelo matemático, tal parece que la ciencia sirve para explicar los fenómenos de otro planeta ajeno al que viven (Bravo, 1990).

A pesar de que la mayoría de los actores educativos consideran que las matemáticas representan un obstáculo casi insalvable, parece que el problema radica en la forma de utilizarlas. Generalmente se enseña a los estudiantes a resolver ejercicios numéricos sin realizar un análisis físico, sin plantear hipótesis, no existe la posibilidad de que el estudiante busque diferentes caminos para llegar a la solución, no se explicita los límites del modelo físico, no se hace una evaluación de la solución, se limita al manejo de “fórmulas” y a la obtención de un número que no tiene significado para los estudiantes y muy a su pesar lo buscan afanosamente porque al encontrarlo piensan que el problema está resuelto. Con lo que se reduce la riqueza y la interpretación simbólica de las ecuaciones y diagramas, generando con esto **actitudes** de rechazo y aversión hacia la física y hacia las matemáticas.

Por otro lado, el trabajo en el laboratorio es considerado como el espacio natural en donde se comprueba la teoría. Para realizar las “prácticas”, solo hay que verificar las hipótesis que están planteadas en el formato, no se vale cambiarlas, ya están bien establecidas, basta seguir las instrucciones como en una receta de cocina, llenar los espacios en blanco y se habrá llevado a cabo todo un “trabajo científico”, ya que se siguió el método científico y se “comprobaron” las hipótesis de la teoría. Lo anterior fomenta en los estudiantes una distorsión acerca de la **metodología** que se usa para generar conocimientos en física, produciendo una pobreza **epistemológica** en los estudiantes.

Por lo que no resulta casual, la escasa participación de los estudiantes en el aula de física, no se atreven a expresar sus ideas por temor a estar mal, no consideran que la discusión en el aula sea una oportunidad para plantear y aclarar dudas.

Por su parte los docentes, contribuyen al aprendizaje memorístico, ya que generalmente los exámenes contienen dos partes: una “teórica” y otra de “problemas”.

En la parte teórica, se pide a los estudiantes definiciones y leyes de memoria, sin que haya un razonamiento de los conceptos abordados en el aula, con lo que el examen se convierte en un “fax” de lo que el profesor dijo en clase y entre más fiel sea, asignan mejor calificación al estudiante (Pozo y Gómez, 2001).

Mientras que en la parte de problemas, se pide a los estudiantes que resuelvan ejercicios cuyo resultado es numérico y único, obtenido a través de un “formulazo”, con lo que difícilmente se suscita la asimilación y acomodación de los conceptos y por ende, no se da el **cambio conceptual**.

Si a esta situación se le suma que la mayoría de los docentes son “inaccesibles” para los estudiantes, ya que no conocen y no les importa la problemática del adolescente, se aprecia el porque existe un alto índice de reprobación en esta asignatura.

De la problemática planteada, se deriva la gran interrogante de los estudiantes:

¿Para qué me sirve la física?

Para dar respuesta a la problemática de los contenidos curriculares, en la **parte II** del presente trabajo, se aplica la propuesta psicopedagógica desarrollada en los capítulos 2 y 3, al curso de Física IV, área II que pertenece al currículum de la Escuela Nacional Preparatoria. Es una asignatura enfocada hacia las ciencias de la salud, por lo que los estudiantes no van a la carrera de física o de alguna ingeniería.

Por lo que en el capítulo 4, se diseña una secuencia teórico-experimental para abordar los fenómenos de: interferencia, reflexión y refracción en una y dos dimensiones.

En el capítulo 5, una vez que se han estudiado estos fenómenos y a través del razonamiento abductivo, se muestra que la luz tiene un comportamiento ondulatorio, por lo que se le puede considerar como una onda electromagnética.

En el capítulo 6, se aborda el concepto de color y se hace una disección de un ojo de buey para conocer su estructura.

Al final, del capítulo se propone una aplicación de la luz al proceso de visión del ser humano, determinando el umbral absoluto de la modalidad visual para los colores primarios: rojo, verde y azul, para la visión escotópica.

La transferencia al aula de la propuesta psicopedagógica, se realiza utilizando los temas de ondas, luz y color, porque en la ENP, difícilmente se abordan, debido a la dificultad de realizar actividad experimental y la complejidad matemática.

La justificación que dan algunos docentes son:

- ➔ No existe suficiente material en el laboratorio, lo cual dificulta diseñar y preparar actividades experimentales que muestren los fenómenos.
- ➔ La matemática involucrada está fuera del alcance de los estudiantes.
- ➔ Es difícil relacionarlos con otros temas de física y menos con otras asignaturas.
- ➔ No son temas importantes como la mecánica.

¿Qué se propone como solución a los argumentos de los docentes?

Para tratar de dar solución a la escasez de material en el laboratorio, se diseña una secuencia con actividades experimentales sencillas que se realizan con materiales de bajo costo y fácil adquisición.

El diseño de las actividades se realiza tomando en cuenta los contenidos curriculares, la etapa de desarrollo cognitivo de los estudiantes, la zona de desarrollo próximo, los intereses y necesidades académicas de los estudiantes.

Se inicia con la etapa de operaciones concretas, manipulando y montando los experimentos, posteriormente se pide a los estudiantes que a través de la discusión, reflexión y la guía del profesor, expliquen y predigan lo que ocurre en cada fenómeno estudiado para que accedan al desarrollo de operaciones formales.

Para lograrlo se amalgama la parte experimental y la discusión de conceptos. De tal manera, que la actividad experimental se utiliza en algunos momentos para construir conceptos y en otros para contrastar las concepciones de los estudiantes. Asimismo, la parte teórica en algunos momentos sirve de guía para diseñar las actividades experimentales, profundizar en el tema y consolidar el conocimiento. Lo cual significa que se fusiona método y contenido.

En cuanto a la matemática, se plantea acercarse de manera gradual, utilizando los diferentes lenguajes propuestos por Krieger (1989), en el “El maletín de herramientas del físico”, con los que se pueden representar, interpretar y explicar los fenómenos ondulatorios.

Inicialmente se pide a los estudiantes que describan de manera clara y concisa el fenómeno, para lo cual se usa la **retórica**, enseguida se pide que representen al fenómeno de manera **pictórica**, posteriormente se realizan diagramas y/o gráficas con lo que se está usando un lenguaje **geométrico**, es el que permite llegar a una representación más abstracta: **la algebraica**.

En cuanto a la importancia de las ondas, tienen su atractivo inherente, debido a que la mayor parte de la información de nuestro entorno se percibe a través de ondas, ya sean mecánicas como el sonido que llega al oído, u ondas electromagnéticas como la luz que es percibida por el ojo humano.

Si se reflexiona acerca de la información que reciben los órganos sensoriales, se observa que la mayoría es a través de ondas y se puede responder a estos estímulos debido a que en el cuerpo existen receptores específicos a cada tipo de estímulo y se percibe la interacción debido a que las ondas transfieren energía a las células receptoras, con lo que se abre una gama amplia para la aplicación de la física en nuestro entorno.

Con este trabajo se busca que los estudiantes adquieran aprendizajes significativos en los contenidos curriculares del programa de física, eleven el estatus de su ecología conceptual, que vean que la ciencia en general y la física en particular, es atractiva, útil, que tiene relación con otras áreas del conocimiento como la química, la biología y la psicología, además de proporcionar una metodología válida para cualquier ciencia experimental.

En suma, se pretende que los actores educativos se expresen con libertad, propongan hipótesis, diseñen y construyan actividades experimentales, planteen preguntas que los lleven a reflexionar y se hagan responsables de su conocimiento, con lo que se promueven los cinco cambios propuestos anteriormente.

Con la propuesta, de la Concepción Didáctica Analógica de los procesos de enseñanza y aprendizaje, del plan de clase y la aplicación de éstas, a los temas de ondas, luz y color, se da respuesta a la problemática planteada en el capítulo 1.

En conjunto es una postura psicopedagógica que incluye una metodología de trabajo y sirve para cualquier asignatura de ciencias y en particular para todo tema de física. Es decir; la Concepción Didáctica Analógica junto con el plan de clase, es una propuesta para mejorar y hacer eficiente el proceso de enseñanza y el proceso de aprendizaje en la Escuela Nacional Preparatoria (ENP).

PARTE I: ANÁLISIS Y PROPUESTA PSICOPEDAGÓGICA

INTRODUCCIÓN

Para orientar los procesos de enseñanza y aprendizaje hacia una **Concepción Didáctica Analógica**, es deseable que el docente conozca y aplique las diferentes teorías psicológicas, como la cognitiva, humanista, constructivista, conductual, social, etc.

Además debe ser consciente de la concepción que tiene acerca de hacer ciencia y de la naturaleza de la ciencia, debido a que las creencias que posee con respecto a estos aspectos, influyen en su práctica docente.

De tal modo, que si el docente piensa que los conocimientos científicos son verdades absolutas, descubiertas a través del razonamiento inductivo y del método científico, significa que posee una **Concepción Univocista** de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Con esta concepción, se enseña a través de definiciones, ecuaciones y prácticas de laboratorio, que nada tienen que ver con los fenómenos que ocurren en la naturaleza y menos aún, con el entorno de los estudiantes.

En los exámenes suele pedirse a los estudiantes que repitan de memoria tal y como se les enseñó en clase, sin que exista la posibilidad de variar el método.

Por otro lado, si se toma la **Concepción Equivocista** de los procesos de enseñanza y aprendizaje, se piensa que no se tiene acceso a la realidad, ya que esta existe en la medida en que cada individuo construye **su realidad**, entonces se concibe a la ciencia como una metáfora de la naturaleza, cuya validez es igual a la obtenida por la religión, el vudú o a cualquier otra forma de “adquirir conocimiento” (Chalmers, 2001).

Desde esta perspectiva se concibe que no se le puede enseñar nada a los estudiantes, primero porque su realidad es diferente a la del docente y segundo porque el acto de aprender es individual.

Tratando de mediar entre ambas posturas extremas, se propone una postura que retome las bondades de las dos anteriores, a la cual se le denomina **Concepción Didáctica Analógica** de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

La **propuesta** para operar como un docente con una **Concepción Didáctica analógica**, requiere partir de las concepciones previas de los estudiantes e irse aproximando a los conceptos establecidos por la comunidad científica, para lo cual es necesario:

- a. **Que el docente domine la disciplina que enseña**, de tal manera que sea capaz de exponer los temas desde diferentes ángulos, tratando de integrar los intereses de los estudiantes con los contenidos curriculares.
- b. Conocer el estadio de desarrollo cognitivo en el que se encuentran los estudiantes, para diseñar actividades adecuadas a su capital cultural, con la finalidad de que los estudiantes se convenzan de que la física no es sólo para unos cuantos superdotados.
- c. Abordar el tema desde el punto de vista de los estudiantes y trabajar en su zona de desarrollo próximo, con el propósito de generar el cambio conceptual y elevar el status de su ecología conceptual.
- d. Presentar el tema desde el punto de vista de la ciencia, con la intención de que la metodología utilizada en el aula sea una aproximación a la que utilizan los profesionales de la ciencia. De tal modo, que los estudiantes sean capaces de generar preguntas que los lleven a profundizar en los conceptos abordados en clase y conciban otra forma de interrogar a la naturaleza.
- e. Establecer metáforas y analogías para mejorar los procesos de asimilación y acomodación de los nuevos conceptos, para acceder al cambio conceptual.
- f. Metacognición como una toma de conciencia de los estudiantes sobre el salto cognitivo que han logrado y de la curiosidad intelectual que ha florecido en ellos.
- g. Analizar las transposiciones que operan en los procesos de realizar analogías, simplificación y aproximación que se producen en la construcción del conocimiento de los estudiantes y de los modelos científicos.
- h. Explicitar a los estudiantes, los rangos de validez conceptual y operacional que se utilizan en el aula, que se forjen la idea de que la física no es una ciencia acabada, que aún hay mucho que construir y descubrir.
- i. Generar en el aula un clima de confianza y respeto para motivar la participación de todos y se impulse una educación con valores, como la libre expresión de las ideas, la tolerancia, la honestidad, el trabajo en equipo, la igualdad, el respeto, la responsabilidad, entre otros.

Con la intención de apreciar y contrastar la propuesta didáctica analógica, en el capítulo 2, se hace una breve reseña de las concepciones univocista y equivocista.

Otra problemática que se menciona en el capítulo 1, es la deficiente planeación de los docentes y para subsanar este aspecto, en el capítulo 3, se desarrolla una propuesta de diseño instruccional en seis fases en el que se incluye un plan de clase.

ETAPAS DEL DISEÑO INSTRUCCIONAL

- i. Encuadre de la asignatura y el tema
- ii. Diseñar el plan de clase con base en el guión dramático
- iii. Obtener las concepciones previas de los estudiantes
- iv. Ajustar el plan de clase
- v. Aplicación
- vi. Evaluación

El análisis de las concepciones didácticas amalgamado con el diseño instruccional, forman el marco teórico psicopedagógico para el diseño y aplicación secuencia teórico-experimental que se presenta en los capítulos 4, 5 y 6.

CAPÍTULO 2: POSTURAS DE LA DIDÁCTICA

2.1 CONCEPCIÓN UNIVOCISTA DE LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Se considera necesario y suficiente que el docente domine su disciplina para que imparta su cátedra y los estudiantes aprendan, no se considera importante la formación docente en psicopedagogía.

La labor docente consiste en explicar de manera clara, coherente y lógica, los conocimientos verdaderos, acabados y precisos que se han generado por los investigadores, a través del trabajo individual y del “Método Científico”. Con lo que origina que la comunicación en el aula sea unidireccional, los estudiantes participan si el docente lo autoriza y es para preguntar algo que no quedó claro durante la explicación del tema. La interacción entre los estudiantes es considerada como indisciplina.

Se imagina al estudiante como un autor y lector ideal, capaz de aprender y reproducir en el aula sin errores los conocimientos científicos. Dejando de lado el razonamiento abductivo e inductivo, como si la teoría hubiera surgido por generación espontánea, el uso de metáforas y analogías es muy restringido, quitando con ello gran parte de la riqueza de los símbolos utilizados en la ciencia.

Bajo esta concepción, no es importante contextualizar el conocimiento, ni en el tiempo ni en el espacio, dando la impresión que la ciencia es una actividad que se genera a través de la reflexión, en un aislamiento de la realidad y de la sociedad.

Además se piensa que la actividad experimental, sólo se puede realizar en el laboratorio y es el método que sirve para “comprobar” la teoría que ha sido generada de manera individual por mentes brillantes y que es enseñada en el aula. Por lo que los estudiantes no pueden proponer hipótesis, ya que éstas ya han sido establecidas por la comunidad científica.

Se tiene la creencia que la labor de los estudiantes consiste en aprender de memoria los conocimientos con que han sido “iluminados” por el profesor, repitiendo sin reflexionar y sin hacer un análisis de los rangos de validez de las teorías enseñadas. Se espera que los estudiantes como lectores ideales, capten perfectamente la intención del profesor.

El paradigma, de esta concepción de enseñanza sigue la secuencia **enseñar-aprender-aplicar**: Primero los estudiantes, aprenden contenidos y procesos a través de la exposición del docente. Posteriormente aplican ese nuevo aprendizaje en situaciones estructuradas y en ejercicios numéricos con respuesta única.

El docente olvida que los estudiantes desde la cuna empiezan a percibir el mundo y a interpretarlo, generando explicaciones de los fenómenos que ocurren en su entorno, dichas explicaciones son persistentes y en general están de acuerdo con el sentido común de los estudiantes, por lo que no es fácil que las modifiquen (Pozo, 2001).

Hay que tener presente que los **modelos** de los estudiantes están basados solamente en el **sentido común**, se construyen idiosincráticamente a partir de su experiencia cotidiana y de las interacciones sociales; por lo que son eminentemente figurativos, casi pictóricas. Dando origen a los primitivos fenomenológicos, que son explicaciones basadas en el sentido común y generalmente se usa una explicación para cada fenómeno e incluso en algunas ocasiones son contradictorias para fenómenos parecidos, nunca se intenta dar una explicación general que englobe a varios fenómenos, además consideran que el comportamiento del sistema estudiado siempre es lineal e irreversible.

A pesar de lo anterior, las explicaciones de los estudiantes poseen coherencia y en muchos casos son conclusiones que han obtenido a través de la experiencia cotidiana y de la reflexión, por lo que no son fáciles de modificar.

En general, los modelos de los estudiantes impiden que se produzcan aprendizajes significativos, debido a que existe una gran diferencia entre las diversas representaciones que construyen los estudiantes acerca del mundo y las correspondientes representaciones científicas. Si el docente no toma en cuenta las concepciones de los estudiantes, se corre el riesgo que se conviertan en un enemigo del aprendizaje.

Hernández (1995), menciona dos tipos de profesores que no se interesan en el diálogo con los estudiantes:

- a. Profesor pedante, no se interesa por las condiciones del alumno, provoca la infravaloración del estudiante y la no comprensión de su mensaje.
- b. Profesor “autista didáctico”, se enfrasca en un monólogo, no se interesa por el receptor. Promueve una enseñanza desconectada de los intereses de los estudiantes y de su realidad.

De acuerdo con Bohoslavsky (1975), la postura univocista de los procesos de enseñanza y aprendizaje, nos lleva a considerar a la educación como una escolarización y un adiestramiento, afirma que todo proceso de enseñanza, genera un vínculo de dependencia expresados en supuestos como, que el profesor:

- a. Sabe más de lo que va a enseñar.
- b. Debe proteger a los alumnos de cometer errores.
- c. Puede determinar la legitimidad de los intereses de los estudiantes.

- d. Puede y/o debe definir la comunicación posible con los estudiantes.
- e. Es el que pauta el tiempo y el espacio del proceso de enseñanza.

Estos puntos llevan a considerar, que cuanto más pasivo sean los estudiantes, más se aprende, debido a que el profesor puede “verter” en la cabeza de los estudiantes los contenidos de su programa.

Convirtiéndose el maestro, en sumo sacerdote y en donde el acto de enseñanza lleva mayoritariamente una carga de agresión, que los estudiantes internalizan y vuelcan su enojo hacia adentro, produciéndose en ellos un repudio hacia el aprendizaje de la ciencia.

En suma: El maestro que transmite un saber acabado, convierte al mismo, en un producto desde una lógica explicativa que no promueve una revisión del conocimiento acumulado. En esta visión de ciencia y conocimiento, **las verdades provenientes de un determinado paradigma se absolutizan, convirtiéndose en dogmas** (Beuchot, 2005).

2.2 CONCEPCIÓN EQUIVOCISTA DE LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Desde la perspectiva de la teoría pedagógica de la facilitación excesiva, o de una pedagogía no directiva, se le pide al maestro que se centre en el alumno, que se olvide de sí mismo, que deje a los estudiantes “descubrir” el conocimiento. En esta postura no son importantes los conocimientos del docente, se considera que lo más importante es que los estudiantes se motiven.

Se considera que el maestro no puede enseñar nada al estudiante, debido a que el acto de aprendizaje es un acto individual.

Idealmente, en esta concepción, el docente debe retirarse, observar, dejar hacer. En este sentido la labor del docente, en el mejor de los casos, se reduce a proporcionar material.

La comunicación entre el docente y los estudiantes es aún menor que en el caso anterior, ya que el profesor espera que los estudiantes lleguen por sí mismos a encontrar las leyes de la naturaleza y para lograrlo, no importa la metodología, ni lo que se piense, ya que se afirma que no hay ningún método que permita probar que las teorías científicas son verdaderas, ni siquiera probablemente verdaderas y tampoco hay algún método que permita refutar de manera concluyente las teorías científicas. Con esta concepción el docente tiende a olvidar que la curiosidad de los estudiantes, es mucho más inmediata y menos metódica que lo exigido por la ciencia.

Lo anterior es una postura fundamentada en las ideas de Feyerabend (en Chalmers, 2001):

“La ciencia no posee rasgos especiales que la hagan intrínsecamente superior a otras ramas del conocimiento, tales como los antiguos mitos o el vudú. El elevado respeto por la ciencia es considerado como la religión moderna.”

Con este enfoque, se concibe a los estudiantes como autores y lectores empíricos, ya que todo lo que digan e interpreten es equivalente.

Aún cuando el docente sea entusiasta y creativo, e intente evitar el relativismo extremo, es imposible que maneje todo el espectro de pautas científicas que se dan como alternativas dentro de la rama del saber de que se trate, para presentarlas con igual objetividad. Siempre se va a otorgar, de modo inconsciente, mayor peso a su propia concepción, y el alumno lo percibe, tendiendo a adoptarla como propia.

La palabra del educador sigue pesando mucho en los estudiantes adolescentes y aunque se insista que ellos deben elegir por sí mismos, tenderán a tomar como referencia la opinión del docente. Por lo tanto, el **docente sigue siendo el depositario del conocimiento, aunque de modo más encubierto** (García, 1975).

2.3 PROPUESTA: CONCEPCIÓN DIDÁCTICA ANALÓGICA DE LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

En la línea de esta concepción, se considera al docente como el mediador del conocimiento científico y las concepciones de los estudiantes, por lo que el profesor debe buscar una interpretación mesurada de las cosas, de la naturaleza y del pensamiento de los estudiantes.

No se puede soslayar el hecho de que es el profesor, el que puede evitar el relativismo subyacente de algunas propuestas didácticas, que dan igual validez a todas las explicaciones sobre el mundo.

A decir de Eggen (2002), el docente es un líder activo en la tarea de ayudar a los alumnos a procesar, asimilar y acomodar las nuevas ideas. Debe poseer la habilidad para **interpretar** el conocimiento científico y ser capaz de ponerlo al nivel de los estudiantes para poderlos guiar en sus razonamientos y en la construcción del modelo científico.

Además el docente debe poseer la creatividad necesaria, para ajustar las actividades que ha preparado a las necesidades del grupo, de tal modo que se tome en cuenta el programa, el estadio piagetiano, la capacidad, el conocimiento previo y las inquietudes de los estudiantes.

El docente debe ser cuidadoso para diseñar las actividades acordes con la zona de

desarrollo próximo de los estudiantes, en la medida que perciben que pueden realizar las actividades propuestas, su espíritu de indagación es conmovido y están dispuestos a **disfrutar el fruto delicioso del conocimiento**, generando en ellos cierta autonomía, sin que esto implique la renuncia del docente a guiar a los estudiantes.

Durante la clase, el docente debe estar atento a los rostros y actitudes de los estudiantes para interpretar adecuadamente sus necesidades y el acto de enseñar sea un acto ético. Asimismo, el profesor debe poseer una gran creatividad para que en caso necesario, ajuste y/o cambie las actividades de acuerdo con los intereses del grupo.

A decir de Coleman (1994), los estudiantes adolescentes aún necesitan un guía y un control en las actividades que van a realizar.

Otro punto importante en el aula, es la comunicación bidireccional entre todos los actores educativos. La comunicación entre docente y estudiantes involucra tanto aspectos lingüísticos (semánticos y sintácticos) como representacionales, al ser tomados en cuenta, mejoran la posibilidad de comunicación y entendimiento durante la exposición de una clase.

Una de las estrategias que se utilizan para abrir espacios de comunicación es la realización de preguntas pertinentes, que motiven al estudiante a explicar los fenómenos estudiados a través del uso de metáforas y analogías, para posteriormente recurrir al razonamiento inductivo y hacer generalizaciones.

Mediante las preguntas, el docente puede ayudar a los estudiantes a establecer relaciones, hacer participar a los estudiantes que muestran desinterés, inducir a la participación a los desatentos, mejorar la autoestima de los estudiantes e incrementar las posibilidades de éxito.

Una característica que posee el maestro eficiente es saber hacer la pregunta adecuada en el momento oportuno con la intención de generar crisis cognitiva en los estudiantes.

En este sentido Bachelard (2001), escribe:

“La función de la razón es provocar crisis y únicamente las crisis de la razón pueden instruir a la razón”

Una de las formas de ayudar a los estudiantes a superar la crisis cognitiva, es considerar todas las teorizaciones personales en pie de igualdad, incluyendo la del docente. Con la discusión y el trabajo experimental se elige una de las “teorías”, tal elección debe ser con base en su poder de explicación de los fenómenos estudiados y no por imposición del docente.

Con la discusión entre pares académicos, el estudiante siente la confianza de

expresar sus ideas, reflexionar y fundamentar sus puntos de vista, con lo que se generan nuevos valores como saber escuchar, tolerancia, respeto por las ideas de los demás. En suma se promueve el cambio axiológico y epistemológico.

Con lo cual se espera que el estudiante adolescente desarrolle una serie de capacidades que son propias del pensamiento formal como: combinar elementos, aislar variables, formular y comprobar hipótesis, entender las interacciones entre dos o más sistemas y forjar un pensamiento crítico, de tal manera que sienta la libertad de decir lo que realmente piensa, en lugar de lo que espera escuchar el docente.

Conde (2005), afirma que la comprensión entre los actores educativos, se basa en el diálogo más que en la instrucción. Sugiere una pedagogía del diálogo con las siguientes características:

- a. Fomentar valores educativos fundamentales de racionalidad, sensibilidad y disposición a escuchar los puntos de vista otros.
- b. El modelo de enseñanza debe buscar una proporción de equilibrio entre las ideas de los estudiantes y las ideas del docente, quizá en algunos momentos tenga que renunciar a la autoridad del profesor como “experto” capaz de resolver las cuestiones de valor, dejando que los estudiantes discutan libremente y sean ellos a través del intercambio de ideas, los que elijan la mejor explicación. Convirtiéndose en constructores y responsables de su conocimiento. El profesor debe aspirar a ser neutral, durante las discusiones de los estudiantes.
- c. La estrategia docente debe mantener el principio de autoridad del profesor en el aula, aunque manteniéndolo dentro de las reglas que pueden justificarse en relación con la necesidad de la disciplina y el rigor para alcanzar el conocimiento.
- d. En su método de enseñanza el maestro, debe utilizar un lenguaje a varios niveles (literal y analógico). En términos psicológicos dirige su mensaje a los dos hemisferios del cerebro, con lo que se está promoviendo en los estudiantes el cambio de representación de los fenómenos.

Para lograr que los estudiantes desarrollen la habilidad de cambio de representación de un fenómeno, se retoma la propuesta de Krieger (1989):

- a. **Representación pictórica:** Como primera aproximación los estudiantes representan el fenómeno observado mediante dibujos.
- b. **Retórica, lenguaje verbal y escrito:** En algunos momentos, quizá no sea necesario expresar los conceptos o las leyes de la naturaleza en términos de ecuaciones, es completamente válido poder expresarlas con palabras, sin perder formalidad.
- c. **Diagramas, gráficas y relaciones de proporcionalidad:** Estas herramientas pueden catalogarse como analógicas, no tienen la rigidez de las ecuaciones y es

un lenguaje intermedio entre fenómenos que se observan y el álgebra. Son útiles para encontrar las relaciones de proporcionalidad entre variables.

d. Herramientas algebraicas: Sirven para realizar cálculos y aproximaciones, conocer las reglas de los operadores y verificar los límites de validez. Debido a su carácter abstracto, se propone que su uso sea posterior a las anteriores representaciones.

A decir de Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001), aprender ciencia implica manejar el lenguaje y las representaciones de la ciencia. Hablar con el lenguaje y las representaciones propias de la ciencia es un paso necesario en el camino hacia su aprendizaje.

En muchas ocasiones, la diferencia entre el lenguaje de los estudiantes y el de los científicos puede ser abismal. Una manera de facilitar el tránsito de uno a otro lado, es tender un puente mediante el uso de las metáforas y analogías, que ayuden a la simplificación de un concepto más complejo. En algunos casos es necesario partir de una representación pictórica e irse aproximando de manera gradual al concepto.

Un experto comprende que este tipo de representación involucra una simplificación del concepto científico referente; interpreta sus alcances, aplicaciones y limitaciones, sus escalas de trabajo y la diferencia entre el concepto científico propiamente dicho y su representación concreta. El novato, en cambio, suele aceptar este tipo de representación como «verdadera», sustituyendo a la entidad científica, sin comprender la naturaleza mediática y metafórica de las convenciones, correspondencias y simplificaciones utilizadas. Por lo que se hace necesario establecer claramente las semejanzas y sobre todo las diferencias entre la analogía y el analogado, para evitar confusiones en los estudiantes.

Se supone que al utilizar las analogías, los estudiantes podrán operar sobre dichos contenidos desde su **pensamiento operatorio concreto** y se estima que mediante estrategias didácticas adecuadas a su zona de desarrollo próximo, podrán acceder a un **pensamiento operatorio formal** sobre los contenidos analogados. Así en la secuencia se propone partir de una representación pictórica y llegar a una representación algebraica.

Desde la perspectiva constructivista cabe considerar que el razonamiento analógico es la llave que permite el acceso a los procesos de aprendizaje, ya que todo nuevo conocimiento incluye una búsqueda de aspectos similares entre lo que ya se conoce (ecología conceptual) y el nuevo conocimiento, por lo que el uso de analogías se convierte en una estrategia que permite elevar el estatus de la ecología conceptual de los estudiantes.

El uso de analogías juega entonces un papel muy importante en la generación del cambio conceptual de los alumnos, facilita la comprensión y visualización de conceptos abstractos, despierta el interés por un tema nuevo, estimula al profesor a tener en cuenta el conocimiento previo de los alumnos.

Para interpretar adecuadamente a los estudiantes, es imprescindible que los docentes de ciencias cuenten con una formación de alto nivel y tengan la habilidad del pensamiento creativo en el área que imparte.

Así como contar con una formación sólida en psicopedagogía, de tal manera que su práctica docente la estructure alrededor de seis parámetros que son constitutivos de toda teoría pedagógica, a saber:

- i. Las metas de formación.
- ii. Contenidos curriculares.
- iii. Relación docente-estudiante.
- iv. Métodos y técnicas en los procesos de enseñanza y aprendizaje.
- v. Diseño instruccional.
- vi. Evaluación

La integración de estos parámetros genera posibilidades convergentes de concebir la educación en ciencias como una educación integral, retomando las bondades de cada una de las teorías psicológicas del aprendizaje: cognitiva, humanista o liberal, conductista, constructivista, social o comunitarista.

Esta integración puede ayudar probablemente al docente de ciencias, porque es una guía que tiende a resolver problemas propios de la enseñanza que no se resuelven desde la ciencia misma (Arredondo, 1975).

CONSIDERACIONES FINALES

Es importante mencionar que bajo la línea de una **concepción analógica** de la ciencia, las teorías son consideradas como un modelo con limitaciones de la realidad. La elección del modelo se basa en su sencillez, su riqueza teórica y su poder explicativo.

Al utilizar un modelo didáctico analógico, se consideran importantes las concepciones previas de los estudiantes. El análisis de dichas concepciones ayuda a conocer el estadio piagetiano en el que se encuentran los estudiantes y a determinar su zona de desarrollo próximo con la finalidad de ajustar las actividades propuestas en el plan de clase e incrementar las expectativas de éxito hacia el cambio conceptual.

En algunos casos las concepciones previas se utilizan como una primera aproximación de los conceptos y se van aproximando a los conceptos científicos, en otros casos se genera una crisis cognitiva con la finalidad de que los estudiantes reflexionen sobre sus propios conocimientos. En ambos casos lo que se busca es que suscite el cambio conceptual.

Parece que es más difícil acceder al cambio conceptual, si no se promueven simultáneamente cambios en las actitudes de los actores educativos hacia los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física, también se debe fomentar un cambio metodológico, se debe participar activamente de manera cognitiva y procedimental. Al diseñar, construir, analizar y discutir las actividades experimentales se espera que los estudiantes generen preguntas, con lo cual se origina el cambio epistemológico. Cuando los actores educativos perciben que todos tienen ideas valiosas, se inspira el respeto y la tolerancia entre ellos, suscitando el cambio axiológico.

Cabe resaltar que la presente propuesta es útil para que los estudiantes integren su mundo escolar y su mundo cotidiano.

CAPÍTULO 3: DISEÑO INSTRUCCIONAL

¿CÓMO PLANEA EL DOCENTE?

Generalmente se confunde el preparar la clase con planear la clase, la mayoría de los profesores escriben en una hoja, lo que van impartir durante una sesión y tal vez seleccionen algunos ejercicios numéricos para ilustrar los conceptos que se abordan durante la clase.

No se escribe el objetivo de la clase, no se sabe a ciencia cierta que se espera de los estudiantes, qué hacer para verificar si han entendido. Tampoco se piensa en la forma de trabajar en el aula, cómo se evalúa, que criterios se utilizan para evaluar, quizá lo más grave es suponer que los estudiantes deben saber lo que estamos pensando, no se les dice de manera explícita lo que esperamos de ellos y en general no se hace una reflexión acerca del trabajo en el aula.

A pesar de las deficiencias que se tienen en la planeación, la mayoría de los docentes consideran que no es necesaria una formación psicopedagógica, infieren que con el tiempo y a través de la “experiencia” se convierten en un buen docente.

No es fácil que los docentes acepten que al realizar una adecuada planeación se mejoran los procesos de enseñanza y aprendizaje, se optimiza el tiempo y los recursos disponibles, se adelantan a los problemas que puedan surgir en el aula, generando un mejor aprovechamiento de los estudiantes.

Diversos estudios han mostrado que la atención del alumno, su conducta, aprovechamiento y participación en una tarea, está asociada con la planeación de la enseñanza, por lo que es fundamental dedicar tiempo a la planeación docente, partir de los contenidos curriculares y ligarlos con los intereses de los estudiantes, reflexionar acerca de las dificultades inherentes al tema, el espacio del aula, los materiales con que se cuenta, conocer las características académicas y cognitivas de los estudiantes para realizar una adecuada planeación.

En la medida que se diseña el plan de clase, se aprecia que su elaboración es una de las partes más interesantes de la enseñanza, se utiliza el ingenio, imaginación, experiencia y creatividad. Además de servir como una guía para la interacción con los alumnos y como una herramienta organizativa que produce seguridad.

Con la finalidad de que los docentes de la Escuela Nacional Preparatoria, conozcan las bondades del Plan de Clase y se interesen en su elaboración, se toman las ideas medulares de las habilidades básicas para la docencia que trabaja Zarzar, el Diseño Invertido y el guión dramático que propone Cooper.

En mi experiencia docente, he observado que para llevar a cabo con éxito los procesos de enseñanza y aprendizaje es importante realizar la planeación del curso en seis etapas:

3.1 ETAPAS DEL DISEÑO INSTRUCCIONAL

i. ENCUADRE

Para poder diseñar un plan de cátedra realista, se debe tomar en cuenta la ubicación de la asignatura en el plan de estudio, la ubicación del tema, la infraestructura con la que se cuenta, el espacio en el aula, el tipo de estudiantes, los contenidos curriculares y los objetivos generales que se quieren alcanzar.

ii. PLAN DE CLASE

De acuerdo con el **Diseño Invertido** se:

- a. **Identifican los resultados deseables:** Básicamente es responder: ¿Qué se quiere que aprendan los estudiantes? ¿Qué tipo de problemas deben resolver? ¿Deben reproducir respuestas? o ¿Generar preguntas?
- b. **Determinan las ideas grandes/ comprensión perdurable:** Son los conceptos y leyes que se consideran importantes para el tema que se imparte, considerando el grado de profundidad con que se abordan los temas.

Para construir las grandes ideas en el aula se debe partir de la ecología conceptual de los estudiantes, los conceptos y las leyes de la física deben ser construidos y/o inferidas por los estudiantes a través de la interacción con los actores educativos y de los razonamientos: Inductivo, deductivo y abductivo.

En la medida que los estudiantes perciben que sus ideas son importantes, asumen una actitud activa en la construcción de su conocimiento y se hacen responsables de su aprendizaje.

Para ayudar a la construcción de los conceptos y leyes, es indispensable proponer actividades acorde a la etapa piagetiana y trabajar en la zona de desarrollo próximo de los estudiantes. Se debe ser muy cuidadoso para:

- c. **Diseñan las tareas de desempeño:** Estas actividades requieren de un esfuerzo cognitivo, no se trata de la simple reproducción o memorización. Se realizan a través de problemas que requieren para su solución de actividad experimental.

d. Plantean preguntas esenciales: Los estudiantes van construyendo sus conceptos con base en las preguntas que el docente realiza y con las que ellos se hacen. Las preguntas pueden servir para generar el cambio conceptual, a través de la modificación del status de sus concepciones previas (Hewson et al, 1998).

Además es a través de preguntas que el docente puede realizar una evaluación semiformal para determinar las necesidades del grupo y realizar los ajustes pertinentes.

Por otra parte, de acuerdo con **Cooper** (op. cit), los planes de clase y de una unidad temática, se parecen en muchos aspectos a los **guiones dramáticos**, en donde los estudiantes durante la clase, en algunas ocasiones son parte del “acto” y en otros momentos son parte del auditorio. Lo cual propicia la utilización de diferentes modelos de enseñanza, dependiendo de los contenidos curriculares, de las habilidades que se desea promover, de la metodología utilizada y de la intencionalidad del docente.

El plan de clase se elabora con la idea de transmitir un mensaje importante a un “auditorio”. Antes de actuar el plan, el docente ensaya mentalmente los procedimientos para estar seguro de que la clase se desarrollará con éxito.

El maestro sigue el plan conforme “actúa” la clase y al término de la misma, puede anotar lo más relevante en una bitácora para evaluar el desempeño de la clase y realizar modificaciones para la siguiente ocasión en la que exponga el mismo tema con otro grupo.

En la planeación de la clase, se propone incluir cuatro puntos:

a. El establecimiento de un **objetivo** o propósito de enseñanza: Es lo que se espera que los estudiantes aprendan, o el mensaje que el maestro desea transmitir.

Para establecer el objetivo se recurre al contenido curricular y a la experiencia docente, tratando de adecuar los contenidos con las características del grupo.

b. El listado del **material didáctico** que se empleará en una clase: Previene al maestro acerca de lo que debe preparar antes de iniciar la enseñanza, un maestro eficaz no puede esperar hasta el último minuto para reunir o preparar los materiales para la clase.

c. **Metodología** que debe seguirse en el aula: Se planea una serie de actividades y cómo llevarlas a buen término en el aula. Se debe dar a los estudiantes la información necesaria para que puedan llevar a cabo las tareas, así como también la manera en que se deben organizar para el trabajo y el sitio en dónde colocar el material que se va a utilizar durante la clase.

Es conveniente que el docente cuente con la creatividad de ajustar las actividades para responder a las dudas de los estudiantes que vayan surgiendo a lo largo de la clase.

d. Evaluación: Un maestro puede evaluar de muchas maneras lo que los estudiantes han aprendido durante la clase, entre las que se incluyen el trabajo en el aula, la observación de las respuestas de los estudiantes a las preguntas orales, su desempeño durante las actividades experimentales, las tareas, los exámenes y el diseño y la realización de pequeñas investigaciones que ayuden a consolidar lo aprendido.

iii. CONCEPCIONES PREVIAS

A decir de Pozo (1996), los estudiantes desde la cuna y a lo largo de su vida, van generando ideas que les sirven para explicar su entorno, con lo que se va construyendo su ecología conceptual. Dichas ideas se clasifican en tres grupos dependiendo de su origen: **Sensorial, Cultural y Escolar.**

di Sessa (1983), hace énfasis en las concepciones previas de origen sensorial. Afirma que para construir dichas explicaciones, se observa el fenómeno, se analiza el entorno en el que ocurre y se asocian las características del entorno con el fenómeno. También se asocian las características de los materiales con el resultado del fenómeno.

La ecología conceptual de cada persona está formada por sus creencias epistemológicas, creencias metafísicas, conocimientos de otras áreas, analogías, metáforas, de su habilidad de observar los fenómenos de su entorno y en su sentido común.

En la construcción de las explicaciones existe un proceso de percepción y un proceso cognitivo.

Inicialmente nuestros sentidos nos reportan sensaciones, entonces buscamos experiencias previas que nos evoquen las sensaciones del momento, tratando de asociar el contexto y las características de los materiales, con la forma en que ocurre un fenómeno, por lo que vamos construyendo “teorías”, a través del sentido común, el uso de analogías y metáforas, para encontrar las reglas de la naturaleza. A estas explicaciones, di Sessa les llama **primitivos fenomenológicos.**

Bajo esta lógica, el docente no puede pensar que los estudiantes llegan al aula como “hojas en blanco”. Debe ser consciente que traen ideas que pueden favorecer o entorpecer los procesos de enseñanza y aprendizaje.

De lo anterior se desprende que las concepciones previas de los estudiantes, poseen coherencia y les han servido para explicarse su mundo, por lo que no ven la necesidad de modificarlas.

De acuerdo con Strike y Possner (1992), para que los estudiantes acepten las nuevas ideas que se proponen en el aula, se deben cumplir cuatro características:

- a. Insatisfacción con las ideas que poseen. Mientras los estudiantes consideren que sus ideas son adecuadas y suficientes, es difícil promover algún cambio.
- b. La nueva concepción debe ser inteligible. Para que los estudiantes acepten nuevas ideas, deben ser expuestas con claridad y se deben anclar en su ecología conceptual.
- c. La nueva concepción debe ser creíble. Los estudiantes deben percibir que las nuevas ideas son verdaderas. Este punto en particular es álgido y difícil de detectar, ya que en no pocas ocasiones los estudiantes responderán lo que creen que el maestro quiere y no lo que ellos piensan realmente.
- d. La nueva concepción debe ser productiva. En la medida que los estudiantes detectan que con las nuevas ideas se pueden explicar más fenómenos y de manera más sencilla van incorporándolas a su ecología conceptual.

Toda idea nueva, interacciona con la ecología conceptual de las personas, esto significa que para poder hacer un cambio en las concepciones, se debe modificar diversos aspectos, entre los cuales se encuentran las habilidades cognitivas, sociales y afectivas.

Por su parte Furió (1996), menciona que las concepciones alternativas o primitivos fenomenológicos, son persistentes y **no se modifican** fácilmente con **estrategias de enseñanza convencionales** que propician sólo el aprendizaje memorístico, con lo cual no hay interacción entre las concepciones previas de los estudiantes y el conocimiento impartido en clase.

Lo anterior, hace imprescindible que el docente conozca las concepciones de los estudiantes, ajuste los contenidos temáticos a partir de dichas concepciones previas y de manera gradual se vaya fomentando en el aula, la discusión, la argumentación, el trabajo en equipo y la interacción social, con el objetivo de generar la evolución conceptual en los estudiantes.

Se pueden identificar concepciones previas en diferentes momentos de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Antes de iniciar el tema con la finalidad de ajustar el plan de clase y durante el desarrollo del tema para evaluar la comprensión de los estudiantes e identificar los puntos que obstaculizan o facilitan el cambio conceptual y en su caso proponer otras actividades que ayuden a los estudiantes a superar las dificultades conceptuales o metodológicas.

Díaz-Barriga (2002), propone seis pasos para realizar una evaluación diagnóstica:

- a. Identificar los contenidos para el ciclo o unidad temática, evaluar y decidir cuáles son los conceptos fundamentales involucrados.
- b. Determinar que conocimientos previos se requieren para abordar/construir los conceptos importantes.
- c. Diseñar un instrumento de diagnóstico pertinente, considerando los contenidos curriculares y los objetivos.
- d. Aplicar el instrumento.
- e. Analizar y valorar los resultados, para detectar las concepciones previas.
- f. Tomar decisiones pedagógicas sobre ajustes y adaptaciones en la programación, actividades, estrategias y materiales didácticos.

En la elaboración del instrumento de evaluación diagnóstica utilizado en la presente propuesta, se siguen las recomendaciones de Hernández (2002), acerca del examen de opción.

- a. El cuerpo o base debe contener la información importante.
- b. El número de opciones es de cuatro.
- c. La extensión de las opciones debe ser similar.
- d. Evitar en lo posible los enunciados negativos.

iv. AJUSTAR EL PLAN DE CLASE

Con la información recopilada en la evaluación diagnóstica, se realiza una evaluación formativa con la finalidad de ajustar el diseño de clase, regular los procesos de enseñanza y aprendizaje, adaptar al grupo las condiciones pedagógicas, promover cambios en la metodología, en las actitudes, así como para fomentar valores en los actores educativos (tolerancia, respeto a las ideas de los demás, saber convivir, aprender a trabajar en equipos colaborativos, etc.), para acceder al cambio conceptual.

Considerando que en este momento ya se conoce al grupo, se sabe cuales son sus concepciones previas, sus inquietudes y sus intereses. Las actividades propuestas deben ser atractivas y efectivas.

Los docentes deben estar atentos a las necesidades de los estudiantes, su forma de aprender y tener la capacidad de particularizar en la medida de lo posible las actividades propuestas, tal vez sean las mismas actividades, pero en diferente orden, o puede existir variantes en las actividades, lo importante es tomar en cuenta el ritmo de trabajo y supervisar los procesos, los productos y las acciones de los actores educativos.

De tal manera, que el proceso de enseñanza, el método, los contenidos y los intereses de los alumnos estén amalgamados y que perciban la utilidad de la física en su entorno, comprendiendo que los principios generales de la física y su metodología, tienen una escala amplia de aplicación en otras áreas del conocimiento y así generar en los estudiantes la motivación para el estudio de la física.

v. APLICACIÓN

La aplicación es llevar al aula la propuesta pedagógica, siguiendo la analogía de Cooper (op. cit), es la puesta en escena y al igual que los directores de teatro, los docentes deben estar atentos a las reacciones de los actores y del público, que en el caso de la labor docente los actores y público son los estudiantes.

Así, los maestros al impartir sus clases, comunican un mensaje en su manera de organizar la escena para la clase, en lo que le dicen o piden a los alumnos que hagan durante la misma. En una escena bien diseñada, la organización del aula y la interacción social se complementan mutuamente para abordar los contenidos curriculares y para evaluar los aspectos psicopedagógicos.

Hewson (1998), propone partir de las ideas de los actores educativos, profesores y estudiantes, asignándoles el mismo estatus a todas las ideas vertidas en el aula.

Discutirlas en el aula y a través del diálogo, la tolerancia, el respeto y la argumentación, generar el cambio de estatus en la ecología conceptual de los actores educativos.

Inicialmente es difícil que los estudiantes expresen sus ideas debido a que piensan que no son válidas, sienten temor que el maestro se de “cuenta que no saben”, están acostumbrados a “recibir el conocimiento” del docente. Sin embargo, a medida que van adquiriendo confianza poco a poco van exponiendo sus pensamientos y van aprendiendo a reflexionar y a argumentar.

Para facilitar la interacción en el aula, se organiza a los estudiantes en “**pequeños grupos**”; es decir, en equipos de tres a cinco personas que trabajan en conjunto para realizar las actividades y construir su conocimiento, promoviendo el trabajo colaborativo y la integración en una comunidad de aprendizaje. De acuerdo con Vygotsky (1991), se aprende del más apto a través de la interacción social.

Es a través del diálogo espontáneo de cada estudiante con el grupo, con su equipo correspondiente y en interacciones cara a cara, que el profesor tiene una fuente importante de datos para valorar lo que los alumnos están comprendiendo, sus posibles estrategias, además es posible derivar información relevante sobre la dificultad de los contenidos o la ineficacia o inoperancia de los recursos didácticos empleados.

Se espera que a través de la discusión, los estudiantes perciban las limitaciones de sus concepciones y vayan descubriendo que pueden construir a partir de su ecología conceptual, nuevas explicaciones más generales de los fenómenos de su entorno y provocar en ellos el cambio conceptual (Strike y Possner, 1996).

El docente debe ser cuidadoso, llevar a cabo una discusión sin imposiciones y vigilar que nadie se sienta incómodo durante la discusión para no inhibir la participación de los estudiantes y lograr que acepten que sus ideas son importantes y son tomadas en cuenta para la construcción del conocimiento en el aula, elevando con ello la autoestima de los estudiantes.

Con este enfoque además del cambio de estatus en la ecología conceptual, se está fomentando una educación liberal, basada en la democracia y en la libre expresión de las ideas (Rubio, 2000).

Gargallo (2000), por su parte propone, que se instaure una nueva cultura docente en la cual se enfatizan no sólo los resultados, sino también los procesos, fomentando en los estudiantes la reflexión en torno a los mismos y la optimización de los modos de aprender. El docente no puede pensar que los estudiantes aprenderán a aprender por su cuenta, por lo que es necesario enseñar a los estudiantes este proceso.

Para lograrlo recomienda, que el profesor con ayuda de los estudiantes, modele la resolución de tareas, aplicando estrategias cognitivas, metacognitivas, afectivas-motivacionales y de apoyo, de los contenidos curriculares y procedimentales, explicitando los objetivos de la misma, haciendo una elección consciente de las alternativas de la revisión y evaluación del trabajo realizado.

De acuerdo con Millar (1997), los estudiantes tienen un mejor aprovechamiento, cuando se les involucra y participan de manera activa en la clase.

Para lograr el cambio conceptual, epistemológico y actitudinal en los estudiantes, el docente debe enfocar el proceso de enseñanza en:

- a.** Los intereses y necesidades cognitivas de los estudiantes.
- b.** Trabajar con problemas auténticos que motiven y orienten a los estudiantes hacia los cambios mencionados (Torp y Sage, 1998).

- c. Durante la aplicación de la propuesta pedagógica, se utilizan dos tipos de técnicas informales de evaluación: el interrogatorio dirigido y la verbalización de los fenómenos.
- d. Observación de actividades realizadas por los alumnos: Se observan sus actitudes, su desempeño, el lenguaje verbal y el no verbal, el rostro de los estudiantes debe ser interpretado de manera analógica para poder atender sus necesidades intelectuales y que la enseñanza se convierta en un acto ético.

Durante la aplicación de la propuesta, se propone a los estudiantes que contrasten sus conclusiones obtenidas en su equipo, con las del resto del grupo, defendiendo y argumentando para que a través de la discusión y la reflexión se llegue a un acuerdo grupal acerca de la explicación de los fenómenos presentados.

A decir de Levinas, citado en Ruiz (2002):

“El maestro que es sensible a la vulnerabilidad o la necesidad de los estudiantes, experimenta una extraña sensación: la verdadera autoridad en este encuentro está en los estudiantes y no en el maestro. Se puede decir que la presencia del estudiante se convierte para el maestro en la experiencia de enfrentarse con una exigencia de su receptividad pedagógica. Por tanto, la debilidad de los estudiantes se convierte en una curiosa fuerza sobre el maestro. Por consiguiente, en varios sentidos la autoridad pedagógica la conceden los estudiantes, y se produce un encuentro que el maestro experimenta a través de la responsabilidad que tiene ante los estudiantes”.

- e. Exploración por medio de preguntas: Los estudiantes van construyendo sus conceptos con base en las preguntas que el docente plantea y con las que ellos se hacen, pueden servir para generar conflicto cognitivo o para reforzar sus ideas. De acuerdo con Hewson et al (op. cit), se utiliza un reforzador positivo o negativo, para cambiar el status de la ideas.

La evaluación sistemática del aprendizaje del alumno, es un aspecto crítico de la enseñanza eficaz (Eggen, 2002). Si no se lleva a cabo el aprendizaje, se necesitará revisar, evaluar y en su caso modificar el guión para la siguiente clase. Tan pronto como se ha terminado de impartir la clase se debe reflexionar acerca de la misma y considerar la manera en que se puede mejorar o cambiar para futuras ocasiones.

Mirar hacia el pasado puede ser particularmente útil en la planeación a largo plazo, para prever actividades futuras de instrucción para que los alumnos logren la consolidación y profundización en los aprendizajes, o bien, superar en un futuro los obstáculos que no pudieron sortearse en momentos de la instrucción.

Durante la fase de aplicación se propone realizar una evaluación formativa, que les sirva a los estudiantes para evaluar sus estrategias y en su caso cambiar sus hábitos de estudio y/o trabajo, es decir, que se lleva a cabo un proceso de

metacognición que ayude a la autorregulación. También es útil para valorar los aciertos y logros que los alumnos van consiguiendo en el proceso de construcción de su conocimiento.

En cuanto al profesor, la evaluación formativa sirve para generar la reflexión acerca de su práctica docente, buscando mejorar su desempeño en el aula.

vi. EVALUACIÓN

La evaluación es la fase de reflexión acerca de la práctica docente, de los resultados obtenidos, del proceso y la manera de cómo mejorar.

La evaluación educativa es parte integral de una buena enseñanza, es compleja, debido a que se puede evaluar prácticamente todo, aprendizajes, enseñanza, acción docente, contexto físico y educativo, contenidos curriculares y la propuesta pedagógica del docente.

Por lo tanto, el profesor debe poseer conocimiento teórico y práctico del modo en que se aprende y se enseña, por qué y cuándo evaluar.

De acuerdo con Jorba y Casillas, evaluar implica considerar seis aspectos centrales (en Díaz-Barriga, 2002):

- a.** Identificar los objetos o sujetos de evaluación.
- b.** Elaborar criterios e instrumentos de evaluación para saber en que grado se han alcanzado los conocimientos correspondientes.
- c.** Sistematizar la información pertinente recopilada.
- d.** Construir una representación lo más fidedigna posible del objeto o sujeto de evaluación.
- e.** Emitir juicios, con base en la información recopilada.
- f.** Tomar decisiones.

Una vez terminado el tema, el docente debe retomar el diseño del plan de clase, ya que en él se había establecido previamente las preguntas que el estudiante tiene que contestar al finalizar el tema. Con esta información se diseña el instrumento de evaluación sumativa.

Existen diferentes tipos de instrumentos para la evaluación sumativa:

- a. Pruebas escritas de lápiz y papel, donde se piden problemas de naturaleza rutinaria, e incluso pueden ser de carácter cualitativo. En este tipo de exámenes se debe promover la discusión y la argumentación. Sin embargo, el tiempo es un enemigo en la resolución.
- b. Evaluar las habilidades de los estudiantes, utilizando problemas auténticos, en los cuales los estudiantes propongan hipótesis y las discutan de manera teórica y/o experimental. Dando la posibilidad a los estudiantes de obtener soluciones diferentes y que realicen el análisis cada una de ellas.

Para ello, se eligen situaciones problemáticas del entorno del estudiante. De tal manera que por un lado permita establecer relaciones entre la escuela y la vida y por el otro, que los docentes puedan establecer eficaces relaciones curriculares. Por lo tanto los educadores buscan o diseñan situaciones que brindan valiosas oportunidades de demostrar lo aprendido mediante proyectos u otros medios auténticamente vinculados a una situación real.

La evaluación por medio de tareas auténticas tiene mayor sentido para los estudiantes, quienes al observarse a sí mismos como poseedores de una habilidad o destreza que les permite solucionar tareas o resolver problemas cotidianos, la perciben como algo motivante, que los hace sentir competentes y con una sensación de logro.

El tipo de examen se justifica en los objetivos que se pretende evaluar, así como las características de la población a la que va dirigido.

No obstante que la evaluación es importante en los procesos de enseñanza y aprendizaje, hay que tener cuidado de no caer en el extremo de asumir una actitud de evaluación constante, tal que no permita desarrollar situaciones naturales de conocimiento, ya que se desvirtuaría el sentido del conocimiento al transformar las prácticas en una evaluación constante (Litwin, 2001).

PARTE II

APLICACIÓN DE LA PROPUESTA PSICOPEDAGÓGICA EN LOS TEMAS DE ONDAS, LUZ Y COLOR

INTRODUCCIÓN

Para aplicar la propuesta psicopedagógica, en primer lugar se elabora el encuadre de la asignatura, considerando los contenidos curriculares, los intereses de los estudiantes, la infraestructura del aula y del laboratorio, el tipo de estudiantes y sus intereses.

En la elaboración de la secuencia se toma en cuenta la propuesta pedagógica del capítulo 2 y el diseño instruccional del capítulo 3, tratando de balancear la participación activa de los actores educativos, fomentando valores y compartiendo la responsabilidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

La secuencia propuesta intenta llevar paso a paso a los estudiantes a analizar y explicar fenómenos ondulatorios de una y dos dimensiones con la finalidad de mostrar la naturaleza ondulatoria de la luz.

Como aplicación de la física a la ingeniería y a las Ciencias de la Salud, se realizan actividades de la luz al estudio del color, construyendo el concepto del color, se analiza la clasificación del color utilizando coordenadas en tres dimensiones, se construye un colorímetro con base en los colores primarios de la mezcla aditiva, finalmente se determina el umbral absoluto.

Con estas aplicaciones se pretende que los estudiantes realicen la transferencia de la ciencia escolar a problemas de la vida cotidiana, con la finalidad de que aprecien el gran potencial de la ciencia y se cierre el ciclo de aprendizaje.

CONTENIDOS CURRICULARES Y ENCUADRE

Para el diseño y desarrollo de la secuencia, se toma como base las seis fases de diseño instruccional propuesto en el capítulo 3:

- **Encuadre:** Ubicación de la asignatura, de los temas, tipo de alumnos e infraestructura y espacio del aula.

ESCUELA NACIONAL PREPARATORIA, PLANTEL 4

Asignatura: Física IV, Área II

DATOS GENERALES DE LA ASIGNATURA

- Materia teórico-práctica.
- Clases por semana: 2.
- Tiempo de cada clase: 100 minutos.
- Área II, Ciencias Biológicas y de la Salud.

UBICACIÓN DE LA MATERIA:

a. Ubicación teórica:

- Se imparte en el sexto año.
- Materias antecedentes: Física III, Matemáticas IV (álgebra), Matemáticas V (geometría analítica), Biología III y Química III.
- Materias paralelas: Química IV, Matemáticas VI (cálculo diferencial e integral) y Biología IV.

b. Ubicación Práctica:

- Tipo de alumnos: Jóvenes que no trabajan, ambos sexos, clase media.
- Grupo numeroso: 50 alumnos.
- Horario diurno.
- Recursos: Laboratorio austero con las mesas fijas en el piso y poco material para realizar la actividad experimental.
- Aula austera con mesas que se pueden mover y con poco espacio entre cada columna y fila de mesas.

UBICACIÓN DEL TEMA:

Temas que se abordan: **Ondas mecánicas y luz**, unidad III, **Óptica**.

Va después de: Electromagnetismo, lentes y espejos.

Y antes de: Mecánica.

Diseño del plan de clase: partiendo de los contenidos curriculares: Los temas que se abordan son ondas mecánicas, comportamiento ondulatorio de la luz y color.

➤ Contenidos curriculares del programa.

- Características de las ondas.

Fenómenos ondulatorios:

- Reflexión.
- Refracción.
- Superposición.
- Difracción.
- Interferencia.
- Luz.
- Ondas Electromagnéticas.
- Color.
- Morfología del ojo.
- Umbral absoluto de la modalidad visual en la visión escotópica.

Los elementos de la secuencia son:

1. Experimentos sencillos que sirven para generar la discusión en el equipo y desarrollar las habilidades de predicción, diálogo y motoras.
2. Preguntas cuyo objetivo es crear crisis cognitiva en los estudiantes, con la finalidad de elevar el estatus de su ecología conceptual.
3. Preguntas de reflexión con la finalidad de que los alumnos puedan aplicar los conceptos a situaciones nuevas y relacionen el concepto construido en el aula con su entorno, unificando sus mundos: **escolar y cotidiano**.

La estructura de cada actividad de la secuencia está basada en el guión dramático, tal como se propuso en el capítulo 3:

- a. Objetivos: se marcan en cada actividad de la secuencia.
- b. Materiales: en general se procura que sean de fácil adquisición y bajo costo o que exista en el plantel.
- c. Procedimiento o metodología: se trabaja en equipos de tres o cuatro personas para realizar los experimentos y generar la discusión entre pares académicos. Posteriormente con la guía del profesor se discute de manera grupal y se llega a consensos.

Las actividades se diseñaron de acuerdo con la Concepción Didáctica Analógica, tomando en cuenta que en algunas ocasiones es preferible iniciar con la discusión

teórica del tema, después se intercambian puntos de vista en el equipo y mediante las actividades experimentales se contrastan las ideas y se obtienen conclusiones.

Sin embargo en otras ocasiones se considera que es preferible iniciar con la actividad experimental y a partir de ella generar la discusión entre los actores educativos, para que con la guía del profesor se construya el conocimiento en el aula.

d. Evaluación de los contenidos curriculares. En todas las actividades se incluyen preguntas intercaladas que nos proporcionan información para verificar si los estudiantes van comprendiendo los temas, dichas preguntas se pueden utilizar para una evaluación formativa o para una evaluación sumativa semiformal y en algunas ocasiones, al final de la actividad se plantean preguntas para profundizar y consolidar los conocimientos, estas preguntas se pueden utilizar en evaluación sumativa.

iii. **Concepciones previas** de los estudiantes: Para obtenerlas se utilizaron dos exámenes, uno de opción y otro de ensayo breve, posteriormente con los resultados obtenidos se realizó una discusión en el grupo con la finalidad de obtener mayor información.

Se encontraron las siguientes **concepciones previas** acerca de las **ondas**:

Los estudiantes en general afirman que:

1. La velocidad de propagación de una onda disminuye a medida que la onda se propaga.
2. Cuando dos ondas que viajan en sentido contrario se encuentran, chocan y se regresan.
3. Cuando se encuentran dos ondas iguales que viajan en sentido contrario, se anulan.
4. Las ondas superficiales en el agua, **transportan** el agua durante su propagación.
5. En general, la propagación de las ondas implica transporte de materia.
6. Una onda que viaja en un resorte con un extremo libre, al llegar la onda a dicho extremo, se va por el aire.

En cuanto a las **concepciones previas** acerca de la **luz y el color** se encontraron las siguientes:

7. La luz está formada por los colores del arco iris.

“Por eso cuando llueve, se pueden ver los colores de la luz en el arco iris”

8. La luz viaja en el:
- ◆ Agua por medio de ondas.
 - ◆ Aire por medio de ondas electromagnéticas.
 - ◆ Vacío por medio de radiación.

En esta concepción se observa la contigüidad espacial; el medio es el que determina las propiedades de la luz.

9. La luz viaja en el agua con mayor velocidad.

“Cuando la luz llega a una cascada, la arrastra el agua, por lo que se mueve con una mayor velocidad”

10. La luz hace que mis ojos funcionen.

“La luz llega primero a mis ojos, por eso puedo ver los objetos”

11. La luz se puede detectar con el tacto, cuando se transforma en energía calorífica.

“Cuando la luz se transforma en calor, calienta a los focos y puedo sentirla con mi piel”

12. El color con más energía es el rojo.

“Cuando se calienta un cuerpo, se pone rojo y tiene más energía”

13. El color con menos energía es el azul.

“El hielo tiene poca energía y se ve azul”

En cuanto al umbral:

14. Confunden el umbral con la sensibilidad.

No tienen información acerca de:

15. La luz es una onda electromagnética.

16. Las ondas electromagnéticas se generan debido a la variación temporal del campo electromagnético.

17. La luz interacciona con la materia.

18. Existe una cantidad mínima de energía que los sentidos detectan.

- iv. **Ajustar el plan de clase:** La secuencia presentada ya está ajustada tomando en cuenta las concepciones previas y la experiencia del docente. Sin embargo, esto no significa que cualquier otro docente que la utilice no la adapte a las necesidades e intereses del grupo.
- v. **Aplicación:** La secuencia está programada para desarrollarla en once sesiones de 100 minutos cada una. Se aplicaron algunas actividades de la secuencia con dos grupos de área II, los resultados obtenidos durante las asignaturas de Práctica Docente II y Práctica Docente III, se describen en el capítulo 7.

Para llevar a cabo la secuencia se propone trabajar en equipos de tres o cuatro estudiantes con la finalidad de que se retroalimenten y aprendan a trabajar de manera colectiva, a ser críticos y respetuosos con las ideas expuestas por sus compañeros. Tal como se propone en la postura didáctica analógica del capítulo 2.

- vi. **Evaluación:** Como se mencionó en el capítulo 3, la evaluación se realiza a lo largo de todo el proceso, desde que se elige el tema que se va a trabajar, la manera de obtener las concepciones previas, las actividades seleccionadas, los materiales utilizados y los resultados que se obtienen a lo largo de la aplicación de la propuesta.

APLICACIÓN DE LA SECUENCIA

La secuencia se inicia mostrando pulsos en una dimensión, ilustrando los fenómenos más comunes: generación, propagación, reflexión, refracción y superposición de pulsos y ondas en resortes o en cuerdas. Se analizan las características esenciales de las ondas y las relaciones entre las variables fundamentales de los fenómenos ondulatorios

Con la finalidad de que los estudiantes puedan generalizar el tema, posteriormente se trabaja con ondas superficiales en agua. Ulteriormente con la aplicación del razonamiento abductivo, se muestra que la luz tiene un comportamiento ondulatorio, lo cual significa que a través de los efectos se pueden determinar las causas.

A lo largo del desarrollo del tema se procura trabajar en la zona de desarrollo próximo de los estudiantes y se toma en cuenta que en el tema de ondas, aún tienen aspectos de la etapa concreta, por lo que se hace uso de las diferentes representaciones de los fenómenos ondulatorios. En primera instancia se pide a los estudiantes que utilicen la representación pictórica y la retórica, a medida que se avanza en cada actividad se les guía para que hagan uso de la geometría y posteriormente se utilice la representación algebraica. Con este ciclo de aprendizaje se pretende que los estudiantes accedan a la etapa formal.

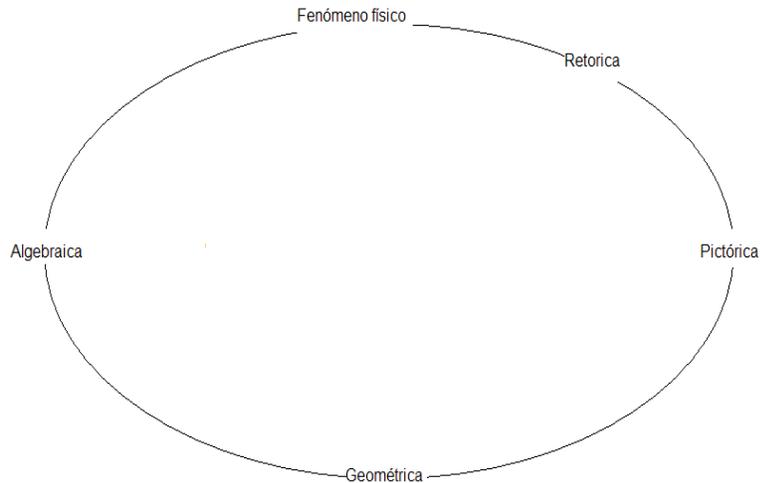


Figura 4.1. Ciclo de aprendizaje

OBJETIVOS GENERALES

- Analizar las características de las ondas y las relaciones entre las variables fundamentales de los fenómenos ondulatorios.
- Contrastar diferentes fenómenos ondulatorios, para que discriminen entre la dirección de propagación de la onda y la dirección de movimiento de las partículas del medio en el que se propagan las ondas.
- Analizar mediante experimentos sencillos los fenómenos de reflexión, refracción, superposición, difracción e interferencia.
- Utilizar los diferentes tipos de representación para los fenómenos ondulatorios.
- Mostrar que la variación temporal del campo electromagnético produce ondas electromagnéticas.
- Mediante el análisis del comportamiento de la luz, identificarla como un fenómeno ondulatorio.
- Establecer las variables que influyen en el color de los objetos.
- Con el uso de un circuito eléctrico, determinar el umbral absoluto de la modalidad visual para los tres colores primarios de la mezcla aditiva.

CAPÍTULO 4: ONDAS

4.1 ONDAS EN UNA DIMENSIÓN

OBJETIVOS

Mostrar fenómenos ondulatorios para que los estudiantes:

- Identifiquen semejanzas y diferencias de los movimientos ondulatorios.
- Discriminen entre la propagación de la onda y el movimiento de las partículas materiales.
- Identifiquen los tipos de ondas.

Para la realización de las actividades, se sugiere que se formen equipos de cuatro alumnos, con la finalidad de optimizar el espacio (en general se trabaja con grupos de cincuenta estudiantes), originar la interacción entre pares académicos, generar la discusión entre ellos para fomentar los valores de tolerancia, respeto y de colaboración.

De acuerdo con la propuesta didáctica analógica, se realiza una combinación entre las teorías: cognitiva, humanista y social, como se propone en el capítulo 2.

Inicialmente se trabaja de manera individual, posteriormente se discute en equipos y finalmente el diálogo se realiza de forma grupal.

En cada actividad se plantean preguntas para que el estudiante las resuelva de manera individual. Una vez que ya ha pensado en el fenómeno se lleva a cabo la discusión por equipo, con la intención de que intercambie sus ideas con sus compañeros y se llegue a un consenso en cada equipo. Al final de cada sesión se realiza un discusión grupal para corregir y/o afinar los conceptos vertidos por todos los estudiantes con la guía del profesor, cumpliendo con las características sugeridas por Coleman y Conde en la sección 2.3, acerca de que los estudiantes adolescentes aún necesitan un guía y un control en las actividades que realizan.

Como punto de partida se definen los parámetros utilizados en el estudio de las ondas.

Ondas

Si se tiene una cuerda sometida a una tensión y se produce en uno de sus extremos un movimiento ascendente y descendente (sacudida), se genera una perturbación en la misma que la recorre en un cierto tiempo.

Esta perturbación que recorre la cuerda de longitud finita se llama **pulso**. Si en lugar de dar una sola sacudida, se hace en intervalos aproximadamente iguales de tiempo, se crea una serie de pulsos que se denomina **tren de ondas o simplemente ondas**.

Los parámetros que se utilizan en el estudio de las ondas son:

Longitud de onda, es la distancia que existe entre dos crestas o entre dos valles. Se representa por la letra " λ " y en el sistema internacional, se mide en metros.

Período, es el tiempo que tarda en completarse una onda. Se representa por la letra "T" y en el sistema internacional, se mide en segundos.

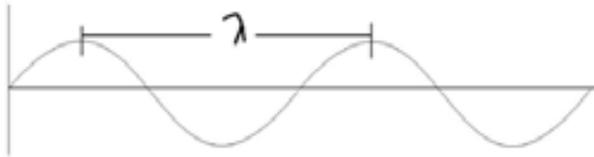


Figura 4.2

Amplitud, es la máxima distancia que alcanza un punto de la cuerda, a partir del equilibrio.



Figura 4.3.

Fase, es el ángulo en dónde inicia una onda.



Figura 4.4. Movimiento ondulatorio con fase de 0



Figura 4.5. Movimiento ondulatorio con fase de $\frac{\pi}{2}$



Figura 4.6. Movimiento ondulatorio con fase de π

Velocidad de propagación es el cociente entre el desplazamiento que experimenta una onda y el tiempo que tarda en ese recorrido.

Si se considera un desplazamiento igual a la longitud de onda y el tiempo transcurrido, se puede expresar a la velocidad de la siguiente manera:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Frecuencia es la inversa del período, es decir representa el número de pulsos generados por unidad de tiempo y en el sistema internacional, se mide en Hertz.

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\lambda}{\frac{1}{f}} = \lambda \cdot f$$

I: ONDAS EN UN RESORTE

MATERIAL

Resortes de diferentes tipos
Cuerda

PROCEDIMIENTO

- a. Pide a uno de tus compañeros de equipo que sostenga un extremo del resorte. Genera ondas en el resorte, desplazando el resorte con rapidez y regresándolo a su posición inicial, como se indica en la figura 4.7.

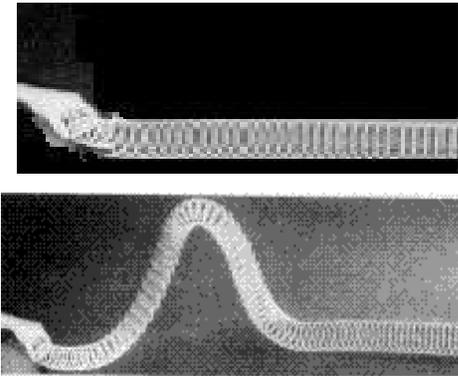


Figura 4.7

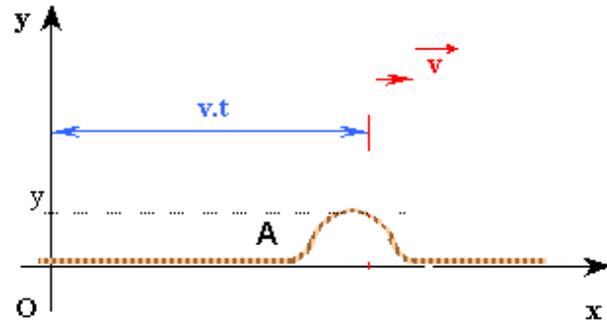


Figura 4.8

- i. ¿Qué observas?
 - ii. ¿Qué se propaga?
 - iii. ¿Qué es lo que oscila?
- b. Coloca un pedazo de masking tape, aproximadamente en el centro del resorte y vuelve a generar una onda, como en el caso anterior.
- i. ¿Hacia dónde se mueve el masking tape?
 - ii. ¿Hacia dónde viaja la perturbación? Discute con tus compañeros y anota tus conclusiones.
- c. Elabora un diagrama marcando la dirección de propagación de la perturbación y la dirección de movimiento de las partículas.
- i. ¿Qué ángulo forma la dirección de propagación de las ondas con la dirección de movimiento de las partículas?

A este tipo de onda se le denomina transversal y una de sus características es que la dirección de oscilación de las partículas y la dirección de propagación de la onda, forman un ángulo de 90° (Figura 4.9).

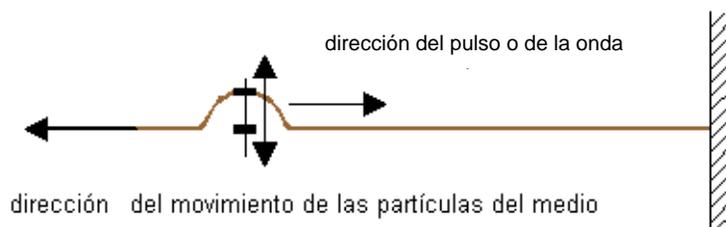


Figura 4.9

- d. Genera una onda como se muestra en la figura 4.10.
- i. ¿Hacia donde oscila el masking tape?

ii. ¿Hacia dónde se propaga la onda?

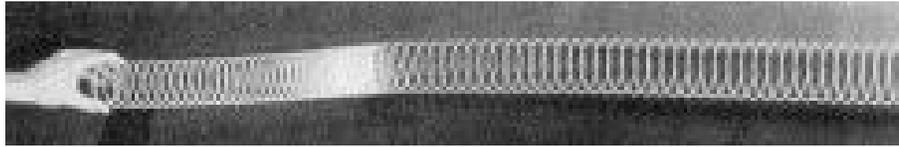


Figura 4.10

- e. Elabora un diagrama marcando la dirección de propagación de la onda y de la dirección de oscilación de las partículas del resorte.
- i. ¿Qué ángulo forma la dirección de propagación de las ondas con la dirección de movimiento de las partículas?

A este tipo de onda se le denomina longitudinal y una de sus características es que la dirección de oscilación de las partículas y la dirección de propagación de la onda, forman un ángulo de 0° (Figura 4.11).

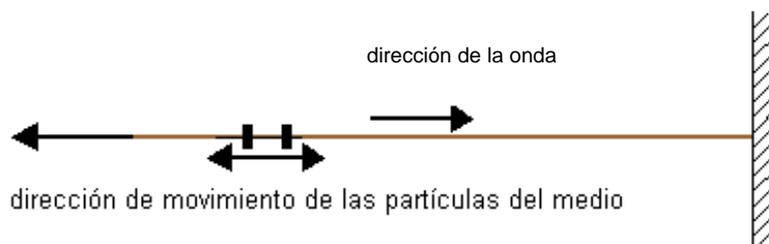


Figura 4.11

- f. Cambia la tensión en el resorte aumentando su longitud, genera una onda.
- i. ¿Qué ocurre con la velocidad de la onda?
- g. Cambia la tensión en el resorte disminuyendo su longitud, genera una onda.
- i. ¿Qué ocurre con la velocidad de la onda?

Al cambiar la tensión en el resorte, se está variando su densidad lineal, es decir, la cantidad de masa por unidad de longitud.

Velocidad de Propagación en una Cuerda Tensa

En el esquema se muestra una cuerda tensa en posición de equilibrio (figura 4.12), manteniendo la tensión constante, se le aplica un pequeño impulso transversal para generar el pulso (figura 4.13) de forma que la longitud de la cuerda no varíe y se mantenga la tensión constante.

Por simplicidad, se calcula la velocidad de un pulso.



La cuerda se encuentra sometida a una tensión \vec{T} y tiene una densidad lineal de masa μ (cantidad de masa de la cuerda por unidad de longitud) constante.

Al aplicarle el impulso, la cuerda adquiere cierta velocidad vertical y transcurrido cierto tiempo, una porción de la misma queda formando un ángulo θ muy pequeño respecto a la porción aún no perturbada.

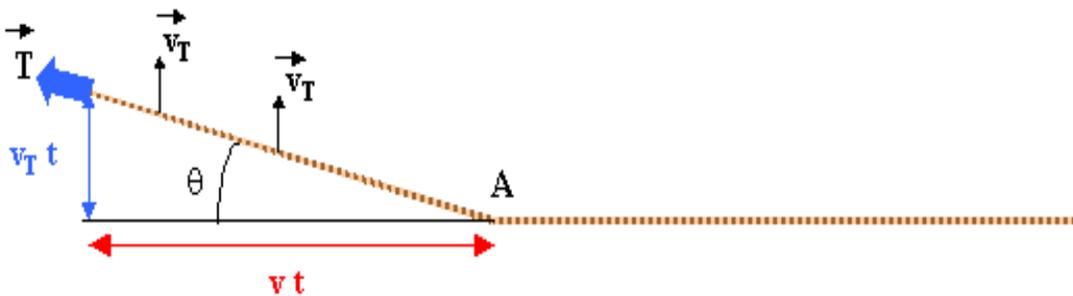


Figura 4.14

Todos los puntos que se encuentran a la izquierda del punto A, se han movido hacia arriba con una velocidad v_T mientras que todos los puntos que se encuentran a la derecha del mismo, no han tenido movimiento.

El punto A, avanza hacia la derecha con una cierta velocidad v , que es la velocidad de propagación del pulso.

El extremo izquierdo de la cuerda subió una distancia $v_T t$ y el punto A, se desplazó desde el extremo izquierdo una distancia $v t$.

Para determinar la velocidad v (velocidad de propagación), se utiliza la segunda ley de Newton.

La fuerza que imprime el impulso, es la componente vertical de la tensión \vec{T} .

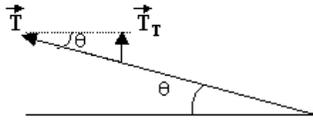


Figura 4.15

Del esquema de la izquierda, se tiene que la componente vertical de la tensión es:

$$T_T = T \cdot \sin \theta$$

De la figura 4.14 se observa que:

$$\tan \theta = \frac{v_T t}{v} = \frac{v_T}{v}$$

Para ángulos pequeños el valor del seno y de la tangente se consideran iguales:

$$\begin{aligned} \tan \theta &= \sin \theta = \frac{v_T}{v} \\ \Rightarrow T_T &= T \frac{v_T}{v} \end{aligned}$$

Como el impulso es Ft , se tiene que el impulso vertical sobre la cuerda es: $I_T = T_T t$

$$\Rightarrow I_T = T \frac{v_T}{v} t \quad (1)$$

Por otra parte, se tiene que el impulso produce un cambio en la cantidad de movimiento $I = \Delta P$

$$\Rightarrow T_T t = m \Delta v_T \quad (2)$$

Como $m = \mu L$ donde L es la longitud de la cuerda $L = v t$ se tiene:

$$m = \mu v t \quad (3)$$

Sin pérdida de generalidad se puede considerar que la velocidad inicial es cero:

$$\Delta v_T = v_T - 0 = v_T \quad (4)$$

Combinando las ecuaciones (2), (3) y (4), se obtiene:

$$I_T = \mu v t v_T \quad (5)$$

Igualando (1) y (5), se obtiene:

$$T \frac{v_T}{v} t = \mu v t v_T$$

Simplificando, se llega a:

$$T = \mu v^2 \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

En consecuencia la velocidad de propagación de un pulso de onda depende de la tensión a la que se encuentra sometida la cuerda y por ende, de su densidad lineal de masa. Un resultado análogo se utiliza en las ondas superficiales, para estudiar la refracción.

El análisis realizado muestra que la velocidad de propagación de un pulso en una cuerda, depende de la densidad lineal del medio en que se transmite.

Con un razonamiento similar se puede obtener el resultado para el caso de las ondas superficiales en el agua; lo cual significa que la velocidad de dichas ondas, depende de la profundidad.

¡Hay refracción de las ondas, cuando varía la profundidad del agua!

II: REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN

La **reflexión** se produce cuando una onda encuentra una separación entre dos medios y retrocede hacia el mismo medio del cual provenía.

La **refracción** se produce cuando una onda al encontrar una superficie de separación entre dos medios, la atraviesa y se propaga por el segundo medio con diferente velocidad o cambian las propiedades del medio y la onda se propaga con diferente velocidad.

En algunas ocasiones, estos fenómenos se producen simultáneamente; es decir, parte de la onda se refleja y parte de la misma se refracta.

Sigamos trabajando en una dimensión.

PARTE 1: REFLEXIÓN EN UN RESORTE

OBJETIVOS:

- Analizar la reflexión de pulsos en un resorte con un extremo fijo.
- Analizar la reflexión de pulsos en un resorte con un extremo libre.
- Determinar el cambio de fase durante la reflexión.

Concepción Previa:

- La onda continúa su viaje por el aire, cuando llega al extremo libre del resorte.

MATERIAL

Resorte
Cuerda

PROCEDIMIENTO

- a. Pide a un compañero de tu equipo que sostenga un extremo del resorte. Genera una onda transversal y espera a que llegue al otro extremo (figura 4.16).
 - i. ¿Qué ocurre cuando la onda llega al extremo fijo?



Figura 4.16 Generación de una onda con los extremos fijos

- ii. ¿Qué ocurrirá si generas una onda longitudinal? Discute con tus compañeros y anota tus conclusiones.
 - iii. ¿Cuánto vale el cambio de fase cuando ocurre la reflexión en el extremo fijo?
 - iv. ¿Qué ocurrirá cuando la onda llegue al extremo opuesto, si el extremo fijo lo dejas libre y generas una onda?
- b. Sostén el resorte de manera vertical, como se muestra en la figura 4.17. Genera una onda longitudinal y observa que ocurre cuando llega al extremo libre.
- i. ¿Hay reflexión?
 - ii. ¿Cuánto vale el cambio de fase cuando ocurre la reflexión en el extremo fijo?



Figura 4.17 Generación de ondas con un extremo libre

Hay que hacer notar que en el caso del resorte con el extremo libre el pulso se refleja del mismo lado que incide, lo cual significa que no hay cambio de fase. Mientras que en el caso del extremo fijo el pulso se invierte, esto significa que hay un cambio de fase 180° .



Figura 4.18 Reflexión de un pulso en un extremo libre

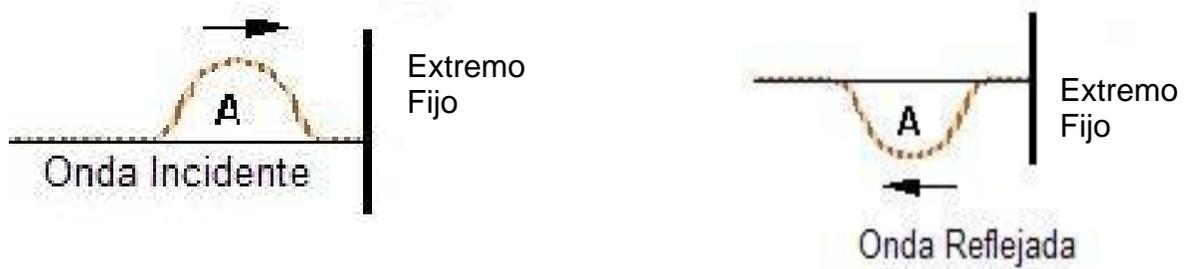


Figura 4.19 Reflexión de un pulso en un extremo fijo

PARTE 2: REFRACCIÓN

OBJETIVOS:

- Identificar las condiciones para que ocurra el fenómeno de refracción.
- Contrastar los parámetros de las ondas antes y después de la refracción.

Concepción Previa:

- La onda continúa igual en cualquier medio.
- Las ondas no interaccionan con el medio.

MATERIAL

Resortes de diferente material y/o diámetro
Cuerdas de diferente grosor

PROCEDIMIENTO

a. Une los dos tipos de resortes, o amarra dos cuerdas de diferente grosor.

Cuando se te pida que realices alguna actividad con el resorte, considera que se está solicitando lo mismo si estás trabajando con una cuerda.

b. Fija uno de los extremos del resorte o de la cuerda.

c. Genera una onda transversal.

i. Observa lo que pasa con la onda a lo largo de todo el resorte. Haz un diagrama y anota tus conclusiones.

ii. Cuando el pulso llega al punto de unión. ¿Cuántas ondas hay? Discute con tus compañeros y realiza un diagrama con las ondas que existen en la región de unión del resorte.

d. Ahora pon atención, en la onda que pasa de un resorte a otro:

iii. ¿Qué ocurre con la onda, cuando cambia de un resorte a otro?

iv. ¿Por qué hay variación en la amplitud? Discute con tus compañeros y anota tus conclusiones.

v. ¿Cambia la velocidad de la onda?

vi. ¿Cambia la fase de la onda?

Las ondas cambian de velocidad cuando:

- **Pasan de un medio a otro.**
- **Varían las características del medio** (este aspecto se retoma en ondas superficiales en agua, sección 4.3).

Este fenómeno se denomina refracción.

- e. Fija el extremo del resorte más delgado:
- ¿Aumenta o disminuye la velocidad? Discute con tus compañeros y anota tus conclusiones.
- f. Fija el extremo del resorte más grueso:
- ¿Qué ocurre con la velocidad? Justifica tu respuesta.

Se debe mostrar a los estudiantes la refracción de pulsos en el caso de dos resortes diferentes unidos por un extremo, como se muestra en la figura 4.20, en donde un pulso viaja de izquierda a derecha y al llegar al punto de unión se observa un pulso refractado -pasa al otro resorte- y un pulso reflejado. Los tres pulsos: incidente, refractado y reflejado tienen la misma fase.

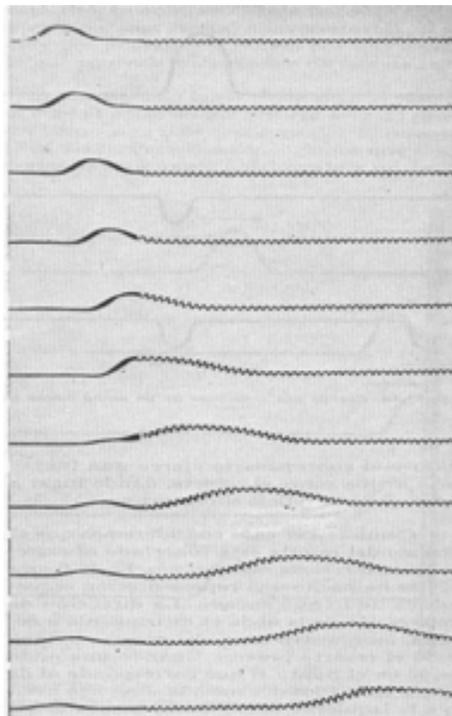


Figura 4.20 Refracción al pasar de un resorte a otro.

*Cuando una onda de cualquier tipo alcanza la frontera de dos medios distintos, una parte de su energía se transmite al segundo medio, dando lugar en el segundo medio a otra onda, que recibe el nombre de **onda transmitida**. Otra parte de la energía se emplea en generar otra onda que se propaga hacia atrás en el primer medio y se llama **onda reflejada**.*

En este proceso se conserva la frecuencia de la onda, lo que implica que la longitud de onda λ_t de la onda transmitida es diferente de la longitud de onda λ_i de la onda incidente, pues cambia la velocidad de la onda en cada medio.

III: INTERFERENCIA

Interferencia de Ondas

Cuando sobre una misma cuerda, viajan dos ondas moviéndose en sentidos contrarios, se produce el fenómeno de interferencia, en el momento que se cruzan.

En el caso más simple, para encontrar el resultado de la interferencia de ondas en cierto instante, lo que se hace es sumar los desplazamientos que experimentaría cada punto del medio material, respecto a la posición de equilibrio.

La interferencia ocurre exclusivamente en los fenómenos ondulatorios.

Cuando dos ondas iguales se cruzan, existe un instante donde la interferencia es constructiva y el aspecto que toma, es el de duplicar la amplitud del pulso en el instante del cruce. Posteriormente después del encuentro, cada onda continúa su viaje como si no hubiera ocurrido el encuentro de las ondas.

Diagrama para pulsos:

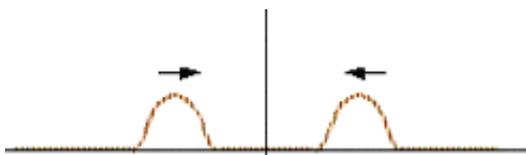


Figura 4.21 A la izquierda se observa dos pulsos desplazándose el uno hacia el otro.

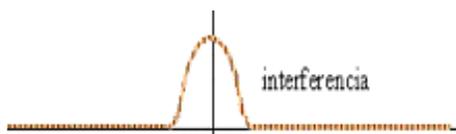


Figura 4.22 En este instante, se produce la interferencia constructiva.

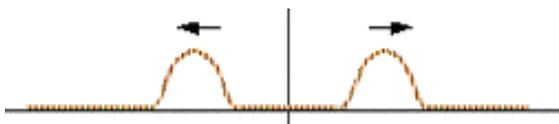


Figura 4.23 Posteriormente se observa como cada uno de los pulsos luego de atravesar la zona en que se interfieren, continúan cada uno su propio camino en la cuerda.

En la figura 4.24, se muestra una situación similar para ondas.

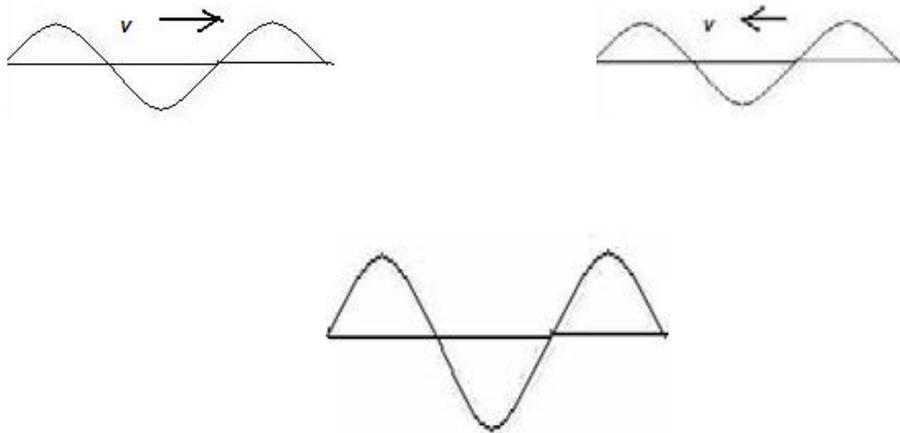


Figura 4.24 Interferencia constructiva de ondas.

Cuando dos ondas de igual amplitud y desfasadas 180° , viajan por un mismo medio en sentidos opuestos, existe un instante en que la interferencia es destructiva; es decir, ambos pulsos al sumarse algebraicamente hacen que la cuerda mantenga su posición de equilibrio. Posteriormente después del encuentro, cada onda continúa su viaje como si no hubiera ocurrido el encuentro de las ondas.

Figura 4.25 A la derecha se observa dos pulsos desplazándose el uno hacia el otro pero desfasados 180° .

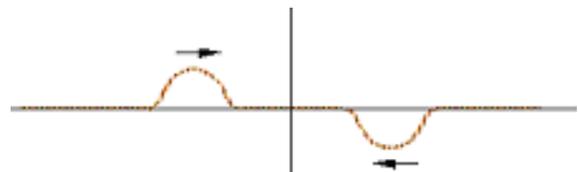


Figura 4.26 En este instante, se produce la interferencia destructiva.

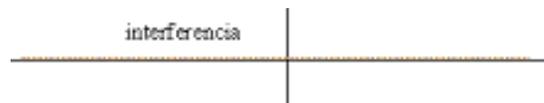
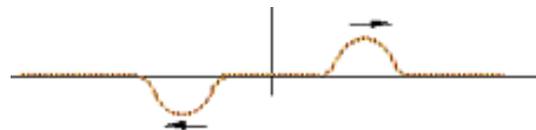


Figura 4.27 Posteriormente se observa, como cada uno de los pulsos después de atravesar la zona en que se interfieren continúan su propio camino en la cuerda.



En la figura 4.28, se muestra una situación similar para ondas:

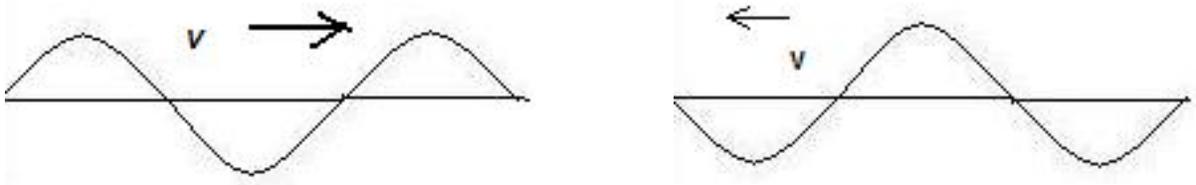


Figura 4.28 Interferencia destructiva de ondas.

INTERFERENCIA EN RESORTES O CUERDAS

OBJETIVOS:

- Analizar la variación de la amplitud y de la longitud de onda, durante el fenómeno de interferencia.
- Mostrar que las ondas siguen su viaje “normal”, después del encuentro entre dos de ellas.

Concepción Previa:

- Las ondas desaparecen cuando chocan.
- Las ondas rebotan cuando se encuentran.

MATERIAL

Resortes de diferentes tipos
Cuerda gruesa

PROCEDIMIENTO

- a. Con ayuda de uno de tus compañeros, produce una onda simultáneamente en los dos extremos del resorte.
- b. Observa lo que ocurre cuando las ondas se encuentran. Haz un diagrama de lo que observaste, contrástalo con el de tus compañeros y anota tus conclusiones.
 - i. ¿Qué ocurre con la amplitud cuando se encuentran las ondas?
 - ii. ¿Hay reflexión de las ondas? Justifica tu respuesta.
 - iii. ¿Ocurre un cambio de fase en las ondas después del encuentro?
 - iv. ¿Cambia el perfil de las ondas, después del encuentro?
- c. Con la ayuda de un diagrama, analiza y explica lo más detallado posible el fenómeno de interferencia de las ondas.
- d. Indaga si el fenómeno de interferencia es exclusivo de las ondas.
Es conveniente reducir al máximo la velocidad de propagación y procurar que las ondas generadas tengan diferente amplitud para que sea más fácil seguirlos.

Se sugiere resaltar a los estudiantes, que las ondas no se destruyen, continúan su viaje después del encuentro, como se muestra en el último cuadro de la figura. Conviene reforzar este punto grabando con una videocámara a fin de analizar lo ocurrido cuadro por cuadro.

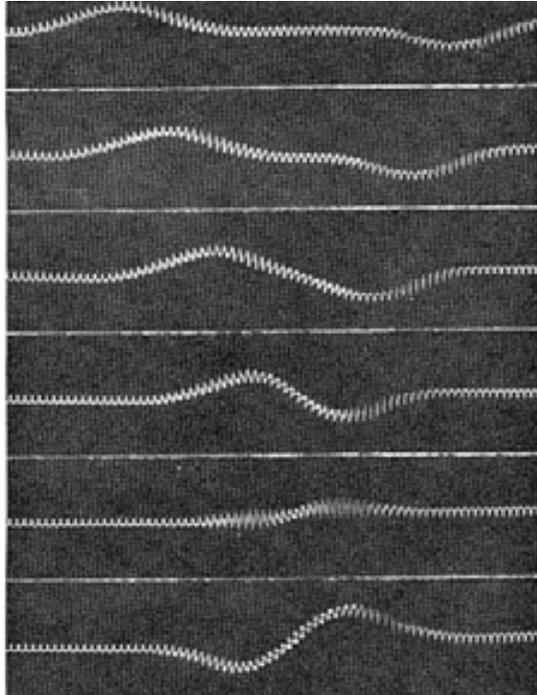


Figura 4.29 Interferencia de dos pulsos.

4.2 ONDAS SUPERFICIALES EN EL AGUA

I: REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN

Todos hemos observado ondas que se producen en el agua cuando lanzamos una piedra en un lago, las olas en el mar, quizá recordemos las gotas que caen de las hojas de los árboles en un pequeño charco o tal vez simplemente ver caer una gota en un recipiente con agua, figura 4.30.



Figura 4.30 Gotas produciendo ondas al caer.

Sin embargo, cuando se estudian fenómenos ondulatorios en la superficie del agua, nos sorprende la física involucrada que se necesita para analizarlos y explicarlos.

Para facilitar su estudio, se utiliza la cuba de ondas, debido a que permite un buen control de las variables que intervienen en la propagación de ondas en dos dimensiones y en el análisis de los fenómenos de reflexión, refracción, superposición, difracción e interferencia.

Además se tiene la ventaja que existen cubas de ondas en la mayoría de los planteles de la ENP.

CUBA DE ONDAS

OBJETIVOS

- Analizar las características de las ondas superficiales en el agua.
- Generar reflexión, refracción y superposición de ondas superficiales en el agua.

MATERIAL

Recipiente para agua
Cuba de ondas
Motor de corriente continua
Generador de ondas planas
Generador de ondas circulares
Cable con soquet y foco
Regla de aluminio de 60 cm
Cronómetro
Transportador
Un vidrio plano en forma de trapecio
Varilla de aluminio de 60 cm aproximadamente
2 acetatos tamaño carta
Un marcador para acetatos
Estroboscopio (opcional)

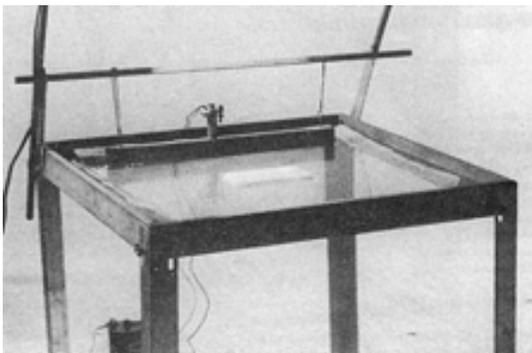


Figura 4.31 Cuba de ondas y proyección de las ondas en el techo

Sugerencias experimentales

Usando un nivel se logra que el fondo de la cuba esté perfectamente horizontal y se obtienen buenos resultados cuando la capa de agua tiene un espesor entre 6 y 10 mm.

Con la finalidad de facilitar las medidas, es conveniente proyectar la superficie del agua en el techo del laboratorio colocando el foco a 40 cm sobre la cuba de ondas.

Las crestas de las ondas se ven brillantes en la pantalla porque actúan como lentes convergentes y concentran la luz, mientras que los valles se comportan como lentes divergentes y las regiones correspondientes son franjas oscuras.

Es factible "congelar" el movimiento con ayuda del estroboscopio. Si va a realizar mediciones de longitudes de onda, es necesario determinar el factor de escala a partir de las distancias del foco a la superficie del agua y del foco al suelo (que actúa como pantalla). Otra opción es filmar y posteriormente analizar cuadro por cuadro.

PARTE 1: REFLEXIÓN

- a. Genera ondas planas con la regla de aluminio de 60 cm, observa que la longitud de la regla cubra todo el ancho de la cuba, figura 4.32.

Cuida este detalle: cuando una onda plana no ocupa todo el ancho de la cuba, se curva en los extremos y deja de ser una onda plana.

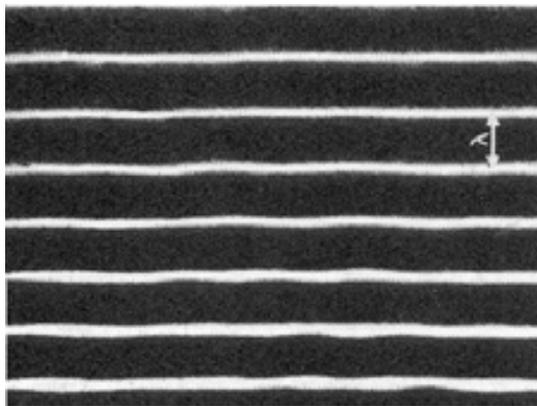


Figura 4.32 Ondas planas en el agua

- b. Mide la longitud de onda.
- c. Con el cronómetro, determina el tiempo que tardan las ondas en recorrer la cuba.

- d. Calcula la velocidad de las ondas.
- e. Para observar la reflexión de las ondas, coloca un obstáculo en la trayectoria de las ondas (una regla funciona bien).
- f. Determina el ángulo de incidencia midiendo el ángulo formado entre la dirección de propagación de la onda y la normal a la superficie reflectora.
- g. Determina el ángulo de reflexión, midiendo el ángulo formado por la dirección de propagación de la onda reflejada y la normal a la superficie reflectora.
- h. Realiza un diagrama con rayos, marcando el valor de cada ángulo que se pide en los puntos f y g.
- i. Repite las experiencias anteriores con ondas circulares, como se ilustra en la figura 4.33.

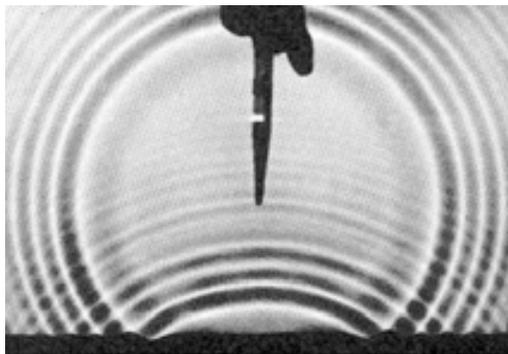
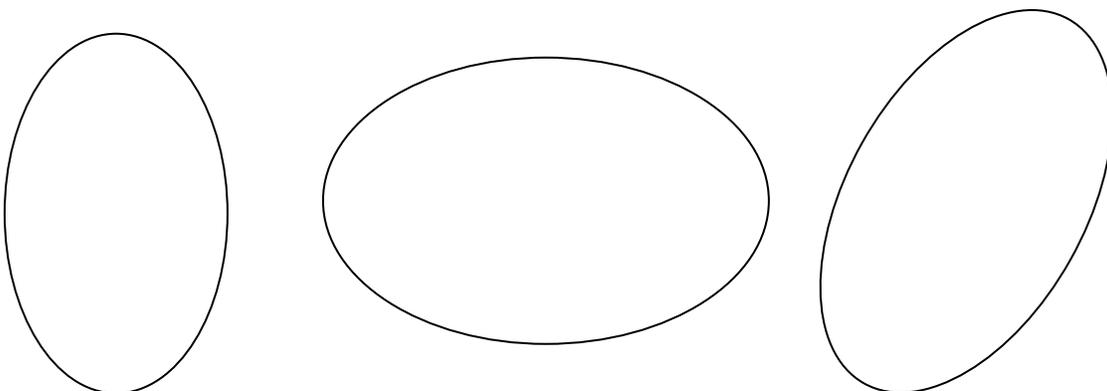


Figura 4.33 Reflexión de ondas circulares

- j. Indaga cómo determinas el foco de una elipse, si conoces la longitud del eje mayor y la longitud del eje menor.
- k. Ubica los focos de las siguientes elipses:



- I. Coloca una tira metálica en forma de elipse en la cuba de ondas y produce con un dedo ondas circulares en un punto cualquiera dentro de la elipse.
 - i. ¿Qué observas?
 - ii. Después de que se reflejan las ondas, ¿en dónde convergen?
 - m. Ubica un foco de la elipse de aluminio que estás utilizando.

- n. Genera ondas circulares en un en el foco de la elipse.
 - i. Se forma el mismo patrón que en el inciso k, ¿Cuál es la diferencia?
 - ii. ¿Qué característica se tienen las ondas reflejadas, para este caso?
 - iii. ¿Cómo puedes determinar el foco de una elipse, utilizando el fenómeno de reflexión?

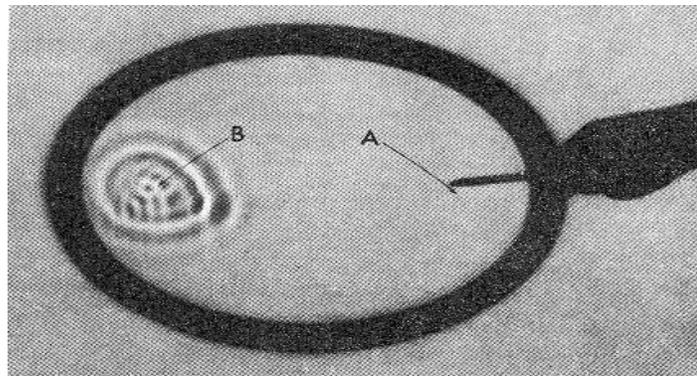


Figura 4.34 Reflexión de ondas en una elipse

PARTE 2: REFRACCIÓN

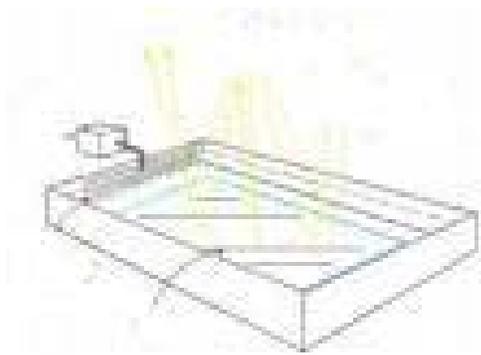
- a. Inclina la cuba en la dirección en que viajan las ondas, de tal manera que la profundidad del agua varíe de forma continua.
- b. Genera ondas superficiales.
- c. Mide la longitud de las ondas a lo largo de la cuba. ¿Qué ocurre con la longitud de onda al variar la profundidad?
 - i. ¿Cambia la velocidad de las ondas, al variar la profundidad?
 - ii. ¿Cambia la dirección de propagación de las ondas?
 - iii. ¿Al cambiar la profundidad, ocurre el fenómeno de refracción? Justifica tu respuesta.

Resulta interesante mostrar a los alumnos que la velocidad, la longitud de onda y la dirección de propagación de las ondas superficiales en el agua dependen de la profundidad.

En general se piensa que sólo ocurre la refracción, cuando las ondas pasan de un medio a otro.

- d. Coloca el vidrio en el interior de la cuba de ondas, de tal manera que se definan dos regiones de diferente profundidad, como se muestra en la figura 4.35.

Figura 4.35



- e. Genera ondas.
- ¿Qué parámetros de las ondas cambian con la profundidad del agua?
 - ¿En qué región ocurren dichos cambios? Discute con tus compañeros y anota tus conclusiones.
- f. Realiza un dibujo, marcando la región en donde ocurre el cambio de velocidad de las ondas.

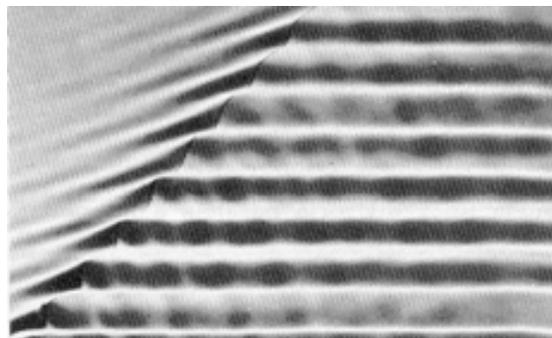


Figura 4.36 Refracción de ondas.

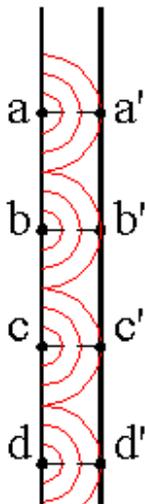
- i. Observa y analiza la figura 4.36, ¿las ondas viajan de derecha a izquierda o de izquierda a derecha? Discute con tus compañeros y fundamenten su respuesta.

(Puede notarse en la ilustración el cambio en la dirección de propagación de las ondas planas que viajan hacia arriba en la fotografía y que pasan del lado derecho al izquierdo: ¿Cómo lo sabemos? Simplemente observando las ondas reflejadas en la línea límite y que se propagan en el lado derecho (hacia la derecha) de forma muy atenuada.)

Resulta positivo destacar que la longitud de onda disminuye del lado izquierdo (en la parte menos profunda) y que el ángulo de refracción es menor que el ángulo de incidencia. En la óptica geométrica los ángulos se definen a partir de los rayos y la normal a la superficie límite en el punto de incidencia. En el caso de las ondas resulta más sencillo medir el ángulo formado por el frente de onda con la línea límite que es igual al ángulo formado por la dirección de propagación con la normal a la línea de separación.

¿Qué es un frente de onda?

Supongamos que una fuente puntual provoca un tren de ondas en un medio homogéneo e isótropo (medio que mantiene sus propiedades en cualquier dirección) y una vez transcurrido un cierto tiempo, unimos con una línea los puntos alcanzados por la perturbación (las ondas en estos puntos se encuentren en fase) con lo que se obtiene una figura que se llama frente de onda. Estos frentes según sea su forma, se podrán llamar circulares, planos, esféricos, etc.



En la imagen de la izquierda se ve como los puntos a, b, c, d, forman parte de un frente de onda plano, se comportan como nuevos generadores secundarios de ondas dando lugar a un nuevo frente que tendrá nuevamente puntos "a', b', c', d' " que serán los nuevos puntos generadores del próximo frente de onda y así sucesivamente.

Figura 4.37 Frente plano

Lo mismo se puede decir del frente generado por una fuente puntual, donde los puntos "a, b,...,i" corresponden al frente circular que se propaga, actuando como nuevos generadores de ondas y alcanzará a los puntos "a', b',....., i' " que serán los nuevos generadores y así sucesivamente, como se muestra en la figura 4.38.

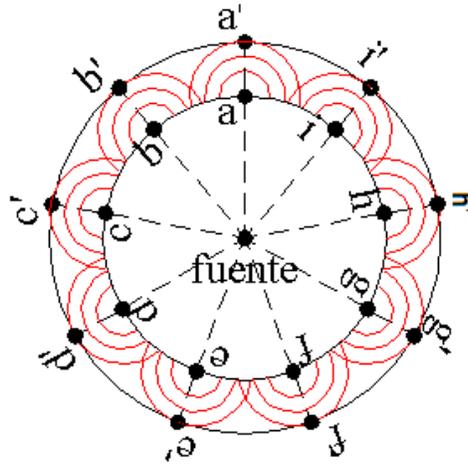


Figura 4.38 Frente circular

Al igual que en el plano, se puede generar una onda producida por una fuente puntual que se propague en el espacio, la envolvente o frente de onda en este caso, será una superficie esférica en lugar de una circunferencia como vimos que se producía en el plano.

Para simplificar el estudio de las ondas, a cada frente de onda se le asocia una recta perpendicular a la superficie de la onda y se le denomina rayo.

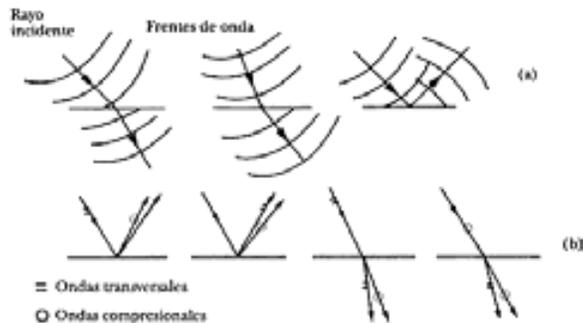


Figura 4.39 Rayos asociados a los frentes de ondas

Preguntas

1. Utilizando el motor, produce ondas planas y circulares en la cuba de ondas y compara sus velocidades de propagación: ¿Son iguales? ¿Por qué?
2. Si un generador de ondas se introduce en el agua 10 veces en 2.5 segundos ¿Cuál es el valor de la frecuencia? ¿Y el periodo?
3. En una cuba de ondas se producen pulsos cada vigésimo de segundo y la longitud de onda es de 2.5 cm. ¿Cuánto vale la velocidad de propagación?
4. En la figura 4.40, que se muestra, señala la fuente de los pulsos circulares. Señala, además, el punto donde está situada la fuente imagen.

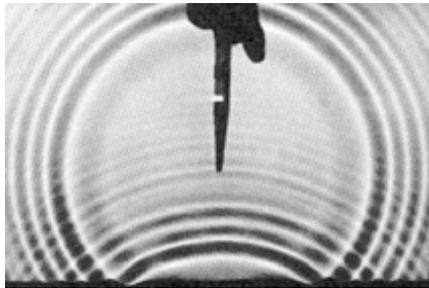


Figura 4.40 Reflexión de ondas circulares

5. Describe el movimiento ondulatorio producido al sumergir el dedo en el centro de una cubeta circular llena de agua.
6. En la figura 4.41, las líneas gruesas representan crestas de ondas planas y las flechas indican la dirección de propagación de las ondas:

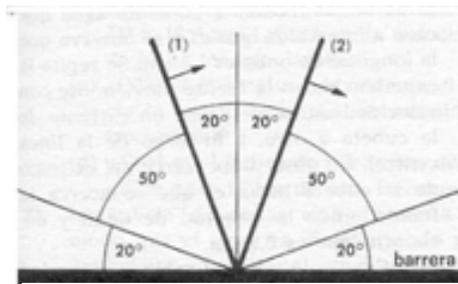


Figura 4.41

- a) ¿Cuál es la onda incidente y cuál es la refractada?
- b) ¿Cuál es el ángulo de incidencia?

7. Una onda plana se acerca a un obstáculo recto formando un ángulo de 50 grados. Construye un diagrama con el rayo incidente, el refractado y su ángulo respectivo.

II: INTERFERENCIA

OBJETIVOS

- Mediante la generación de dos ondas circulares en agua, analizar el fenómeno de interferencia para establecer la relación entre la distancia de los generadores y la longitud de onda,
- Relacionar la longitud de onda con la separación entre los focos y el número de líneas nodales.
- Comparar diferentes patrones de interferencia.
- Utilizando herramientas de geometría analítica, encontrar la ecuación de las curvas de interferencia.

El principio de superposición y el estudio cuidadoso de los diagramas de interferencia permiten comprender la formación de líneas nodales, encontrar las relaciones entre la longitud de onda, la separación entre los focos y el número de líneas nodales producidas.

La figura 4.42, muestra un punto P que pertenece a una línea nodal, de acuerdo con la notación establecida, es la línea nodal número 1. Todos los puntos de ella se caracterizan porque allí el movimiento ondulatorio se anula.

En el punto P se cruza una cresta procedente de S_1 , con un valle que llega de S_2 .

La onda que ha salido de S_1 , ha recorrido tres longitudes de onda (λ) para llegar a P, mientras la que ha salido de S_2 , ha recorrido dos y media λ para llegar a P.

Por lo que la diferencia en el recorrido es $\frac{1}{2} \lambda$.

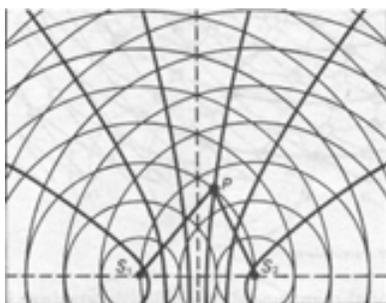


Figura 4.42 Líneas nodales

Ahora si consideramos un punto sobre la segunda línea nodal, la diferencia de recorrido es $\frac{3}{2} \lambda$.

Para un punto en la tercera línea nodal, la diferencia de recorrido es: $\frac{5}{2} \lambda$

De tal manera, que para la enésima línea nodal, la diferencia en el recorrido es:

$$d (PS_1 - PS_2) = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda; \text{ d\u00f3nde } n \text{ empieza desde } 1.$$

$d (PS_1 - PS_2)$; es la distancia entre las fuentes de ondas.

Es conveniente considerar lo que ocurre cuando estamos alejados de los focos, como se aprecia en la figura 4.43.

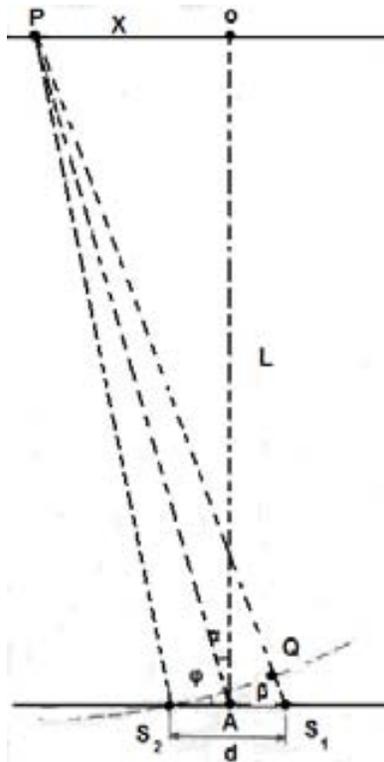


Figura 4.43 El punto P, está muy alejado de los focos

P representa un punto de una línea nodal producida por las ondas provenientes de \$S_1\$ y \$S_2\$.

De la figura 4.43, se observa que la diferencia de caminos para las ondas que llegan a P desde \$S_1\$ y \$S_2\$ es: \$S_1Q\$.

Si P está muy alejado, $d \ll L$ y el triángulo POA es semejante al triángulo QS_1S_2 .

Por lo que se cumple que los lados correspondientes son proporcionales, es decir:

$$\frac{S_1Q}{S_1S_2} = \frac{QP}{AP} \quad (1)$$

Si P está en una línea nodal, la diferencia de caminos S_1Q , es:

$$d(S_1Q) = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

De la figura 4.43, $S_1 S_2 = d$, $OP = x$ y $AP = L$ si $L \gg d$

Sustituyendo en la ecuación (1), se obtiene:

$$\left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda / d = x / L \quad (2)$$

Esta expresión permite calcular la longitud de onda, si se conoce la separación entre los focos d , la distancia L , la separación lateral x del eje de simetría.

Se debe tener presente que x es un punto de la línea nodal, donde el movimiento ondulatorio se anula.

Con base en este análisis y con ayuda de un diagrama de interferencia, es posible determinar el número de línea nodal, la separación entre los focos y determinar la longitud de onda. Lo que significa que se puede realizar el análisis de un movimiento ondulatorio utilizando diferentes representaciones (diagramas y ecuaciones), tal como se propone en la sección tres del capítulo 2.

Partiendo de la importancia de amalgamar los conocimientos de diferentes áreas y de manera imprescindible la física y la matemática, se sugiere como actividad final de consolidación, que los estudiantes demuestren analíticamente que las curvas del patrón de interferencia son hipérbolas.

MATERIAL

Cuba de ondas
Motor de corriente continua
2 Generadores de ondas circulares
Foco
Cable con soquet
Lámpara de luz estroboscópica

Sugerencia

Los alumnos ya están familiarizados con las características de las ondas superficiales en el agua, por lo que es conveniente pasar a una de las configuraciones más importantes de la secuencia de ondas, la que se produce cuando dos generadores puntuales, próximos entre sí, vibran con la misma frecuencia, como se muestra en la figura 4.44.

En caso de que no se cuente con dos generadores de ondas, se puede utilizar un solo generador y un obstáculo con dos ranuras, de manera análoga al experimento de Young.



Figura 4.44 Interferencia de ondas

PROCEDIMIENTO

En la cuba de ondas, se colocan dos focos puntuales en fase para generar dos trenes de ondas circulares que se interfieran.

- a. Coloca dos generadores de la misma frecuencia en la cuba de ondas, separados 8 cm.
- b. Prende los generadores de ondas.
 - i. ¿Hay superposición de las ondas? Justifica tu respuesta.
 - ii. Dibuja un diagrama de lo que observas y marca las zonas de interferencia constructiva e interferencia destructiva.
 - iii. ¿Hay cambio de velocidad en las ondas, cuando ocurre la interferencia? Discute con tus compañeros y anota tus conclusiones.

Es conveniente hacer énfasis con los estudiantes que las crestas y los valles de los dos trenes de ondas son de la misma amplitud y que hay regiones donde se cruzan crestas con crestas y valles con valles, que al sumarse originan crestas y valles mayores que se propagan con la misma velocidad.

- c. Busca las regiones de interferencia destructiva.
 - i. ¿Hay movimiento ondulatorio en esta región? Justifica tu respuesta.
 - ii. ¿Qué pasa con la energía en esta región?
 - iii. ¿Se sigue cumpliendo el principio de conservación en las regiones de interferencia destructiva?

Utilizando acetatos con las imágenes de las ondas, es interesante mostrar a los estudiantes, las regiones en donde se encuentran crestas con valles, en esas zonas la suma algebraica de las amplitudes es igual a cero, por lo que el movimiento ondulatorio se anula, la superficie del agua queda en reposo.

- d. Cierra los ojos y con la yema de los dedos ubica las regiones en donde no hay perturbación.

Es conveniente hacer notar a los estudiantes, que aún cerrando los ojos, pueden distinguir las zonas sin perturbación, colocando las yemas de los dedos sobre la superficie del agua y se les comenta que las regiones en donde no hay perturbación se denominan líneas nodales.

- e. Trata de seguir con la yema de los dedos la línea nodal, ¿qué tipo de curva describe la línea nodal?

La mayor parte de los estudiantes creen que estas líneas pasan por los focos y que son rectas que se cruzan, uno que otro supone que son parábolas. Puede ser ilustrativo colocar los focos puntuales en la parte media de la cuba para que noten como el diagrama se prolonga por toda la cuba, en este caso, algunos estudiantes suponen que las curvas nodales son hipérbolas.

En la figura 4.45, se muestran una serie de líneas grises que corresponden a las líneas nodales.

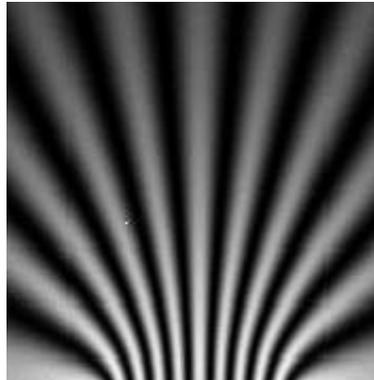


Figura 4.45 Líneas nodales

En la figura 4.44, se pueden contar las líneas nodales, simétricas respecto a la perpendicular trazada en el punto medio de la línea que une a los focos. La figura 4.47 es un dibujo que representa esquemáticamente el diagrama de interferencia mostrado en la figura 4.44, los focos S_1 y S_2 , la separación d entre ellos, la longitud de onda λ , y la flecha que indica el sentido del movimiento de las ondas en esa región.

En el esquema se distinguen muy bien las intersecciones de las crestas y entre ellas, las intersecciones de los valles, también es posible distinguir con más detalle los puntos correspondientes a las líneas nodales, las que se muestran explícitamente en la figura 4.46.

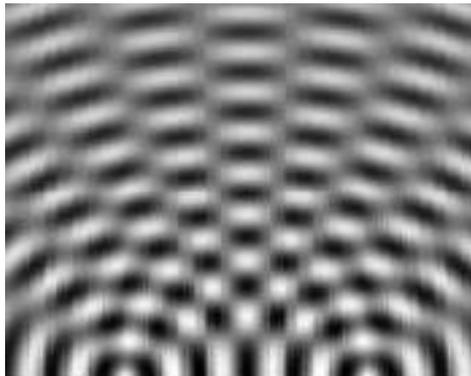


Figura 4.46 Líneas nodales

Los mínimos y máximos yacen en hipérbolas con los puntos generadores como focos.

De la siguiente figura 4.47, se observa, que la separación entre los focos es de cinco longitudes de onda y se tiene el doble de líneas nodales, figura 4.48.

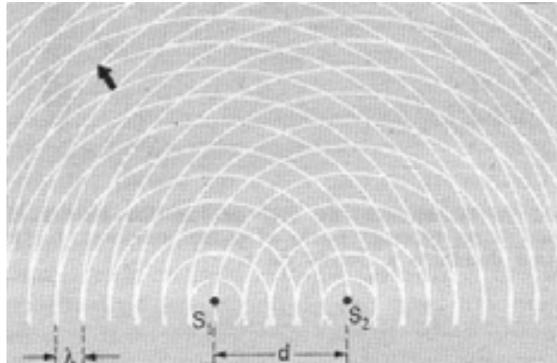


Figura 4.47 Esquema de los trenes de onda de la figura 4.44.

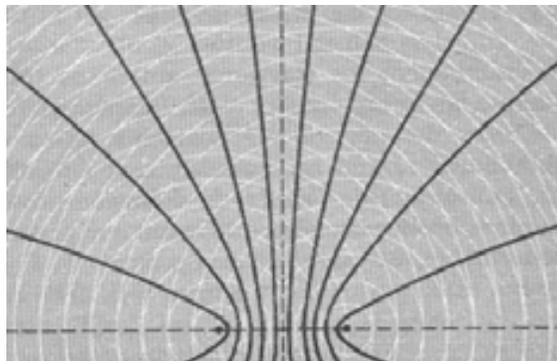
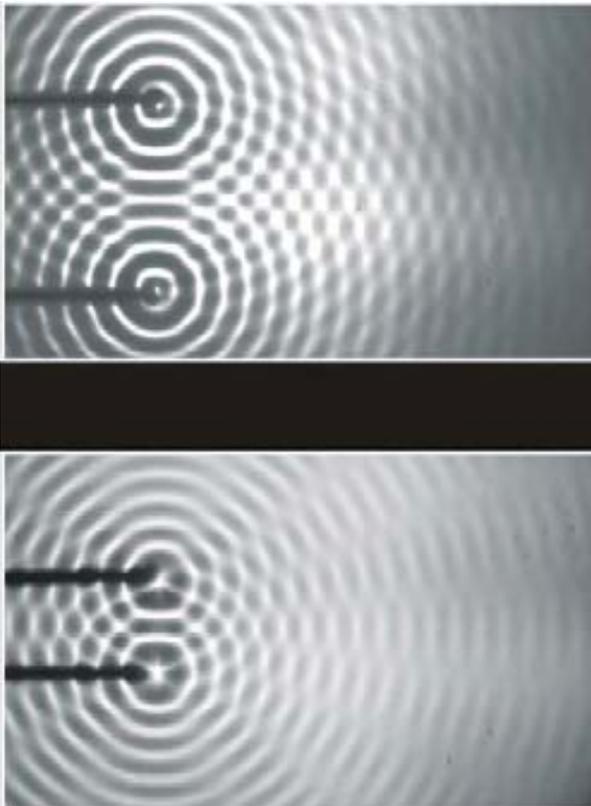


Figura 4.48 Líneas nodales de los trenes de ondas de la figura 4.44.

- f. ¿Qué se necesita hacer para que cambie la longitud de onda, de las ondas superficiales? Discute con tus compañeros y verifica experimentalmente tu suposición.
- i. Cuando se cambia la longitud de onda, ¿hay variación en el número de líneas nodales?
- ii. ¿Cuántas líneas nodales hay entre los focos?
- iii. ¿De qué parámetros depende el número de líneas nodales?

En este punto, resulta muy ilustrativo producir otro diagrama de interferencias, variando la longitud de onda o la separación entre los focos, como se muestra en la figura 4.49, en donde se conserva la distancia entre los focos puntuales y se aumenta la longitud de las ondas. Los alumnos notan que el número de líneas nodales ha variado, son 3 de cada lado del eje de simetría y la separación de los focos es de 3 veces λ , la longitud de onda.

Se debe enfatizar con los estudiantes, que los patrones de interferencia dependen de la distancia entre los generadores y de la longitud de onda. A medida que crece la distancia entre los generadores o que decrece la longitud de onda, aumenta la cantidad de hipérbolas y éstas se abren más.



Interferencia de dos ondas circulares coherentes.

Arriba:
Distancia de los puntos generadores = 8 cm

Abajo:
Distancia de los puntos generadores = 4.2 cm

Figura 4.49 Interferencia de ondas.

g. ¿Existe otra forma de cambiar el número de líneas nodales? Verifica tu respuesta experimentalmente.

Es recomendable numerar las líneas nodales, considerando sólo la mitad de ellas, digamos las del lado derecho y empezando por la más próxima al eje de simetría.

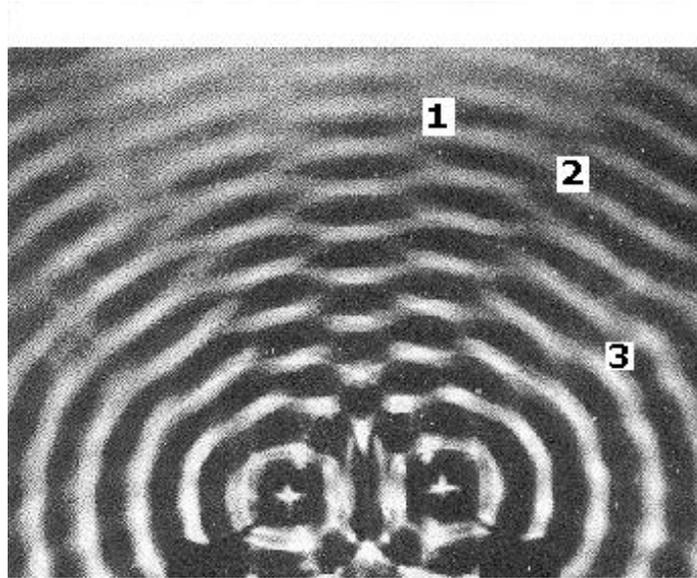


Figura 4.50 Dos focos puntuales generando ondas circulares al mismo tiempo

Hasta ahora se ha realizado el análisis del movimiento ondulatorio de manera experimental. Sin embargo, es conveniente mostrar a los estudiantes que se puede realizar el mismo análisis partiendo de otra representación del fenómeno.

Recuerda la definición de hipérbola: Es el conjunto de puntos del plano cuya distancia a dos puntos fijos tiene una diferencia constante.

Se toma la distancia mayor y se le resta la distancia menor. Los dos puntos fijos se llaman focos de la hipérbola, el punto medio entre los focos se llama centro de la hipérbola.

- h. Encuentra la ecuación de la primera línea nodal, del siguiente diagrama de interferencia. Considera que la interferencia sobre la línea nodal es destructiva, por lo que la diferencia del camino recorrido es $\frac{1}{2}\lambda$. Por simplicidad y sin pérdida de generalidad supón que el centro de la curva está en el origen.

Preguntas

1. Coloca 2 generadores de ondas circulares para producir 2 trenes de ondas simultáneamente, el resultado es semejante al que se muestra en la figura de la derecha ¿Qué sucede en los puntos en que coinciden 2 crestas? ¿Y cuando se encuentran dos valles?

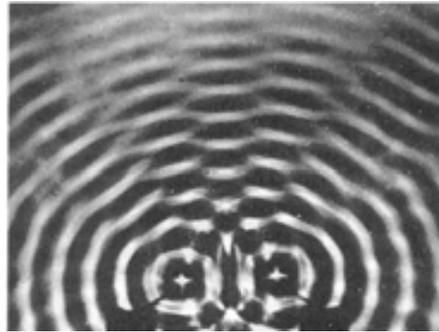


Figura 4.51 Pregunta 1

2. Localiza los puntos donde se superponen la cresta de una onda con el valle de otra, empezando por la región situada entre los focos y avanzando hacia arriba. Al conjunto de puntos donde el movimiento ondulatorio se anula se le conoce con el nombre de línea nodal ¿Cuántas líneas nodales puedes localizar en el diagrama de la figura 2? ¿Qué sucede en la superficie del agua en las líneas nodales?
3. Observa que en la figura 4.52, la separación entre los focos (d) es de 5 longitudes de onda ¿Qué ocurrirá con el número de líneas nodales si la separación d entre los focos aumenta al doble? ¿Y si se reduce a la mitad?

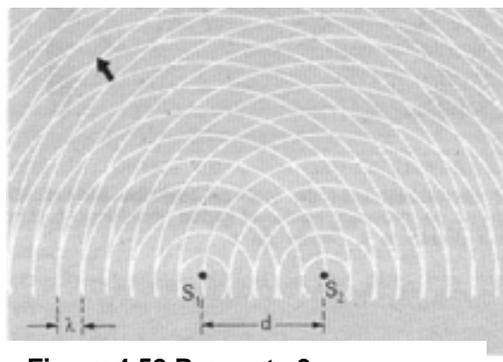


Figura 4.52 Pregunta 3

4. Si aumentas la longitud de onda de las ondas producidas ¿Qué pasará con el número de líneas nodales?

5. Si cierras los ojos y con mucho cuidado recorres con los dedos la superficie del agua ¿Qué notarías a lo largo de las líneas nodales? ¿Y en las regiones intermedias?
6. Alguien asegura que las líneas nodales son hipérbolas ¿podrías demostrarlo? Busca en tu libro de Geometría Analítica la definición de esta cónica y compárala con la ecuación que describe a una la línea nodal.
7. En la figura 4.53, los círculos representan las crestas de las ondas producidas por las fuentes S_1 y S_2 . Selecciona entre los puntos A, B y C. ¿A cuál le corresponde una cresta doble, un valle doble, o un punto nodal?

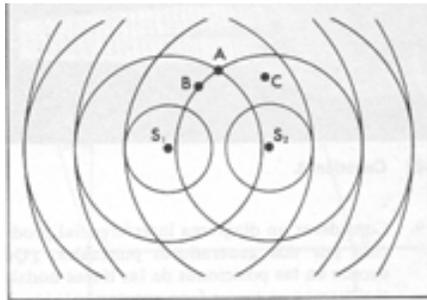


Figura 4.53 Pregunta 7

Compara en las dos figuras 4.54 y 4.55:

- a. ¿En cuál figura es mayor la longitud de onda?,
- b. ¿Qué otra diferencia existe entre los dos patrones de interferencia?

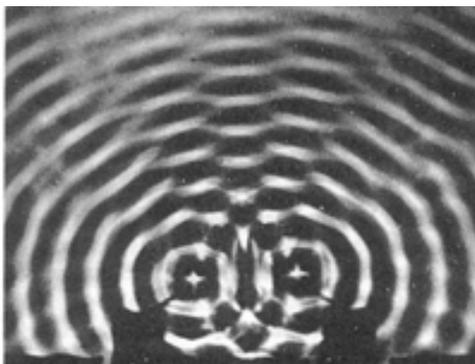


Figura 4.54



Figura 4.55

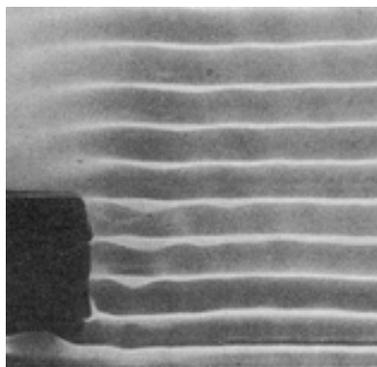
III: DIFRACCIÓN

A todos nos ha ocurrido que cuando estamos junto a un edificio cerca de la esquina, se puede escuchar las voces de personas que se encuentran a la vuelta de la esquina. Si no hay reflexiones ni viento, ¿cómo es que escuchamos los sonidos?

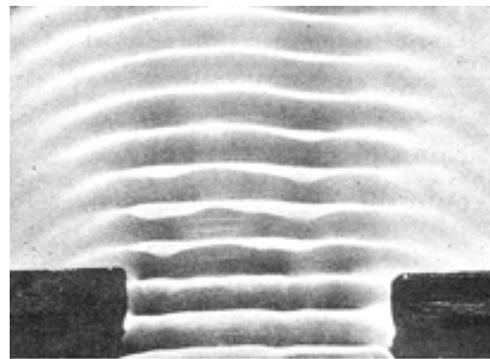
¿Qué sucede con las ondas de sonido, cuando inciden en el borde de un obstáculo o pasan a través de una abertura?

Se tiene que suponer que **el sonido le da la vuelta a la esquina** y por eso lo podemos escuchar. **¡En la realidad esto pasa!**, el sonido se difracta y llamamos difracción a la curvatura que las ondas experimentan al llegar al borde de un obstáculo o al pasar a través de una abertura, como se muestra en las figura 4.56.

Figura 4.56 Difracción



Difracción en el borde de un obstáculo



Difracción por una abertura

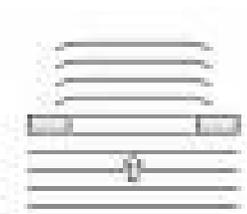


Figura 4.57 En la derecha se observa que cuando el tamaño de la rendija es del orden de la longitud de onda de las ondas de agua, se produce un aumento considerable en la curvatura del frente de onda. Lo anterior se puede interpretar con el modelo de fuentes puntuales generadoras de onda, tal como lo propone Huygens.

La difracción es un fenómeno característico del movimiento ondulatorio. Cuando un objeto se coloca entre una fuente puntual y una pantalla, en lugar de una sombra bien definida, se produce una sombra complicada, formada por regiones claras y oscuras.

En pocas palabras, la difracción se presenta cuando un frente de ondas se encuentra con un objeto y las ondas sufren un cambio en su dirección de propagación al bordear el objeto o al pasar por una abertura.

¿Y qué relación existe entre la difracción y el tamaño del objeto o de la abertura? Para ilustrarlo en los siguientes diagramas se muestran tres frentes de ondas planas cuya longitud de onda es diferente en cada caso mientras que el tamaño de la abertura permanece constante.

Cuando la longitud de onda es pequeña comparada con el tamaño de la abertura, la difracción apenas si se nota. A medida que la longitud de onda aumenta y llega a ser comparable con el tamaño de la abertura la curvatura de las ondas se incrementa y penetra completamente en la región de sombra.

Hasta este momento se ha considerado a la difracción como un fenómeno independiente de la interferencia, ahora se resaltaré la semejanza entre ambos fenómenos.

En la figura 4.58, se muestra la difracción de ondas al pasar por una abertura de tamaño comparable a la longitud de las ondas producidas y aparecen muy claramente un par de líneas nodales.

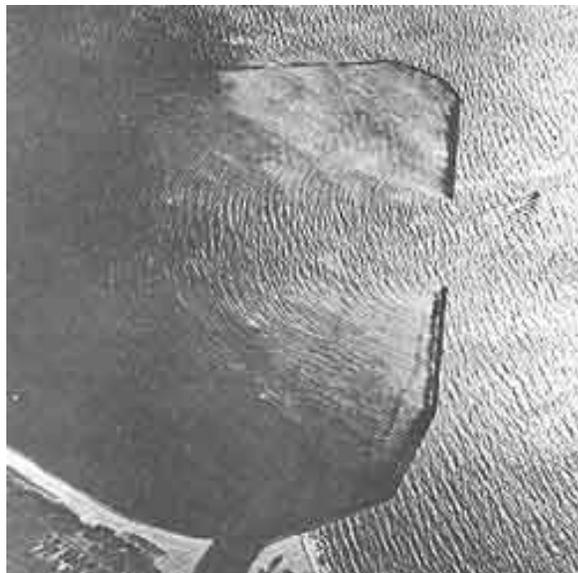


Figura 4.58 Difracción en una costa

DIFRACCIÓN POR ABERTURAS

OBJETIVOS

- Analizar el fenómeno de difracción, cuando las ondas pasan a través de una abertura y de dos aberturas.
- Establecer cualitativamente la relación que existe entre el tamaño de la longitud de onda y el tamaño de la ranura.

MATERIAL

Cuba de ondas
Motor de corriente continua
Regla de 60 cm para generar ondas planas
Generador de ondas circulares
Foco para proyectar en el techo
Tres bloques de madera de 10 x 8 x 2 cm

PROCEDIMIENTO

- Arma la cuba de ondas.
- Genera ondas planas con la regla.
- Mide la longitud de onda.
- Coloca dos bloques de madera, dejando entre ellos una separación similar a la longitud de onda.
 - ¿Qué le sucede a las ondas cuando pasan por el orificio?
 - ¿Ocurrirá lo mismo, si la distancia entre los bloques aumenta? Discute con tus compañeros y anota tus conclusiones.
 - ¿Qué pasa si disminuyes la distancia entre los bloques? Justifica tu respuesta.
- Comprueba de manera experimental tus conjeturas.
- Escribe una condición para que ocurra el fenómeno de difracción.
- Coloca los tres bloques de madera, de tal manera que haya dos aberturas de tamaño similar.
 - Observa lo que ocurre y realiza un diagrama.
 - ¿Se da el fenómeno de superposición? Discute con tus compañeros y anota tus conclusiones.

iii. ¿Hay interferencia constructiva o destructiva? Justifica tu respuesta.

h. Explica en que consiste el fenómeno de difracción y represéntalo mediante un diagrama.

Se han tratado pulsos en una cuerda, ondas superficiales, es decir se han abordado fenómenos ondulatorios en una y dos dimensiones, a pesar de que existen ondas materiales en tres dimensiones, no se tratan en el presente trabajo.

Preguntas

1. Coloca un obstáculo con una abertura, de aproximadamente 5 cm, al paso de las ondas circulares ¿Qué sucede con las ondas planas cuando atraviesan la abertura?
2. Repite la experiencia anterior reduciendo el tamaño de la abertura ¿Notas algún cambio en el patrón observado?
3. El fenómeno anterior recibe el nombre de difracción y es característico de las ondas. En tus propias palabras, describe la difracción de ondas
4. El sonido es también un movimiento ondulatorio que se propaga con una velocidad de 330 metros por segundo en el aire. ¿Presentan difracción las ondas sonoras? ¿Cómo interpretas el hecho de que puedes escuchar la conversación sostenida por unas personas en el cuarto vecino al tuyo?

4.3 REPRESENTACIÓN MATEMÁTICA DE LAS ONDAS

i. CAMBIO DE REPRESENTACIÓN DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

OBJETIVOS:

- Asociar una función matemática al movimiento ondulatorio.
- Elaborar y analizar gráficas senoidales para determinar los parámetros que caracterizan a una onda (amplitud, longitud de onda, frecuencia, periodo).

Material

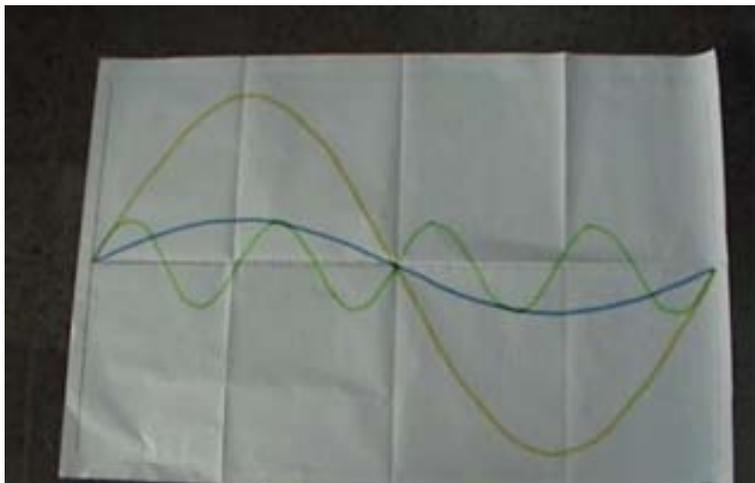
Papel rotafolio de cuadro chico
Marcadores de agua de diferentes colores
Regla de un metro de longitud
Calculadora científica

Procedimiento

- Por simple observación, asociar una función matemática al movimiento ondulatorio.
- Graficar las funciones (de 10 en 10 grados):
 - $y = \text{sen } x$
 - $y = \text{sen } 4x$
 - $y = 4 \text{ sen } x$
- Analizar las gráficas y asociar los parámetros de las funciones con las características de las ondas.
- Representar de manera pictórica, gráfica y algebraica el movimiento del resorte mostrado.



Figura 4.59 Alumnos de los grupos donde se realizó la práctica docente.



CAPÍTULO 5: LUZ

5.1 Naturaleza Ondulatoria de la luz

OBJETIVOS:

- Con la discusión, la reflexión, el diseño y la realización de actividad experimental, mostrar que la luz presenta los fenómenos de: reflexión, refracción, difracción e interferencia.
- Utilizando el razonamiento abductivo, inferir que la luz es un fenómeno ondulatorio.
- Mostrar que las ondas electromagnéticas se generan con la variación temporal del campo electromagnético.

Hasta este momento se ha hablado de movimientos ondulatorios en medios materiales, no obstante; existe otro tipo de fenómeno ondulatorio cuya perturbación no necesita de un medio material para propagarse, puede viajar en el vacío.

Dichas ondas se llaman electromagnéticas y una pequeña región de ellas, las percibimos a través del sentido de la vista. Sin embargo; representan un gran porcentaje (alrededor del 70%) de la información que recibimos del entorno cotidiano.

Las ondas electromagnéticas que son percibidas por el ojo humano se denominan **luz** y debido a la interacción de ésta con la materia, se pueden ver el mundo que nos rodea. Incluso mediante el análisis de la luz que emiten cuerpos lejanos como las estrellas, se puede determinar su temperatura y composición química.

La mayoría de los objetos que vemos en nuestro entorno no emiten luz propia, sino que reflejan una parte de la luz que llega a su superficie, otra parte es absorbida y en ocasiones otra parte es transmitida.

Cuando la luz reflejada regresa al medio del cual provino, se da el fenómeno de reflexión y cuando la luz que se transmite cambia de dirección acontece el fenómeno de refracción.

Así, para verificar si la luz es un fenómeno ondulatorio se recurre al razonamiento abductivo, lo cual significa que a través de los efectos se pueden determinar las causas.

De tal manera que mediante actividades experimentales se muestra que la luz, al igual que las ondas materiales, se refleja, refracta, difracta y produce patrones de interferencia.

Para simplificar el estudio de las ondas, se suelen representar de manera pictórica por rayos.

En la figura 5.1, se observa un frente de onda plano dirigiéndose hacia la superficie de separación de los medios 1 y 2.

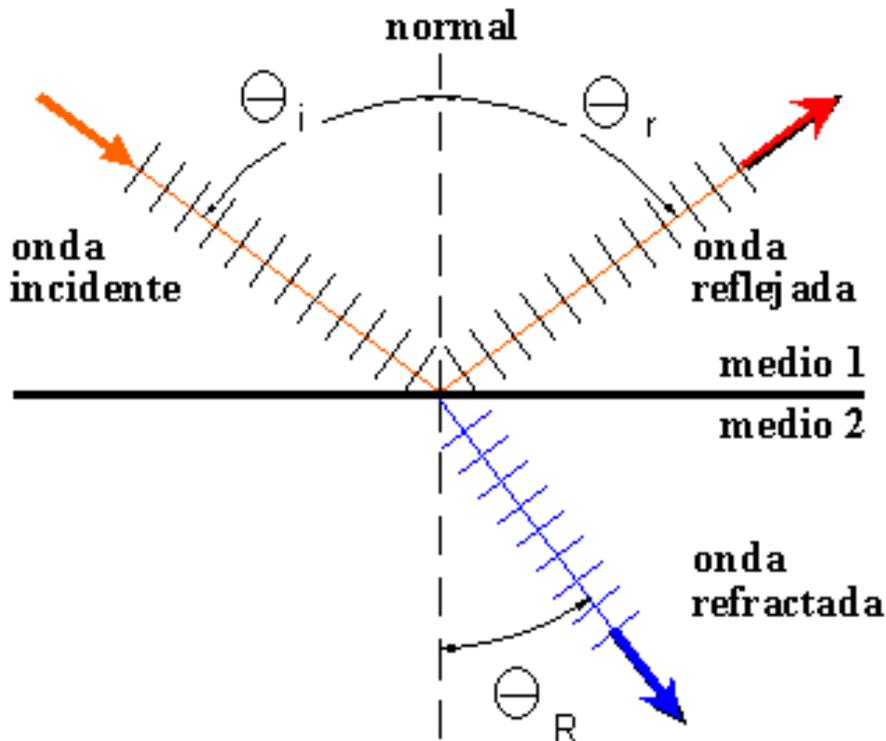


Figura 5.1 Se muestran los rayos incidente, reflejado y refractado.

Las líneas con flechas son los **rayos**, que es una forma de representar la propagación de las ondas, son las líneas perpendiculares al frente de onda y las flechas indican el sentido de su propagación.

La onda que se dirige hacia la superficie de separación entre los planos se llama **onda incidente**, la onda que rebota hacia el mismo medio, se llama **onda reflejada** y la onda que atraviesa la superficie de separación de ambos medios pasando al medio 2 se llama **onda refractada**.

De la figura se observa que la onda incidente, reflejada, refractada y la normal están en un mismo plano, que es perpendicular a la superficie de separación.

Los ángulos que forman los rayos con la normal son:

Ángulo de incidencia θ_i , es el formado por la dirección de propagación de la onda incidente (rayo incidente) con la normal.

Ángulo de reflexión θ_r , es el formado por la dirección de propagación de la onda reflejada (rayo reflejado) con la normal.

Ángulo de refracción θ_R , es el formado por la dirección de propagación de la onda refractada (rayo refractado) con la normal.

Longitud de Camino Óptico, es longitud de la trayectoria que sigue un rayo, multiplicado por el índice de refracción del medio.

En el desarrollo de las siguientes actividades experimentales, se obtienen las leyes que rigen éstos fenómenos.

1. Los ángulos de incidencia θ_i y de reflexión θ_r , son iguales.
2. El cociente entre el seno del ángulo de incidencia θ_i y el seno del ángulo de refracción θ_R , es un valor constante que depende de los medios. (Ley de Snell)

El índice de refracción del medio 2 respecto a medio 1: n_{2-1} , se define como:

$$n_{2-1} = \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_R}$$

i. REFLEXIÓN

OBJETIVO

- Demostrar experimentalmente que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

Cuando la luz ilumina a los objetos, se suscita una interacción entre la luz incidente y la materia, dependiendo de las propiedades físicas de la superficie, es el color de luz que refleja.

Sin embargo, no importa el color de luz reflejada, ésta siempre va a cumplir el principio de mínimo tiempo, enunciado por Pierre Fermat en 1650:

“La trayectoria real que adopta un haz de luz entre dos puntos es aquella recorrida en el tiempo mínimo.” (Hecht, p.108)

Ley de la Reflexión

Supongamos que un rayo luminoso viaja del punto 1 al punto 2 a través de un medio homogéneo e incide en una superficie en el punto P, ver figura 5.2.

Sin pérdida de generalidad se puede suponer que el punto inicial y final se encuentran en el plano YZ y el punto de reflexión P, en el plano XY.

Por construcción, el rayo incidente, el reflejado y la normal no están en un mismo plano.

Debido a que el rayo se mueve en un medio homogéneo, se puede considerar que la trayectoria de 1 a P es rectilínea y de la misma manera de P a 2.

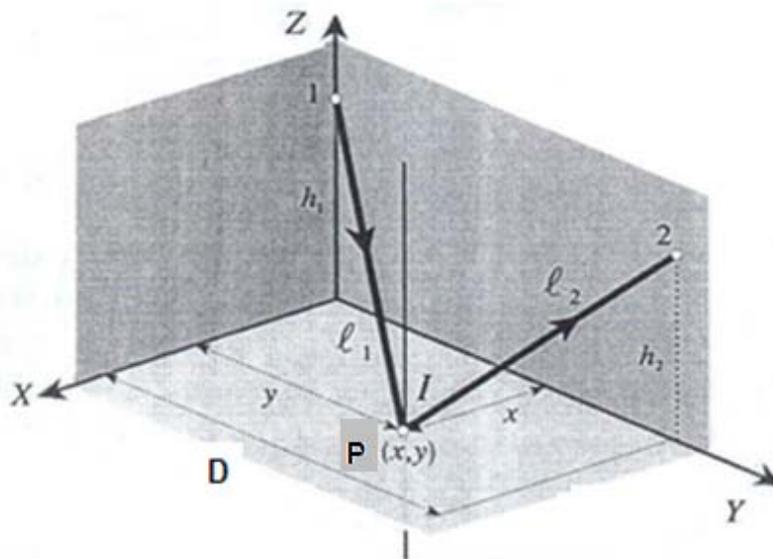


Figura 5.2 Rayo reflejado.

De acuerdo con el principio de Fermat y suponiendo que el índice de refracción del medio por el que viaja la luz es uno, el camino óptico es igual a la trayectoria del rayo, usando el teorema de Pitágoras, se tiene que la trayectoria está dada por:

$$L(x, y) = \sqrt{x^2 + y^2 + h_1^2} + \sqrt{x^2 + (D - y)^2 + h_2^2}$$

Derivando con respecto a x e igualando con cero:

$$\frac{\partial L}{\partial x} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2 + h_1^2}} + \frac{x}{\sqrt{x^2 + (D - y)^2 + h_2^2}} = 0$$

$\Rightarrow x = 0$, esto significa que la trayectoria está contenida en el plano YZ.

\therefore El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal son coplanares.

Derivando con respecto a y, e igualando con cero:

$$\frac{\partial L}{\partial y} = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2 + h_1^2}} - \frac{D - y}{\sqrt{x^2 + (D - y)^2 + h_2^2}} = 0$$

Como $x = 0$, de la ecuación de $\frac{\partial L}{\partial y}$, se obtiene:

$$\frac{y}{\sqrt{y^2 + h_1^2}} = \frac{D - y}{\sqrt{(D - y)^2 + h_2^2}}$$

Utilizando el resultado anterior, el esquema de la trayectoria queda simplificado:

(De acuerdo con la propuesta didáctica analógica, las ecuaciones son una guía para facilitar la interpretación el fenómeno)

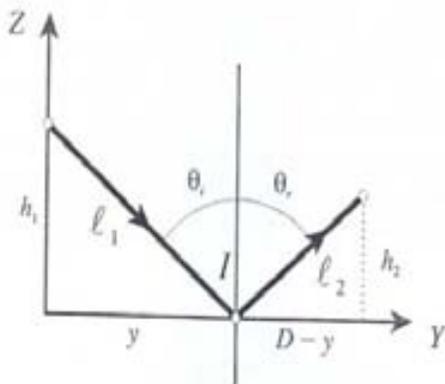


Figura 5.3 Reflexión

De la figura 5.3, se observa que:

$$l_1 = \sqrt{y^2 + h_1^2}$$

$$l_2 = \sqrt{(D - y)^2 + h_2^2}$$

$$\Rightarrow \text{sen} \theta_i = \frac{y}{\sqrt{y^2 + h_1^2}}$$

$$\Rightarrow \text{sen} \theta_r = \frac{D - y}{\sqrt{(D - y)^2 + h_2^2}}$$

Por otro lado, combinando la última ecuación con el resultado del cuadro:

$$\text{sen } \theta_i = \text{sen } \theta_r$$

⇒ $\theta_i = \theta_r$ El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión: **Ley de la Reflexión.**

Se debe tener en mente que ambos ángulos se miden a partir de la normal.

MATERIAL

Espejo plano de 10 x 10 cm
Apuntador láser
Hoja tamaño carta
Transportador
Polvo de gis blanco

PROCEDIMIENTO

- Coloca el espejo sobre la mesa.
- Traza una recta vertical (normal) que llegue hasta la base de la hoja.
- Coloca la hoja perpendicularmente en una orilla del espejo.
- Haz incidir un rayo de luz con el láser, de tal manera que pase rasante en la hoja.

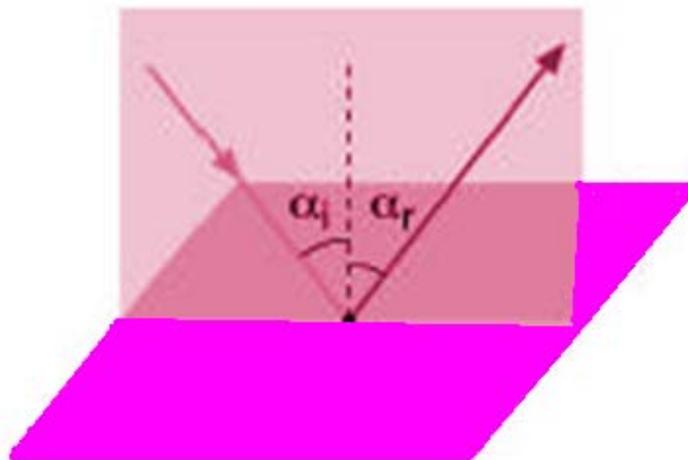


Figura 5.4 Plano formado por el rayo incidente y el de reflexión

e. Marca con tu lápiz dos puntos, uno sobre el rayo incidente y otro sobre el rayo reflejado, une los puntos de tal manera que se formen los ángulos de incidencia y reflexión (se puede percibir el láser si se espolvorea el polvo de gis en la trayectoria del láser).

Recuerda que el ángulo incidente es el ángulo que se forma con la vertical y el rayo incidente, de manera análoga se determina el ángulo de reflexión.

f. Mide los ángulos de incidencia y de reflexión.

i. ¿Qué ángulo es mayor?

g. Repite lo mismo para cinco ángulos diferentes.

i. ¿Existe diferencia entre los ángulos de incidencia y reflexión?

ii. ¿Se cumple la misma condición (ley) para la reflexión en ondas materiales y en ondas luminosas? Justifica tu respuesta.

Interpretación Geométrica de la Ley de la Reflexión

Supongamos que hay un espejo plano y enfrente de él se encuentran los puntos A y B, se quiere trazar la trayectoria de mínimo tiempo de un rayo que salga del punto A, vaya al espejo y regrese al punto B, como se muestra en la figura 5.5.

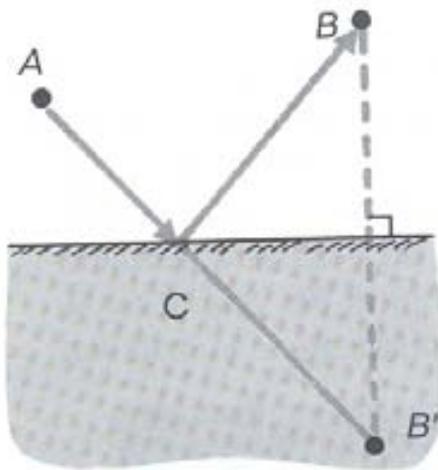
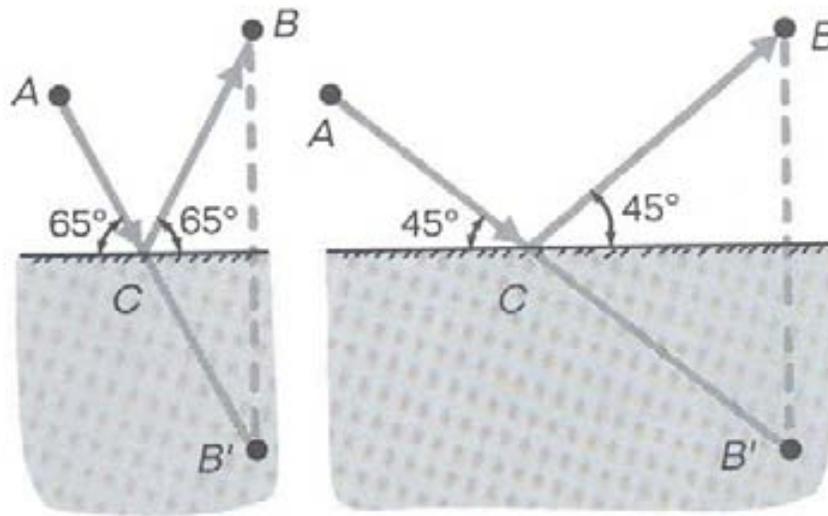


Figura 5.5 Esquema de un rayo reflejado.

La primera suposición que se hace es que el medio en donde se viaja el rayo de luz es homogéneo.

Para encontrar la trayectoria buscada, se traza la imagen del punto B, a la cual se le denominará B', se debe recordar que la distancia del espejo a B es igual a la distancia del espejo a B'. Se traza una recta que una al punto A con el punto B' (¿Por qué una recta?), dicha recta interseca al espejo en el punto C, que es el punto donde el rayo se refleja, si mides la distancia del punto C al punto B', es la misma que la distancia del punto C al punto B, por lo que se puede concluir que la trayectoria de tiempo mínimo es la que sigue los segmentos: \overline{AC} y \overline{CB} .

h. Traza la trayectoria de mínimo tiempo y mide los ángulos de incidencia y reflexión.



i. Escribe e ilustra, la ley de la reflexión.

ii. REFRACCIÓN

OBJETIVOS

- Demostrar que la luz se desvía al cambiar de un medio a otro.
- Analizar el cambio de velocidad de la luz al pasar de un medio a otro.

Seguramente te has dado cuenta que en muchos lugares existen “fuentes de los deseos”, generalmente los lugareños te dicen: **para que se te cumpla un deseo debes aventar una moneda a la fuente y atinarle a un plato que está sumergido en ella.**

Después de varios intentos, te habrás preguntado:

¿Por qué es tan difícil atinarle al plato, cuando está sumergido en la fuente?

Otro fenómeno que observas frecuentemente, es cuando sumerges un lápiz en un vaso con agua, se ve como si estuviera quebrado, como se muestra en la figura 5.6.

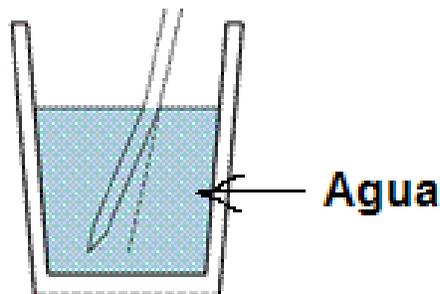


Figura 5.6 Refracción de la luz

Los fenómenos mencionados ocurren debido a que la luz cambia de velocidad (dirección y magnitud) al pasar de un medio a otro o cuando cambian las características del medio, por ejemplo, cuando el aire cambia de temperatura, los rayos se desvían, dando origen a los llamados espejismos.

Al cambio de velocidad de la luz se le denomina refracción.

Ley de la Refracción

Sea un rayo que viaja del punto 1 al punto 2 y los puntos se encuentran en medios homogéneos con índice de refracción diferente n_1 y n_2 .

Igual que en el caso anterior, la trayectoria es rectilínea y de entrada no se sabe si la normal a la superficie, el rayo incidente y el rayo refractado, se encuentran en el mismo plano.

Sin pérdida de generalidad se puede suponer que el punto inicial y final se encuentran en el plano YZ y el punto de refracción P, en el plano XY.

Por construcción, el rayo incidente, el refractado y la normal no están en un mismo plano.

El índice de refracción de un medio se define como el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío (3×10^8 m/s) y la velocidad de la luz en dicho medio.

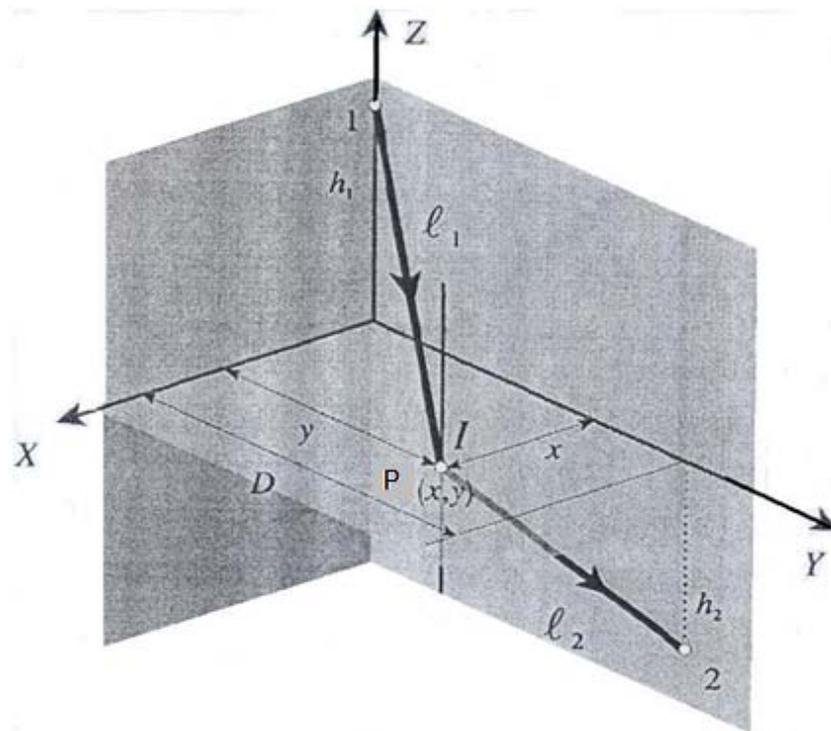


Figura 5.7 Rayo refractado.

Usando el teorema de Pitágoras, de la figura 5.7 se obtiene:

$$L(x,y) = n_1 \sqrt{x^2 + y^2 + h_1^2} + n_2 \sqrt{x^2 + (D-y)^2 + h_2^2}$$

Para minimizar la trayectoria, se impone que $\frac{\partial L}{\partial x} = 0$ y $\frac{\partial L}{\partial y} = 0$

$$\frac{\partial L}{\partial x} = \frac{n_1 x}{\sqrt{x^2 + y^2 + h_1^2}} + \frac{n_2 x}{\sqrt{x^2 + (D-y)^2 + h_2^2}} = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial y} = \frac{n_1 y}{\sqrt{x^2 + y^2 + h_1^2}} - \frac{n_2 (D-y)}{\sqrt{x^2 + (D-y)^2 + h_2^2}} = 0$$

De la primera ecuación se obtiene $x = 0$, lo que significa que el rayo incidente, la normal y el rayo refractado están en el plano ZY.

Con base en este resultado, se puede simplificar el esquema:

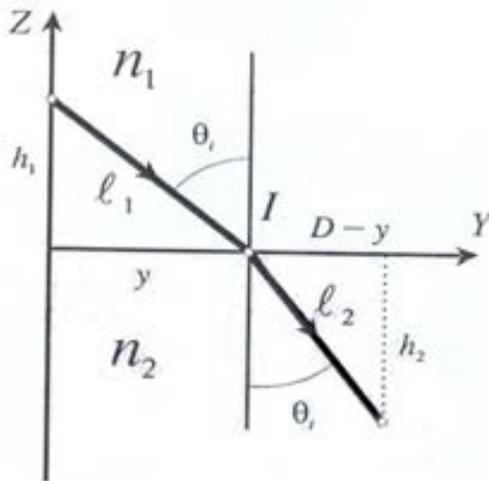


Figura 5.8 Rayo refractado.

De la figura 5.8, se observa que:

$$l_1 = \sqrt{y^2 + h_1^2}$$

$$l_2 = \sqrt{(D-y)^2 + h_2^2}$$

$$\text{sen } i = \frac{y}{\sqrt{y^2 + h_1^2}}$$

$$\text{sen } r = \frac{D-y}{\sqrt{(D-y)^2 + h_2^2}}$$

Sustituyendo $x = 0$ y los resultados del cuadro, en $\frac{\partial L}{\partial y} = 0$, se obtiene:

$n_1 \text{sen } i = n_2 \text{sen } r$ **Ley de la refracción**, también conocida como **ley de Snell**.

MATERIAL

Vaso transparente
Lápiz
Apuntador láser
Transportador

PROCEDIMIENTO

- a. Llena el vaso con agua.
- b. Sumerge un lápiz en el vaso.
 - i. Elabora un dibujo para ayudarte a describir lo que observas.
- c. Observa cuidadosamente y realiza un dibujo del lápiz.
 - i. La parte sumergida del lápiz, ¿se acerca o se separa de la normal?
 - ii. ¿Qué material tiene mayor índice de refracción, el aire o el agua? Explica.
 - iii. ¿Qué ocurre si el lápiz pasa de agua a aire?
- d. Saca el lápiz del agua.
- e. Busca en tu libro de física el valor del índice de refracción del aire y del agua. Anótalo en tu cuaderno.
- f. ¿Cómo interpretas físicamente el índice de refracción?
- g. Ilumina la superficie del agua con el rayo láser.
- h. Observa lo que ocurre con el rayo cuando entra en el agua y cuando sale del vaso.
 - i. Elabora un dibujo del rayo a lo largo de toda la trayectoria, aire, agua, aire (figura 5.9).
 - i. ¿Qué ocurre con la dirección del rayo a medida que cambia de medio?

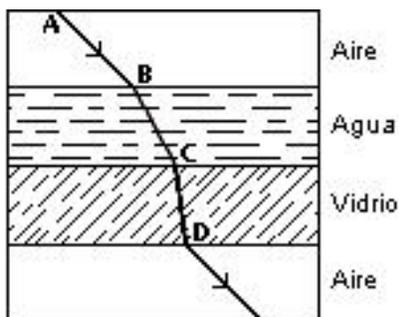


Figura 5.9 Rayo refractado que atraviesa tres medios diferentes.

- j. Mide el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción, aplícales la función seno y multiplica por el índice de refracción correspondiente.
- i. ¿Qué valor es mayor?
- k. Realiza lo mismo del punto anterior para cinco casos diferentes.
- l. Con la ayuda de un diagrama explica en qué consiste el fenómeno de refracción y enuncia la ley de la refracción.
- m. Coloca una moneda en el tortillero de unicel.
- n. Pide a un compañero de equipo que la observe, que no la pierda de vista. Ahora que se aleje poco a poco, de tal manera, que ya no la vea.
- o. Vierte agua en el tortillero, a cierto nivel tu compañero debe volver a ver a la moneda, sin que se haya movido. ¿Por qué se ve la moneda cuando hay agua?

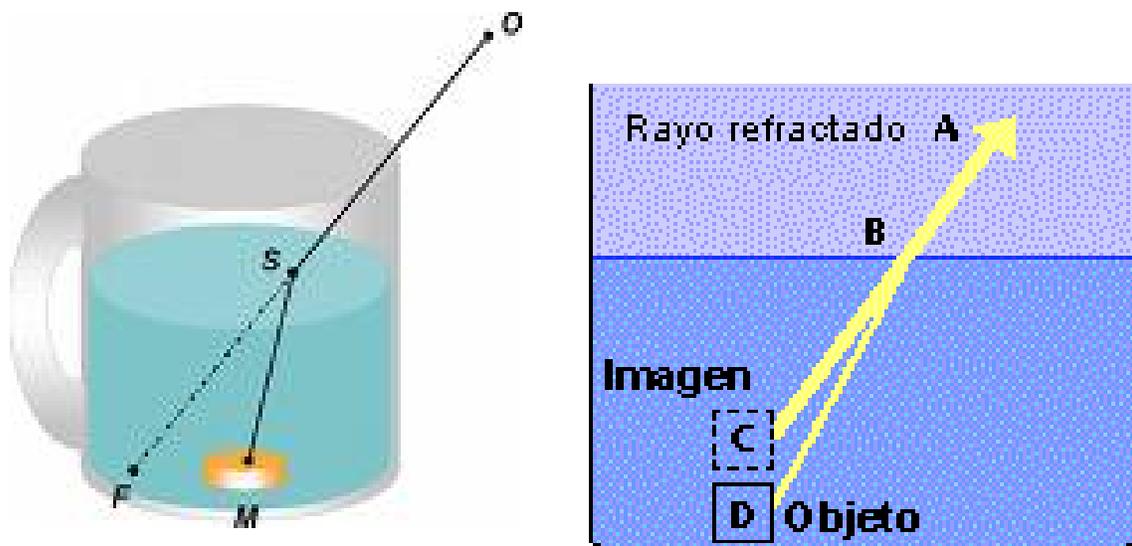


Figura 5.10 Como resultado de la refracción el objeto sumergido parece estar más cerca de la superficie del agua.

Interpretación Pictórica de la Refracción

Imagina que una carreta viaja en línea recta sobre un camino asfaltado, ahora supón que la carreta pasa de manera diagonal a un camino con pasto. Cuando las ruedas entran al pasto giran más despacio debido a la interacción con el pasto.

Considera que la carreta entra al pasto formando un ángulo. De acuerdo con la figura 5.11, la rueda izquierda entra primero al pasto, entonces la rueda derecha que sigue en el asfalto se mueve más rápida que la izquierda, por lo que la carreta tiende a rotar, pegándose hacia la normal de la frontera de la capa de pasto, que es la línea punteada perpendicular en el límite entre el asfalto y el pasto. Es análogo a lo que le ocurre a la luz al pasar de un medio a otro, o cuando las propiedades del medio cambian.

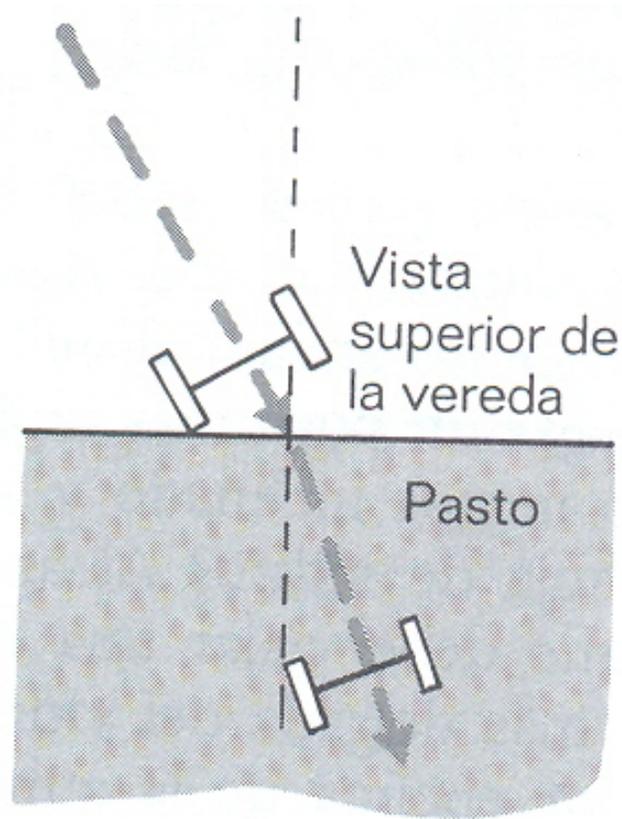


Figura 5.11 Analogía de la desviación del rayo.

iii. INTERFERENCIA

OBJETIVO

- Mostrar el fenómeno de interferencia.

INTERFERENCIA DE LA LUZ

En las experiencias de interferencia constructiva y/o destructiva con las ondas superficiales en agua, era necesario que las fuentes estuvieran en fase y cercanas entre ellas. Con la luz en principio, con situar dos focos luminosos muy cerca uno del otro, bastaría para generar patrones de interferencia. Pero ¿qué tan cerca? probablemente menos de un milímetro y ¿qué se tiene que hacer para que las fuentes estén en fase?

Otro punto importante es: ¿Cómo se detecta? La única manera de notar lo que ocurre con la luz es observarla directamente o proyectarla en una pantalla. Se espera ver franjas iluminadas donde se encuentran crestas con crestas y valles con valles y en los sitios donde las ondas luminosas se anulan deben verse zonas oscuras.

Siguiendo por esta línea de análisis, un foco incandescente produce luz en muchas longitudes de onda y los diagramas de interferencia resultantes serían muy complicados. Por lo que se puede seleccionar una sola longitud de onda usando un filtro del color que se escoja, de preferencia uno de color primario o un apuntador láser.

Existe otro asunto importante que no se ha planteado: las ondas deben estar en fase, lo que significa que deben generarse al mismo tiempo y con la misma frecuencia, con dos focos incandescentes arbitrarios no hay forma de conseguir que la emisión de luz se produzca al mismo tiempo. Para solucionar este problema técnico, hay que recordar un poco de historia.

EXPERIMENTO DE YOUNG

Una forma de conseguir que las ondas luminosas interfirieran en fase fue usada por Thomas Young, inglés, en 1801. Empleó una forma sencilla e ingeniosa de conseguir que dos fuentes luminosas estuvieran en fase: a partir de una sola fuente luminosa, dividió el haz producido en dos partes separadas y consiguió que luego se juntaran para producir el diagrama de interferencia. En estas condiciones cualquier cambio en la fase afecta por igual a las dos partes y si se encuentran después de recorrer la misma distancia, ambas tienen la misma fase.

El mecanismo empleado fue el siguiente: hizo pasar la luz del Sol a través de una abertura pequeña que funge como fuente luminosa, posteriormente este rayo incidía al mismo tiempo sobre dos pequeñas rendijas practicadas en una pared, los rayos luminosos emergentes se encuentran en fase y producen el diagrama de interferencia esperado que se observa en la pantalla. La figura 5.12, muestra un dispositivo semejante al empleado por Young.

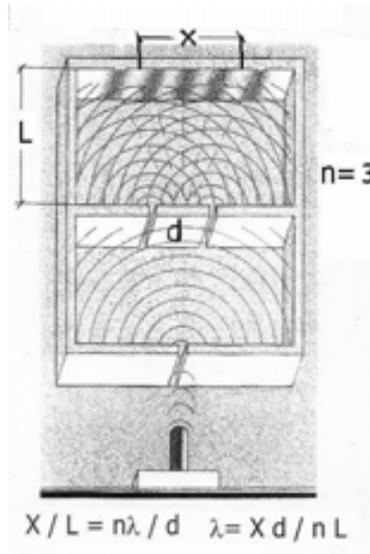


Figura 5.12 Dispositivo usado por Young, para generar ondas en fase.

Partiendo de la ecuación que aparece en la figura 5.12:

$$\lambda = X d / n L \quad (1)$$

λ Es la longitud de onda de la luz, X es la distancia comprendida entre 3 franjas oscuras (las franjas claras en la pantalla corresponden a líneas nodales), d es la separación entre las rendijas, n es el número de franjas oscuras, L es la distancia entre las rendijas y la pantalla, (se supone que $d \ll L$).

¿De donde salió esta ecuación? Hay que recordar que en la página 76 se obtuvo la ecuación a partir del análisis de la interferencia de ondas en el agua:

$$(n - \frac{1}{2})\lambda / d = x / L$$

En donde x_n es un punto sobre la línea nodal n (la distancia de la línea nodal al eje de simetría) y n es el número de líneas nodales.

Para obtener el ancho de una línea nodal, basta encontrar la diferencia entre la línea x_{n+1} y la línea x_n :

$$x_{n+1} - x_n = \Delta x = (n + 1 - \frac{1}{2} - n + \frac{1}{2}) L \lambda / d \quad (2)$$

$$\Delta x = L \lambda / d \quad (3)$$

Aquí Δx es el ancho de una línea nodal. Si se considera que el ancho de las líneas nodales (y de las franjas brillantes) son iguales, se puede tomar un intervalo que incluya el mayor número de franjas oscuras y brillantes (para obtener una mayor aproximación) de esta manera se define:

$$X = n \Delta x \quad (4)$$

En donde n es el número de líneas nodales comprendidas en la distancia X . Si ahora se despeja Δx y se sustituye en la ecuación (3), se obtiene:

$$\lambda = X d / n L \quad (5)$$

Es la ecuación que se usa para determinar la longitud de onda de la luz.

En lugar de realizar la versión original del experimento de Young, se propone una variante más sencilla: en lugar de usar la luz solar como fuente primaria, se emplea una lámpara incandescente alargada, de filamento recto, se sustituyen los dos orificios que usó Young, por dos rendijas largas y estrechas muy próximas entre sí y paralelas a la lámpara a fin de producir el diagrama de interferencia de ondas luminosas mostrado en la figura 5.13.

Sobre la pantalla deben observarse franjas brillantes alternadas con franjas oscuras correspondientes a las líneas nodales y que corresponden a las zonas marcadas con oscuridad.

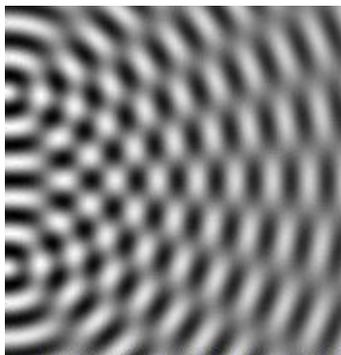


Figura 5.13 Ondas luminosas que pasan por las rendijas y llegan en fase a la pantalla.

Además, en lugar de proyectar en una pantalla el patrón de interferencia, es observado directamente por los estudiantes a través de un par de rendijas

producidas en una pequeña lámina portaobjetos pintada de negro con tinta china, cuya separación de las rendijas es de aproximadamente un décimo de milímetro, como se muestra en la figura 5.14.

Si la lámpara se cubre con un filtro de color rojo, el diagrama de interferencias producido permite calcular la longitud de onda de la luz de este color. La misma experiencia puede repetirse con la luz azul y determinar, de esta manera, el intervalo de longitudes de onda de la luz visible, de una manera aproximada.

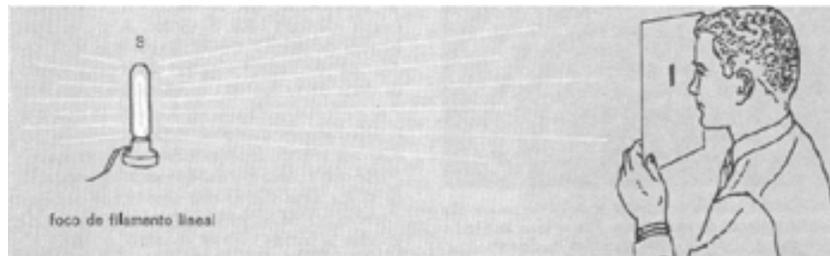


Figura 5.14 Observación directa del experimento de Young.

Actualmente, el experimento se puede realizar con un apuntador láser y tarjeta de 10 X 10 cm, forrada de papel aluminio y practicar las ranuras con dos navajas pegadas entre ellas.

MATERIAL

Lámpara de filamento recto
Regla de 1 metro graduada en cm
Apuntador láser
Trozo de cartón de 10 X 10 cm
Trozo de papel aluminio de 10 x 10 cm
Dos navajas de rasurar
masking tape
Regla o escuadra de plástico
Pantalla
Portalente
Frasco de tinta china negra
Portaobjetos con dos rendijas

PROCEDIMIENTO

- a. Une las dos navajas con masking tape, con los filos paralelos y dejándolos libres para poder realizar las ranuras en el papel aluminio.

- b. Con el dispositivo anterior, practica dos ranuras de 2 cm de longitud sobre el papel aluminio.
- c. Arma un marco de cartón para el papel aluminio y coloca la hoja de papel aluminio en él.

Se puede armar un dispositivo similar con el portaobjetos, se pinta con la tinta negra, se deja secar y se realizan las ranuras con las navajas unidas.

- d. Ilumina las ranuras con el láser.
- e. Proyecta sobre la pantalla.
 - i. ¿Qué observas?
 - ii. ¿Ocurre el fenómeno de difracción? Justifica tu respuesta.
- g. Determina la longitud de onda del láser.

Es importante que todos los estudiantes observen el patrón de interferencia, ya que se utiliza para mostrar el fenómeno de difracción.

iv. DIFRACCIÓN

OBJETIVOS

- Mostrar el fenómeno de difracción.
- Analizar cualitativamente la relación que existe entre la longitud de onda de la luz y las aberturas, para que ocurra el fenómeno de difracción.

DIFRACCIÓN DE LA LUZ

La difracción es junto con la interferencia un fenómeno típicamente ondulatorio. La difracción se observa cuando se distorsiona una onda por un obstáculo cuyas dimensiones son comparables a la longitud de onda.

La difracción en las ondas de luz se produce al igual que con las ondas de agua, simplemente que para poder apreciarlas existen ciertas dificultades dado que las longitudes de onda de la luz son mucho más pequeñas que las de las ondas en el agua y por lo tanto la dificultad radica en encontrar una ranura o rendija adecuada para visualizar el fenómeno.

Como una primera aproximación, realiza lo siguiente: observa una foco incandescente de baja potencia (que no te deslumbre) a través de la rendija formada por dos de tus dedos colocados muy juntos y alineados con el foco encendido. Si se hace con cuidado, se nota una serie de franjas oscuras y brillantes alternadas, ocurre algo similar cuando entrecerramos los ojos y miramos hacia un foco encendido. Ambos fenómenos muestran sin lugar a dudas, que la luz se difracta.

La longitud de onda de la luz es del orden de nanómetros (10^{-9} m), esto significa que la distancia entre tus pestañas, cuando entrecierras los ojos es del orden de nanómetros. **¡Un milímetro dividido en un millón de partes!**

La imagen que sigue muestra un diagrama de interferencia provocado por difracción de la luz en una rendija.



De acuerdo con el principio de Huygens, cuando la onda incide sobre una rejilla o sobre un disco compacto, todos los puntos de su plano se convierten en fuentes secundarias de ondas, emitiendo nuevas ondas denominadas ondas difractadas.

MATERIAL

Disco compacto que no sirva

Navaja de afeitar

Un empaque de cartón, de algún medicamento con dimensiones de 10 x 5 x 3 cm

Medio pliego de cartulina o cartoncillo negro

Pegamento

Tijeras

Regla o escuadra

PROCEDIMIENTO

- a. Forra el interior de la caja con la cartulina negra.
- b. Realiza un orificio rectangular de 3 x 2 cm. en una de las caras grandes.
- c. Con tu pluma o lápiz haz un orificio en una de las tapas de la caja.
- d. Corta un trozo del disco compacto y pégalo en la parte interior de la caja, de tal manera que quede frente a la ranura.
- e. Cierra la caja.
- f. Apunta el orificio hacia la luz.
- g. Observa por la ranura.
 - i. ¿Qué patrón se forma?
 - ii. ¿Cuántos colores identificas?
- h. Discute con tus compañeros, cómo se forma el patrón que observas. Anota tus conclusiones.
 - i. ¿Qué fenómeno se observa? Explica.
 - j. Dibuja en tu cuaderno el patrón observado.
- k. ¿Por qué ocurre el fenómeno observado en el disco compacto? Discute con tus compañeros y anota tus conclusiones.
- l. ¿Se observará el mismo fenómeno, sin introducir el disco compacto en la caja?
 - i. ¿Para qué sirve la caja?

ii. ¿Por qué sus paredes internas deben ser negras?

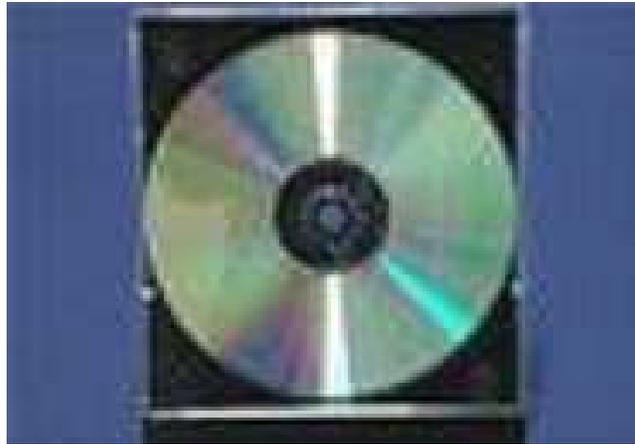


Figura 5.15 Difracción en un disco compacto.

Al mostrar que la luz presenta cuatro fenómenos típicos de las ondas: reflexión, refracción, interferencia y difracción, se espera que los estudiantes utilizando el método abductivo (determinar las causas, conociendo sus efectos) lleguen a determinar que luz es una onda.

¡Si es una onda, algo debe estar vibrando!

5.2 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

INTRODUCCIÓN

En las actividades anteriores se observó que la luz presenta los fenómenos de reflexión, refracción, interferencia y difracción. Por lo que se puede afirmar que la luz es una onda.

Ante esta afirmación surgen dos preguntas:

¿Si la luz es una onda, qué está vibrando?

¿Qué relación existe entre el color de la luz y las características del movimiento ondulatorio?

Para ayudar a contestar las interrogantes, hay que realizar un breve recorrido histórico.

Desde la época de Aristóteles se sabía que existían dos tipos de “cargas magnéticas” y fue hasta 1733, que Du Fay propuso la existencia de dos tipos de fluidos eléctricos.

En 1750 John Michell, inventa la balanza de torsión y constata que “la atracción o repulsión de las cargas” eléctricas y magnéticas.

Unos años después, Coulomb modifica la teoría de los fluidos eléctricos y magnéticos, estableciendo que la fuerza entre las cargas eléctricas varía con el inverso del cuadrado de la distancia entre ellas. Hizo la clara distinción entre cargas eléctricas y cargas magnéticas, debido a que estas últimas, nunca aparecen aisladas, sino en pares de polos magnéticos.

Una vez que se estableció, la existencia de dos tipos de carga y dos tipos de polos, se pensó que los fenómenos eléctricos y magnéticos estaban relacionados. Se conocían dos fenómenos que apoyaban esta creencia:

1. La brújula cambiaba de dirección cuando los rayos en una tormenta caían cerca de un barco.
2. Trozos de hierro se magnetizaban cuando estaban cerca del lugar donde caía un rayo.

Oersted, durante varios años buscó la relación entre la corriente eléctrica y la aguja magnética, en 1819 mientras daba la clase de electrotecnia, notó que la aguja magnética se movía cuando pasaba una corriente eléctrica por un alambre paralelo a la misma.

Einstein (1986) afirma que Oersted escribió:

“De estos experimentos parece desprenderse que la aguja magnética se ha movido de su posición mediante la ayuda de un aparato galvánico, y esto sólo cuando el circuito galvánico estaba cerrado y no cuando estaba abierto, como ciertos físicos de renombre han intentado en vano hace varios años”.

Esto resultó sorprendente, pues no se había esperado una fuerza transversal, ya que de acuerdo con el punto de vista mecanicista, las fuerzas actúan a lo largo de la línea que une los dos cuerpos que se atraen o repelen.

Así que cuando Oersted publicó las memorias sobre sus experimentos, causan gran sensación, dichos experimentos son reproducidos ante la academia francesa y sólo algunos días después, Ampère sugirió que el ferromagnetismo es originado por corrientes eléctricas internas y que éstas fluyen perpendicularmente al eje del imán.

El descubrimiento de Oersted, permitió reconocer la **conexión entre los fenómenos eléctricos y los fenómenos magnéticos**, los cuales hasta ese momento habían sido observados y estudiados por separado.

i. LEY DE AMPERE

Con la ley de Ampere se analiza la generación de un campo magnético debido a la variación del campo eléctrico o una corriente eléctrica.

Hay que recordar que en este trabajo, sólo se utilizan corrientes continuas, por lo que la ecuación que se obtiene, sólo es válida para esta condición.

Forma Integral

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 i$$

Forma Diferencial

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J}$$

Una corriente eléctrica que circula a lo largo de una trayectoria cerrada \mathcal{L} , genera un campo magnético.

CAMPO MAGNÉTICO INDUCIDO EN UNA BOBINA POR UNA CORRIENTE ELÉCTRICA

OBJETIVOS

- Verificar que la corriente eléctrica produce un campo magnético.
- Determinar que el campo en una bobina es igual al de un imán de barra.

MATERIAL

Cables
Soporte universal
Hilo grueso
Clips
Brújula
Bobina con base de madera
Limadura de hierro
Fuente de poder

PROCEDIMIENTO

1. Espolvorea limadura en la base de la bobina.
2. Conecta la bobina a la fuente.
3. Prende la fuente
4. Da unos golpecitos a la base (apaga la fuente cuando se haya formado el espectro).
5. Discute con tus compañeros y anota tus observaciones.
6. Mapea con una brújula el campo formado por la bobina y compáralo con el campo formado por un imán de barra.
7. ¿Qué forma tienen las líneas de fuerza?
 - a. ¿Son cerradas?
8. Determina la dirección del campo en el exterior y en el interior de la bobina.
 - a. ¿Existe alguna diferencia? Explica

9. Coloca un clip en uno de los extremos de la bobina y prende la fuente.
a. ¿Qué ocurre? Explica.
b. ¿Si colocas el clip en el otro extremo, qué ocurre? Explica.



Figura 5.16 Campo magnético en una bobina y en una espira, generado por una corriente eléctrica.

Con esta actividad se muestra que la corriente eléctrica genera un campo magnético, es decir; se mostró un fenómeno electromagnético. Aún queda por determinar, si un campo magnético genera una corriente eléctrica.

ii. LEY DE FARADAY

En la década de 1820-1830, los físicos, incluido Faraday, especulaban y experimentaban sobre el fenómeno inverso de la ley de Ampere (fenómeno electromagnético), es decir la generación de efectos eléctricos a partir de un sistema magnético (fenómeno magnetoeléctrico).

Diez años más tarde, Faraday da a conocer sus descubrimientos acerca del fenómeno que lleva su nombre.

Ley-Koo (p.33) escribe que cuando Michael Faraday da a conocer que en una espiral de alambre se induce una corriente eléctrica, alguien del público le preguntó:

"¿Para qué sirve eso?", y él respondió: "¿Para qué sirve un bebé recién nacido?"

Faraday, sin lugar a dudas fue uno de los grandes genios de la física, tenía un tremendo poder de visualización, el cual, al combinarse con su gran paciencia y habilidad observacional, lo llevó a una vida de descubrimientos casi sin paralelo en la historia de la ciencia.

El método que empleó Faraday en sus investigaciones consistía en recurrir constantemente a la experimentación como medio para probar sus ideas y a una constante reflexión de las ideas bajo la influencia de los experimentos y reportar tanto los experimentos exitosos, como los fallidos.

Faraday utilizó bobinas para su estudio de inducción y hace la diferencia entre dos fenómenos iguales:

- a. Cuando el imán se mueve y la bobina permanece estática.
- b. Cuando la bobina se mueve y el imán permanece inmóvil.

Existe otro caso para que ocurra el fenómeno de inducción:

- c. Variar el área de una espira de tal manera que cambie el flujo de inducción magnética a través de la espira.

CORRIENTE ELÉCTRICA INDUCIDA POR UN CAMPO MAGNÉTICO VARIABLE

OBJETIVO

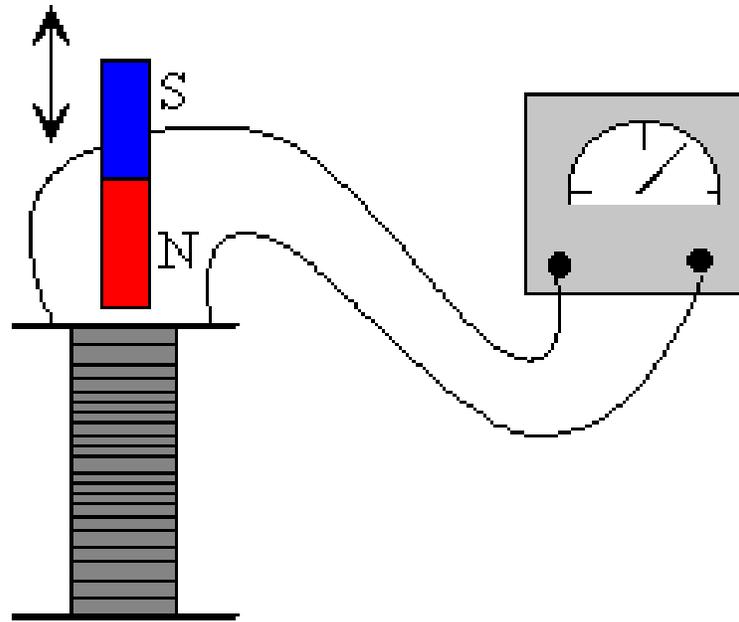
- Verificar que la variación de un campo magnético genera una corriente eléctrica.

MATERIAL

Bobina con orificios para conexiones
Imán de barra
Amperímetro
Dos cables banana-banana
Fuente de poder

PROCEDIMIENTO

- Conecta la bobina al amperímetro.
- Mantén estática a la bobina.
- Introduce lentamente el imán en la bobina.
 - ¿Qué observas?
 - ¿Hacia dónde se mueve la aguja del amperímetro?
- Saca lentamente el imán de la bobina.
 - ¿Qué observas?
 - ¿Hacia donde se mueve la aguja del amperímetro?
- Mantén estática la bobina
- Introduce con rapidez el imán en la bobina.
 - ¿Se deflexa más la aguja del amperímetro?
 - ¿De qué depende la intensidad de la corriente?



Imán en movimiento y espira fija.

a. Cuando el imán se acerca a la espira, la aguja del galvanómetro se defleca, esto significa que existe una corriente circulando en la espira y de acuerdo con la teoría de circuitos para que esto ocurra es necesario que haya una diferencia de potencial.

Por lo tanto al variar el flujo de inducción magnética a través de la espira se produce una diferencia de potencial.

b. Si el imán se aleja de la espira, la aguja se defleca en sentido contrario al caso anterior, lo cual significa que la fem invirtió su polaridad.

c. Al invertir el imán y acercarlo a la espira, ocurre un cambio de polaridad en la corriente.

g. Mantén estático al imán y mueve ahora a la bobina.

i. ¿Ocurren los mismos efectos? Explica.

En este punto parece que para obtener una corriente con más intensidad, basta aumentar el número de espiras. Esto nos llevaría a una violación al principio de conservación de la energía.

Ley de Lenz

Para que no exista una violación al principio de conservación de la energía, la fuerza magnética que actúa sobre la barra deslizante se debe oponer al movimiento.

Por lo que la ley de Lenz afirma que: **La corriente inducida circula en un sentido tal que se opone a la causa que lo produce.**

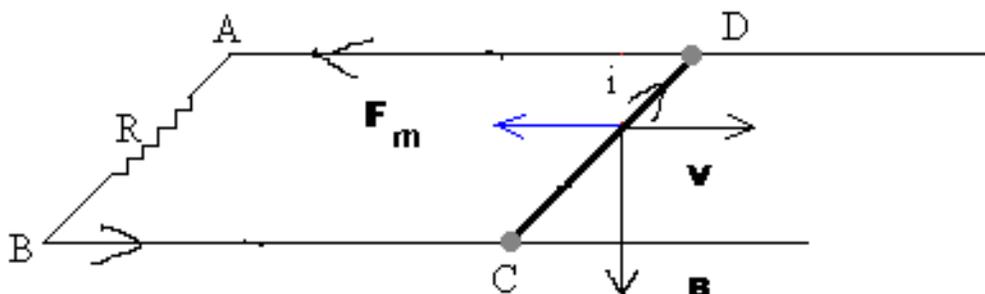


Figura 5.17 Una barra conductora se desliza con velocidad v , a lo largo de rieles conductores. La fuerza magnética F_m se opone al movimiento, por lo que se induce una corriente en sentido contrario a las manecillas del reloj.

Deducción de la ley de Faraday

El trabajo por unidad de carga a lo largo de una trayectoria l , está dado por:

$$\frac{W}{q} = V = \int_l \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} \quad (1)$$

Además se tiene que el voltaje inducido, es igual a la variación del flujo con respecto al tiempo: $V = \frac{d\Phi_m}{dt}$ (2)

$\Rightarrow \text{fem} = - \frac{d\Phi_m}{dt}$ Por la ley de Lenz, el signo de la fem inducida es negativo.

Combinando las ecuaciones (1), (2) y la ley de Lenz, se obtiene:

$$\int_l \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = - \frac{d\Phi_m}{dt} \quad \text{Ley de Faraday en forma integral.} \quad (3)$$

Utilizando la definición de flujo:

$$\Rightarrow \int_l \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = - \frac{d}{dt} \int_s \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} \quad (4)$$

Donde s, es una superficie cerrada que envuelve a la fuente del campo magnético.

$$\Rightarrow \int_l \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = - \int_s \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{s} \quad \text{Aplicando el teorema de Stokes:}$$

$$\int_s \nabla \times \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = - \int_s \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{s}$$

$$\therefore \nabla \times \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad \text{Ley de Faraday en forma diferencial.} \quad (5)$$

Al término de esta actividad los estudiantes se dan cuenta que existen fenómenos electromagnéticos y fenómenos magnetoeléctricos.

Lo cual significa que se puede generar un campo magnético con una corriente eléctrica y se puede generar una corriente eléctrica al variar un campo magnético.

iii. GENERACIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

OBJETIVO: Generar ondas electromagnéticas con una bobina y un imán.

INTRODUCCIÓN

MATERIAL

1m de cable magneto calibre 20
Un imán de bocina
Un vaso desechable de plástico
2 pilas de 1.5 volts o un eliminador de batería
Marcador acuacolor o crayón grueso redondo
Cinta adhesiva
Navaja de un solo filo

PROCEDIMIENTO

- a. Con la navaja, quita el barniz de los extremos del cable magneto.
- b. Haz una bobina enredando el cable magneto en el marcador o crayón.



- c. Pega la bobina en la parte exterior de la base del vaso.



d. Conecta la bobina a las pilas, acerca el vaso a tu oído.



e. Acerca y aleja lentamente el imán de la bobina.

i. ¿Qué escuchas?

ii. Cuando alejas y acercas el imán de la bobina, ¿qué estás generando?



f. Explica utilizando diagramas, como se generan las ondas electromagnéticas.

g. ¿Qué leyes del electromagnetismo están involucradas? Explica.

La presente actividad les gusta a los estudiantes, es difícil que exista algo “invisible” que pueda vibrar y genere luz y color.

CAPÍTULO 6: COLOR

6.1 Colorimetría

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

A lo largo de la historia investigadores de diversas disciplinas, han tratado de explicar lo que es el color, existen estudios de Aristóteles, Newton, Goethe, Maxwell, Young, Helmholtz, etc. (Arranz, 2007).

Aristóteles, en su obra *De Sensu et de sensiti*, afirmó que en los cuerpos se encuentra el blanco y el negro y cuando se superponen, desaparecen ambos para dar origen a un color mezclado, el color obtenido depende de la forma en que se han superpuesto el blanco y el negro.

Otra forma de producir color es poner un color sobre otro más brillante, el color que está en la superficie recibe el movimiento del que está colocado debajo, con lo que se modifica el movimiento total y aparece un nuevo color. Por ejemplo, el Sol que es blanco por sí mismo, se ve rojo cuando se le ve a través de una nube o del humo.

Aristóteles propuso siete colores primarios: blanco, amarillo, rojo, violeta, verde, azul y negro.

La concepción aristotélica de los colores proporcionó una clasificación de ellos en forma lineal, basada en la claridad que va del blanco al negro. El amarillo muy luminoso queda cerca del blanco y el azul menos luminoso queda cerca del negro.

Isaac Newton, de la observación de los colores producidos por una luz blanca al atravesar un prisma, dedujo que la luz blanca estaba formada por la combinación de las luces de colores. Para comprobar esta afirmación y desechar la posibilidad de que los colores producidos por el prisma se debía a alguna característica especial del él, concentró por medio de una lente los rayos dispersados que salían de un primer prisma sobre otro prisma invertido que combinando las luces de colores volvió a obtener luz blanca. Para probar que la luz que salía del segundo prisma era luz blanca, un tercer prisma la descomponía en los siete colores.

Newton, aisló uno de los rayos de color que emergía de un primer prisma y lo hizo pasar por un segundo prisma, el rayo no se descompuso, con base en esta observación concluyó que sólo la luz blanca se descomponía.

Además, pasó de una representación lineal de los colores a una circular. Dividió un círculo en siete sectores proporcionales, para situar el rojo, naranja, azul, verde, azul, añil, y el violeta, como se muestra en la figura 6.1.

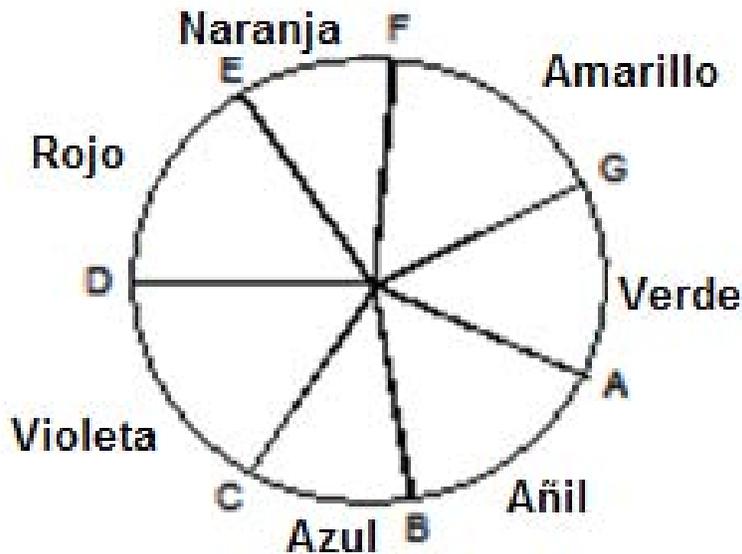
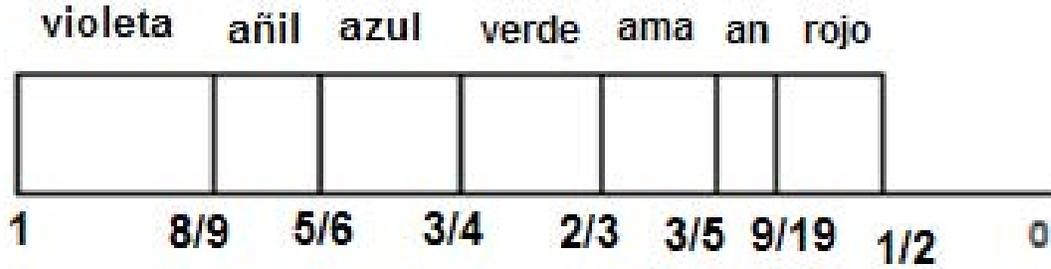


Figura 6.1. Cambio de representación lineal de los colores a una representación circular.

Newton, proyectó sobre una pantalla blanca diferentes luces de colores procedentes de dos prismas y encontró que dos colores diferentes superpuestos daba otro color.

Por ejemplo, una luz roja mezclada con una luz azul daba el color anaranjado sobre la pantalla. También encontró que mezclas de colores del espectro producían colores que no eran del espectro: la combinación de las luces espectrales rojo y violeta producían un color púrpura que no era espectral.

En 1704, publicó su libro *Opticks*, en donde presentó su teoría sobre la luz; si bien en el libro explicó los aspectos físicos del color y no el fenómeno de la percepción por el ojo, Newton no dejó de plantearse interrogantes sobre la visión, tales como la armonía y discordancia de los colores, las cuales se producían por efecto de la proporción de la vibraciones de las fibras de los nervios ópticos a semejanza de la

armonía y discordia de los sonidos que dependen de la proporción de la vibración del aire.

En 1772, **Johann Heinrich Lambert**, inspirado en los trabajos de Tobias Mayer sobre un triángulo de colores, propuso una pirámide de triángulos rectángulos, como se muestra en la figura 6.2.

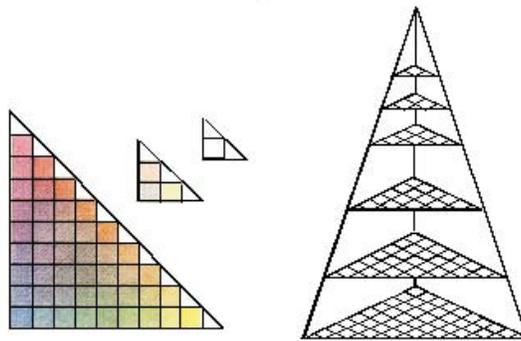


Figura 6.2 Pirámide de la mezcla aditiva de los colores

Las esquinas del triángulo de la base están ocupadas por cuadrillos amarillo, azul y rojo. La mezcla en diferentes proporciones de dos colores principales de lugar a siete cuadrillos entre ellos. Los cuadrillos interiores son mezcla de los tres colores principales. En total, el triángulo de la base tiene 45 colores.

Los siguientes triángulos son cada vez más pequeños y más brillantes. El número de colores en dichos triángulos es 28, 15, 10, 6, 3 y 1. En el triángulo de la cúspide está un solo cuadrillo blanco.

Wolfgang Goethe en 1791, se interesó en conocer los motivos que tenían los pintores para elegir los colores. En su tratado Teoría de los colores, muestra su total desacuerdo con Newton. Goethe, se oponía a que la luz blanca estuviera compuesta por luces de colores, él consideraba que la luz era homogénea, la claridad no podía estar compuesta de elementos oscuros. No había diferentes luces sino atenuaciones de la luz, de modo que una penumbra alumbrada parecía azul y una penumbra atravesada por una claridad parecía amarilla; la mezcla del azul y el amarillo producía los demás colores.

Goethe, estableció un triángulo equilátero compuesto por nueve triángulos equiláteros menores. Los triángulos menores situados en los vértices del triángulo mayor correspondían a los colores primarios rojo, amarillo y azul. Los triángulos menores situados en los puntos medios de los lados correspondían a los colores secundarios, que se obtienen al mezclar dos colores primarios de los triángulos menores adyacentes. Los tres triángulos restantes correspondían a los colores terciarios que son la mezcla de los secundarios.



Figura 6.3 Obtención de colores con la mezcla aditiva

Goethe se interesó en las reacciones del hombre frente al color, asoció el color azul con la inteligencia y con una actitud tranquila, mientras que el rojo lo asoció con la imaginación y una disposición de ánimo alegre, por lo que se le puede considerar un pionero de la psicología del color.

Tomas Young en 1801, expuso la teoría de que el ojo posee tres tipos de células receptoras del color, cada uno de ellos especializados en un determinado color: rojo, amarillo y azul. Posteriormente cambió la terna a rojo, verde y violeta. Actualmente se considera al rojo, verde y azul como los colores primarios aditivos. La combinación de las sensaciones percibidas por las células receptoras del color, permiten reconstruir en el cerebro el color que llega al ojo.

Inicialmente esta teoría no fue aceptada; sin embargo, medio siglo más tarde fue retomada por James Clerk Maxwell y por Hermann von Helmholtz. Este último propuso que cada cono de la retina puede detectar los tres colores, pero es más sensible a uno de ellos y a los dos restantes los detecta débilmente.

Debido a las aportaciones de Young y Helmholtz, surgió la teoría tricromática denominada Young-Helmholtz.

En 1806, **Phillipp Otto Runge** diseñó un conjunto de círculos concéntricos de colores, en el círculo exterior estaban los colores primarios rojo, amarillo y azul. Entre los primarios y los secundarios intercalaba otros seis colores: naranja tirando al rojo, naranja tirando al amarillo, etc. Los doce colores puros se iban degradando hasta llegar al gris en el centro. Gris que consideraba también se podía obtener por medio de una mezcla de blanco y negro.

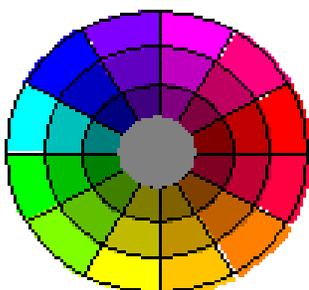


Figura 6.4. Representación circular del color.

En 1810, Runge evolucionó su círculo hacia una esfera de colores. Los polos eran el blanco y el negro, y en el ecuador estaban los colores puros.

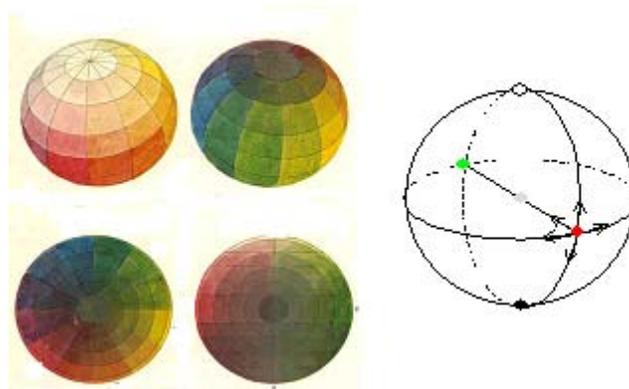


Figura 6.5. Representación esférica del color.

Hermann Grassmann Gunther, fue un matemático que desarrolló el álgebra de vectores y tensores, aplicó su teoría vectorial a la mezcla de colores, logrando establecer un sistema aditivo usando como coordenadas a los colores rojo, verde y azul.

Además demostró matemáticamente que la mezcla de los colores primarios en las proporciones adecuadas, daba como resultado la luz blanca.

En 1850, **James Clerk Maxwell** usó discos con los tres colores primarios, cada color tenía un área diferente. Al hacerlos girar rápidamente, los colores primarios se fusionaban de modo que el ojo percibía un determinado color.

Variando el tamaño de las áreas lograba distintos colores. Esto le permitió saber la proporción de colores primarios de una cierta muestra y para lograr grises usaba discos giratorios con distinta proporción de blanco y de negro.

Maxwell, con base en sus experimentos y apoyándose en el trabajo de Grassman, construyó en 1857 una representación triangular de los colores en donde se mostraban las posiciones relativas de los rojos, verdes y azules.

Ewald Hering en 1878, identificó que la teoría de los tres colores de Young-Helmholtz no explicaba los siguientes hechos:

1. Si a las personas dotadas de visión normal de los colores se les pide distinguir los colores primarios, no dan tres colores sino cuatro: azul, verde, amarillo y rojo.
2. El rojo y el verde no se mezclan, no hay rojo verdoso; el azul y el amarillo no se mezclan, no hay azul amarillento. Los colores rojo-verde y azul-amarillo, son colores antagónicos.

3. Si se está viendo fijamente un color y de repente se cambia la mirada, es probable que por breves instantes se siga viendo el mismo color. Este fenómeno se denomina postimagen positiva.

Independientemente si se genera o no la postimagen positiva, aparece una postimagen negativa de color antagónico al original. Si el color original es rojo, la postimagen negativa es verde y viceversa; si el color original es azul la postimagen es amarilla y viceversa.

A dicho fenómeno se le llama fatiga de los receptores, es decir, se saturan los receptores del color y se empieza a detectar al color antagónico.

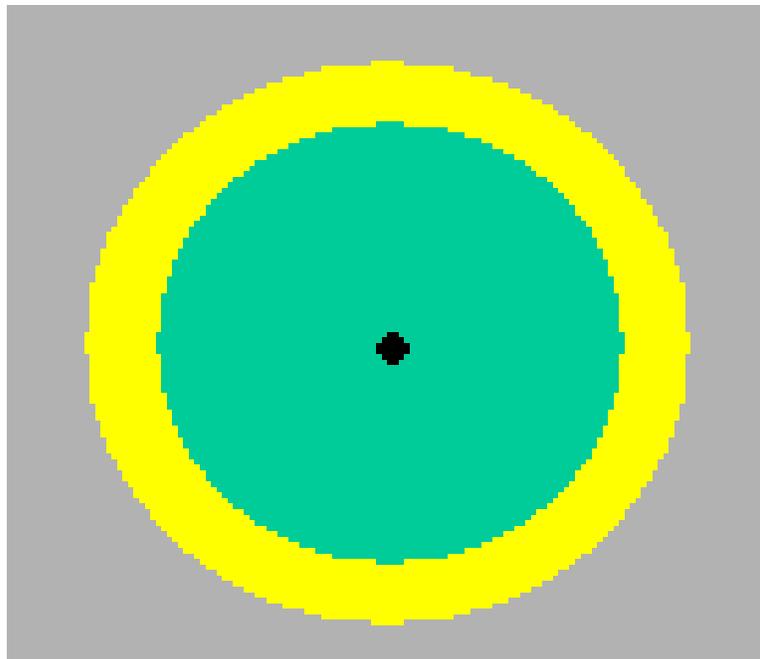


Figura 6.6 Fija la vista en el punto negro de la figura de la derecha en un tiempo de 30 a 60 segundos y después mueve la vista a la derecha sobre la parte blanca de la pantalla para observar la postimagen negativa: un círculo rojizo rodeado de un anillo azulado

Con base en sus estudios en 1870, Hering propuso una teoría basada en cuatro colores primarios para explicar el fenómeno de percepción de los colores. Esta teoría recibe el nombre de teoría de procesos opuestos y afirma que hay tres tipos de receptores sensoriales que trabajan por pares antagónicos: rojo-verde, azul-amarillo y negro blanco.

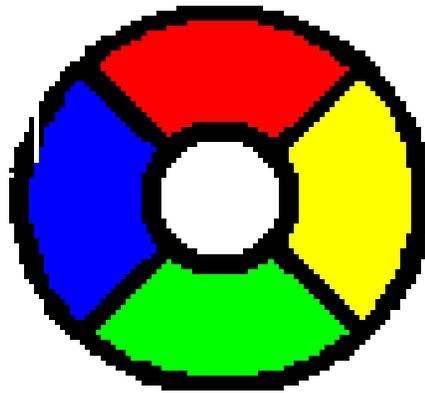
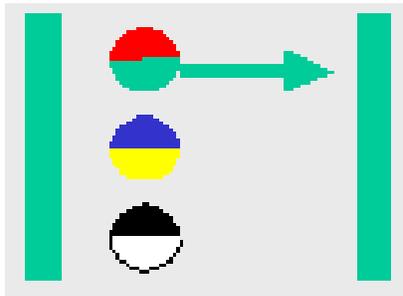


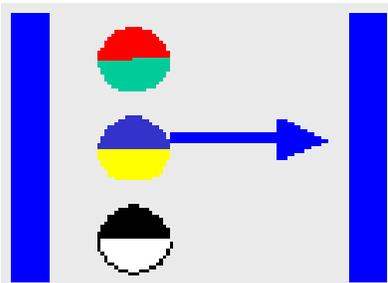
Figura 6.7. Colores antagónicos

El par sensorial rojo-verde no puede trabajar simultáneamente para los dos colores, o solo detecta el rojo o solo detecta el verde, algo similar ocurre para el par azul-amarillo. Sin embargo, el par blanco-negro funciona simultáneamente y produce los tonos grises.

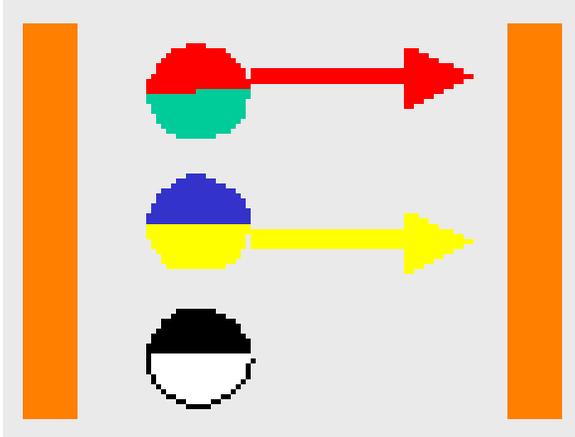
La explicación de postimagen negativa ocurre debido a que el color verde estimula al par rojo-verde y cuando finaliza el proceso de detección de un color, empieza el proceso de su antagónico.



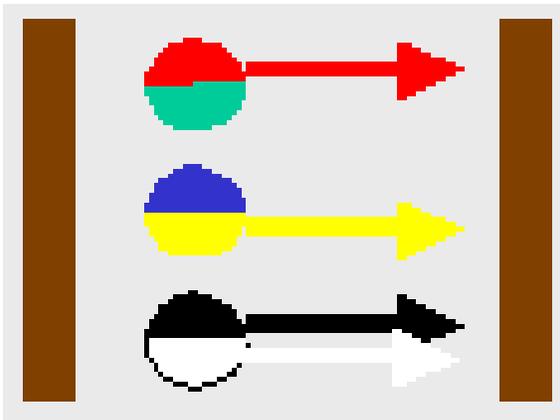
Un color verde estimula la parte verde del par rojo-verde.



Un color azul estimula la parte azul del par azul-amarillo.



Un color anaranjado estimula la parte roja del par rojo-verde y la parte amarilla del par azul-amarillo.



Un color café estimula la parte roja del par rojo-verde, la parte amarilla del par azul-amarillo y una combinación de negro y blanco.

I. REGIÓN VISIBLE DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

LUZ

Los antiguos filósofos, poetas y artistas otorgaban a la luz una posición especial entre los fenómenos del mundo natural. Platón comparaba el Sol y sus rayos con el Bien, que todo lo nutre e ilumina.

Quienes le siguieron en la tradición como san Agustín y san Buenaventura, veían un vínculo especial entre luz y belleza; la luz era el principio de toda belleza sensual y visible. Iluminaba el mundo que dios había creado, Crease (2006, p. 91).

Pero la ciencia de la edad moderna, y en especial la obra de Newton, cuestionaron esta concepción. De un solo golpe, la luz perdió su posición privilegiada como principio de epifanía.

El mundo dejó de iluminarse a sí mismo, a través de la luz, en beneficio de los humanos; ahora era la mente humana la que proyectaba su luz para iluminar al mundo.

Al ser bajada la luz de su pedestal, los físicos estudiaron a la luz como uno de tantos fenómenos, gobernado por leyes susceptibles de ser conocidas y ser representadas a través de ecuaciones.

El color de la luz que se percibe, depende de la longitud de onda de la radiación, dicho valor se encuentra en el intervalo de 380 nm a 760 nm, en términos de color se puede decir que va del azul al rojo.

El ojo humano debido a su estructura percibe tres colores primarios: rojo, azul y verde, mientras que el resto de los colores se obtienen como una mezcla de los primarios, más adelante se hace un tratamiento acerca de la estructura del ojo humano.

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El Espectro Electromagnético es un continuo de ondas electromagnéticas que van desde las ondas con mayor longitud como "Las ondas de radio" hasta los que tienen menor longitud como los "Los rayos Gamma."

En la tabla I, se divide al espectro electromagnético en siete regiones (empezando con la que tiene mayor longitud de onda): radio, microondas, infrarrojo, luz, ultravioleta, rayos x y rayos gama. Es importante notar que las ondas con mayor longitud de onda tienen menor frecuencia y viceversa.

TABLA I

Tipo de Onda		Longitud de Onda	Frecuencia
Radio	Muy Baja Frecuencia	> 10 km	< 30 Khz
	Onda Larga	< 10 km	> 30 Khz
	Onda media	< 650 m	> 650 Khz
	Onda corta	< 180 m	> 1.7 Mhz
	Muy alta Frecuencia	< 10 m	> 30 Mhz
	Ultra alta frecuencia	< 1 m	> 300 Mhz
Microondas		< 30 cm	> 1.0 Ghz
Infrarrojo	Lejano / submilimétrico	< 1 mm	> 300 Ghz
	Medio	< 50 um	> 6.0 Thz
	Cercano	< 2.5 um	> 120 Thz
Luz		< 780 nm	> 384 Thz
Ultravioleta	Cercano	< 380 nm	> 789 Thz
	Extremo	< 200 nm	> 1.5 Phz
Rayos X		< 10 nm	> 30.0 Phz
Rayos Gamma		< 10 pm	> 30.0 Ehz

ALGUNAS APLICACIONES DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Las ondas de radio (espectro radial): Se utilizan para transportar la señal de televisión, de radio y de los teléfonos celulares.

Esta región abarca ondas de:

- Muy Baja Frecuencia (VLF): para enlaces de radio a gran distancia, los radioaficionados la utilizan para comunicarse entre continentes.
- Frecuencias Bajas (LF): para enlaces de radio a gran distancia, especialmente en la navegación marítima y aérea.
- Frecuencias Medias (MF): son ondas utilizadas en la radiodifusión.
- Frecuencias Muy Altas (VHF): se utilizan en Televisión y radio en FM, entre otros.
- Ultra Alta Frecuencia (UHF): se utilizan en Televisión, radiocomunicación.
- Frecuencia Súper altas (SHF): se utilizan en sistemas de radar, radiocomunicación.
- Frecuencia Extra Altas (EHF): se utilizan en sistemas de radar, radiocomunicación

Nota: UHF, SHF y EHF abarcan un rango de frecuencias que comprende las microondas y los rayos infrarrojos.

Las microondas: Con longitud de onda del orden de los centímetros. Se utilizan en los microondas domésticos y en radares.

La radiación infrarroja: Es utilizada para detectar plantas, tipos de rocas y características de la atmósfera, también se usan en los instrumentos a bordo de satélites y en los controles remotos de los aparatos domésticos.

Luz: Es la región del espectro electromagnético que es visible para el ojo humano. Incluye todos los colores del arco iris, los cuales al combinarse, dan origen a la luz blanca.

La radiación ultravioleta: Se divide en 3 grupos: Cercano, lejano y extremo. Se diferencian por su frecuencia y por ende, la longitud de onda es diferente.

La mayor parte de la radiación ultravioleta (UV) del Sol está bloqueada por la atmósfera de la Tierra, la parte que pasa es utilizada por las plantas en la fotosíntesis y ayuda a producir vitamina D en los humanos. Sin embargo, demasiada cantidad de radiación UV puede causar quemaduras de piel y producir en los ojos las llamadas cataratas, así como dañar a las plantas.

Los rayos X: Penetran en ciertos materiales como el tejido de la piel y órganos, pero rebota contra huesos sólidos. Es por esto que son utilizados en el área de la medicina para tomar las radiografías que todos conocemos.

Los rayos Gamma: Dicha radiación es la que tiene mayor energía y capacidad para penetrar materiales, en medicina es utilizada para matar células cancerosas. Se produce en grandes cantidades en los reactores nucleares.

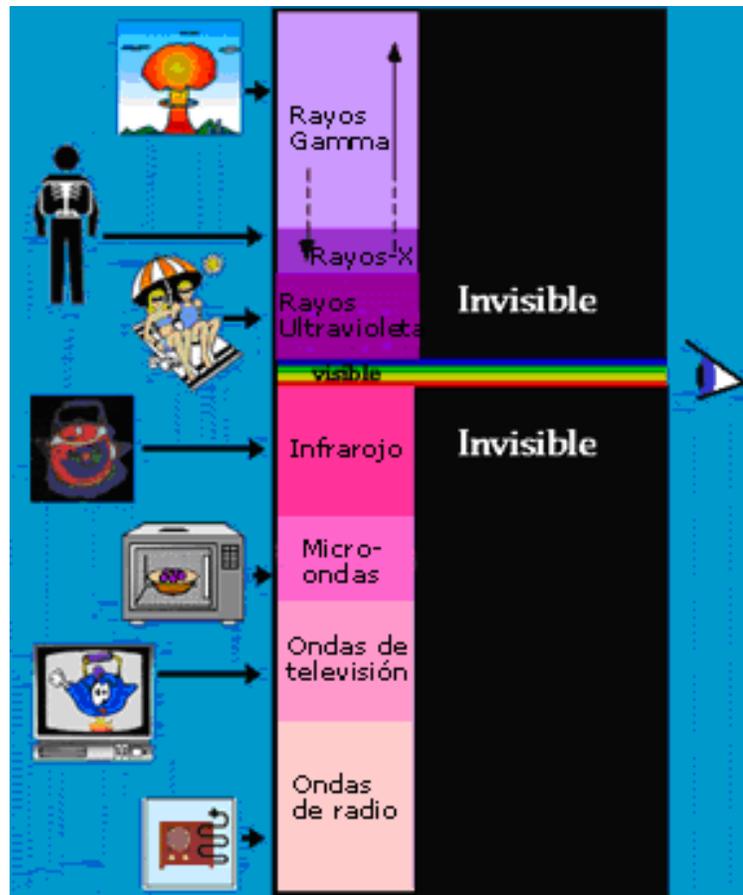


Figura 6.8. Diagrama que ilustra algunas las aplicaciones de las ondas electromagnéticas.

No obstante que todo el espectro tiene aplicaciones y su estudio es fascinante, por cuestiones de interés del presente trabajo, nos limitaremos a la región visible del espectro electromagnético.

El ojo humano distingue los diferentes tipos de ondas que componen a esta región del espectro electromagnético a través del color.

ii. COLOR

Cuando contaba con 5 años de edad aproximadamente, pensaba que las personas miraban las cosas de su entorno de acuerdo al color de su iris, es decir, las que lo tenían azul, percibían todo de ese color, las de ojos con iris verde miraban todo de verde, las que veían café era porque su iris tenía ese color; etc., al respecto, yo me sentía afortunado por poseer unos ojos maravillosos que percibían todos los colores.

Unos años más tarde, me di cuenta que todas las personas a mi alrededor detectaban el color de los objetos y personas independientemente del color de su iris. Sin embargo, en los días de feria y juegos mecánicos había locales que al utilizar determinado tipo de luz, percibía que todo cambiaba de color, ante esto las preguntas que surgieron fueron:

- ¿Qué es el color?
- ¿De qué depende el color de los objetos?
- ¿El color es independiente de las condiciones de medio?
- ¿Depende del tipo de superficie del objeto?

Para dar respuesta a estas interrogantes se realizan las siguientes actividades:



Figura 6.9 El color que percibe el ojo humano, depende del color que reflejan los cuerpos.

i. ¿DE QUÉ COLOR SON LOS OBJETOS?

Concepción Previa: Los objetos tienen un color determinado, independiente de la luz que les llega e independiente del observador.

OBJETIVOS

- Mostrar que el color de los objetos depende de la luz con la que se iluminan.
- Inferir que el color no es una propiedad inherente de los objetos.

MATERIAL

Presentación power point con fotografías de paisajes u objetos, tomadas a diferente hora o con diferente color de luz.

Un foco de luz suave rosa, de 60 watts (Se denomina foco de luz suave, a los que comercialmente se llaman “softon”)

Un foco de luz suave verde, de 60 watts

Un foco de luz suave azul, de 60 watts

Tres lupas de 10 cm de diámetro

Cuadros de filtro de acetato verde, rojo y azul, de 5 cm de lado

Tres tubos de cartón de 10 cm de diámetro y 60 cm de largo

Tres apagadores

Tres metros de cable duplex, calibre 14

Tres soquets

Tres clavijas

Navaja

Desarmador

Pinzas

Poster con letras de color rojo y verde. El fondo del poster debe ser de color azul (***el poster se puede elaborar con papel lustre***)

Cinta adhesiva

Tres trozos de cartulina negra de 11 x 11 cm

Un variac

Diapositivas con los mismos objetos e iluminados con diferente color de luz.

Filtro de luz rojo, azul y verde.

PROCEDIMIENTO

- a. Pasar las diapositivas a los estudiantes, preguntando de qué color son los objetos.

Para generar la discusión en el grupo, es conveniente hacer la pregunta típica:

¿De qué color es el cielo?

Lo que se espera es que los estudiantes respondan: azul.

Enseguida se pasan diapositivas del mismo paisaje a diferente hora, en la mañana y en la tarde. Se escuchan las explicaciones de los estudiantes y el maestro va centrando la discusión y afina las ideas.





Figura 6.10 Se muestran bloques de objetos iluminados con diferente color de luz.

Posteriormente se sigue con la actividad experimental:

- b. Coloca la clavija y el soquet en el cable como se muestra en la figura 6.11.
- c. Conecta el apagador a 40 cm del soquet.



6.11 Cable con soquet, apagador y clavija

- d. Fija la lupa en un extremo del tubo de cartón.
- e. En el centro de cada trozo de cartulina, haz un orificio de 3 cm de diámetro.
- f. Pega la cartulina sobre la lupa y coloca encima de la cartulina el filtro del color que corresponda al foco del mismo color.

Figura 6.12 Tubo de cartón con lupa



- g. Inserta los focos en cada uno de los soquets.
- h. Introduce el foco en el tubo de cartón, teniendo en cuenta que corresponda el color del foco con el color del filtro.
- i. Conecta el foco al variac y mantenlo a un voltaje de 60 volts.
- j. Prende el foco y desplázalo dentro del tubo, de tal manera que obtengas un círculo iluminado de manera uniforme.
- k. Pega la pantalla de papel bond en la pared.
- l. Apaga el foco y coloca el tubo horizontalmente, apuntando hacia el poster.
- m. Realiza los pasos vi al x, para cada uno de los focos.
- n. Oscurece el laboratorio, cuidando de que no haya filtraciones de luz.
- o. Ilumina el póster con la luz roja. Determina el color de cada una de las letras y del fondo.
- p. Ilumina el póster con la luz verde.
 - i. ¿Cambia el color de las letras y del fondo? Escribe en tu cuaderno el color de cada letra y del fondo.
- q. Ilumina el póster con la luz azul.
 - i. ¿De qué color es cada letra?
 - ii. ¿El fondo qué color es?



Figura 6.13 Póster con letras de colores primarios

En el siglo XVII, Robert Hooke había hecho pasar la luz a través de un frasco con un líquido rojo, que hacía las veces de un filtro rojo, de manera análoga hacía pasar luz a través de un frasco con líquido azul. Ambos dejaban pasar la luz. Sin embargo, cuando intentaba hacer pasar la luz por los dos frascos juntos, éstos la bloqueaban.

r. Hooke, no logró responder a la pregunta que se planteó: ¿Por qué, si cada frasco por separado permitía el paso de la luz, juntos la bloqueaban? Responde la pregunta de Hooke.

s. ¿Qué pasa si un objeto de color azul lo iluminamos con una luz roja?

Con esta actividad los estudiantes cambian su concepción, aceptan que el color no es una propiedad inherente de los cuerpos y les surge la inquietud acerca del cambio de representación del color, pasar de una manera concreta o pictórica a una manera abstracta; es decir, como evocar un color a través de una representación numérica, para calmar estas inquietudes, se sugiere abordar el tema de coordenadas del color.

Otra manera de realizar esta actividad es construir una caja con paredes interiores negras, practicar un orificio en la tapa de 2 X 2 cm para colocar un filtro de cualquier color, realizar un orificio pequeño en una de las caras de la caja e introducir una pelota de ping-pong, cerrar la caja y observar el color de la pelota a través del orificio (figura 6.14).



Figura 6.14 Dispositivo para mostrar que el color de los objetos depende de la luz con la que se ilumina.

iv. SISTEMA DE COORDENADAS PARA EL COLOR

OBJETIVO

- Mostrar que el espacio para representar al color es tridimensional.
- Asignar coordenadas a un color con base en la teoría tricromática.

MATERIAL

Hoja con 25 cuadritos de colores
Formato para pegar los colores
Pegamento
Tijeras

PROCEDIMIENTO

- a. Observa los colores
 - i. ¿Cuántos grises hay?
 - ii. ¿Cuántos rojos hay?
 - iii. ¿Cómo los ordenarías?
- b. De acuerdo con el formato, ¿dónde debes colocar a los cuadros grises?
- c. Si consideras que el eje vertical es el tronco de un árbol:
 - i. ¿Dónde pondrías el color negro? Justifica tu respuesta.
 - ii. ¿Dónde pondrías el color blanco? Justifica tu respuesta.
- d. ¿Dónde van los cuadros rojos?
- e. Recorta los cuadros de colores.
- f. Organiza los cuadros cuidando que la escala de grises, quede sobre el eje vertical.
- g. Los cuadros de color rojo colócalos en el eje horizontal.
- h. Los colores restantes colócalos en el círculo, debes hacerlo de tal manera que no haya cambios bruscos de color.

Queda algo similar a la figura 6.15.

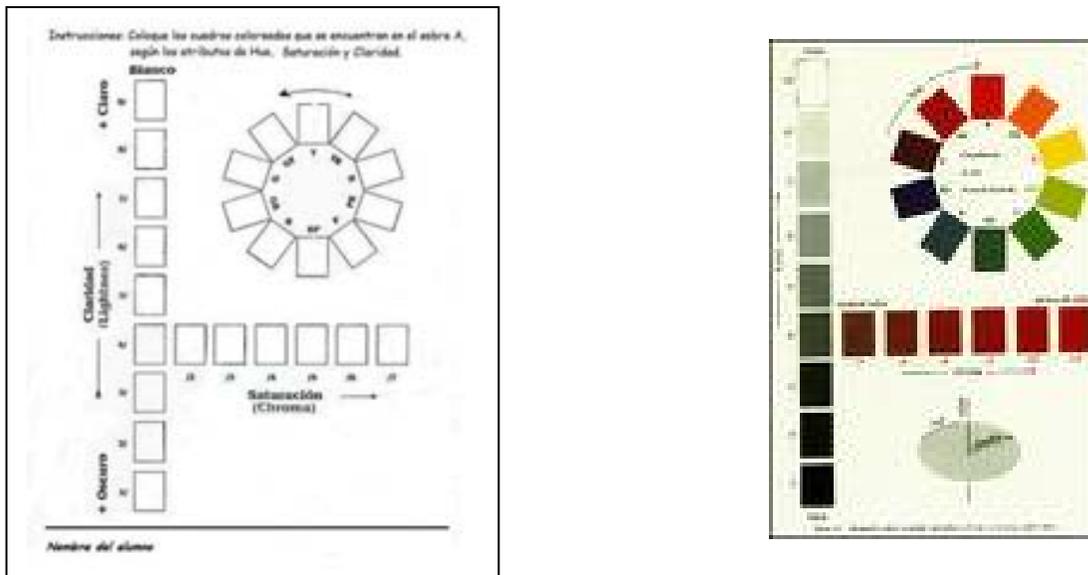


Figura 6.15 Formato antes y después de la actividad

- i. ¿Cuántas coordenadas se necesitan para ubicar un color?
- j. ¿Qué tipo de coordenadas utilizarías para ubicar a los colores? Justifica tu respuesta.

Con esta actividad se fomenta el desarrollo de pensamiento formal, debido a que se hace uso del cambio de representación, los estudiantes ya empiezan a asociar coordenadas con el color, con lo que se fomenta el uso de representaciones abstractas.

Por otro lado, retomando la propuesta pedagógica de capítulo 2, se debe balancear lo que hace y dicen los estudiantes con lo que hace y dice el docente.

En este caso como los estudiantes en general no tienen información acerca de las coordenadas del color, se sugiere que el docente redondee las ideas principales del tema para que el estudiante asimile y acomode el nuevo conocimiento fomentando con ello el aprendizaje significativo.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COORDENADAS

La descripción **RGB** (del inglés *Red, Green, Blue*) de un color hace referencia a la composición del color en términos de los colores primarios con que se forma: rojo, verde y azul. Es un modelo de color basado en el sistema aditivo, con el que es posible representar cualquier color mediante la mezcla aditiva de los tres colores primarios de luz.

Es importante indicar que el modelo de color RGB no define por si mismo lo que significa exactamente rojo, verde o azul, razón por la cual los mismos valores RGB pueden mostrar colores notablemente diferentes en diferentes dispositivos que usen este modelo de color; basta recordar que el color tiene una componente cultural y psicológica.

El espacio del color es un sistema de coordenadas de tres dimensiones y para ubicarlos, se pueden usar coordenadas esféricas, cilíndricas, cartesianas, etc.

Actualmente, en la industria se identifican a los colores utilizando como ejes los colores primarios de la mezcla aditiva, que está basada en la teoría tricromática, también denominada teoría RGB.

Por ejemplo: el **color 365**, significa que tiene:

Valor tres para el rojo, seis para el verde y cinco para el azul, dichos valores se determinan mediante el uso de un colorímetro.

Con la finalidad de que los estudiantes constaten que las escalas de medida son arbitrarias y satisfagan su necesidad académica de cuantificar las variables, en la actividad que sigue se construye un colorímetro y se pide a los estudiantes que propongan una escala cuantitativa para asignar coordenadas a los colores.

v. CONSTRUCCIÓN DE UN COLORÍMETRO

La palabra colorimetría incluye el conjunto de métodos para medir el color. Se utiliza el término luz para referirnos a la región visible del espectro electromagnético y de manera implícita se hace referencia al proceso de la visión.

Generalmente, la medida del color no describe directamente la sensación, sino que registra la intensidad del estímulo que perciben las células receptoras del ojo, para el colorímetro que se construye en la presente actividad, se utiliza el volt como unidad de medida.

Desde este punto de vista la medida consiste, en asignar una terna de valores de voltaje para representar algún color.

OBJETIVOS

- Construir un dispositivo para mezclar colores con luz.
- Identificar los colores secundarios.
- Representar colores a través de valores de voltaje, con base en la teoría RGB.

MATERIAL

Un foco de luz suave rosa, de 60 watts
Un foco de luz suave verde, de 60 watts
Un foco de luz suave azul, de 60 watts
Tres lupas de 10 cm de diámetro
Cuadros de filtro de acetato verde, rojo y azul, de 5 cm de lado
Tres tubos de cartón de 10 cm de diámetro y 60 cm de largo
Tres apagadores
Tres metros de cable duplex, calibre 14
Tres soquets
Tres clavijas
Navaja
Desarmador
Pinzas
Pantalla de papel bond
Poster con letras de color rojo, verde y azul
Cinta adhesiva
Tres trozos de cartulina negra de 11 x 11 cm
Tres variacs

PROCEDIMIENTO

- a. Coloca la clavija y el soquet.
- b. Conecta el apagador a 40 cm del soquet.
- c. Fija la lupa en un extremo del tubo de cartón.
- d. En el centro de cada trozo de cartulina, haz un orificio de 3 cm de diámetro.
- e. Pega la cartulina sobre la lupa y coloca encima de la cartulina el filtro del color que corresponda al foco.
- f. Inserta los focos en cada uno de los soquets.
- g. Introduce un foco en el tubo de cartón, verifica que corresponda el color del foco con el color del filtro.
- h. Conecta el foco al variac y mantenlo a un voltaje de 60 volts.
- i. Prende el foco y desplázalo dentro del tubo, de tal manera que obtengas un círculo iluminado de manera uniforme.
- j. Pega la pantalla de papel bond en la pared.
- k. Apaga el foco y coloca el tubo horizontalmente, apuntando hacia la pantalla.
- l. Realiza los pasos g al j, para cada uno de los focos. Al acomodar los tubos debe haber una región de intersección de los tres colores.
 - i. ¿Con qué colores obtienes el amarillo?
 - ii. ¿Qué pasa si disminuyes el voltaje a uno de los focos?
 - iii. ¿Si disminuyes el voltaje a los dos focos, que ocurre?
 - iv. ¿Cómo se obtiene el color cian?
 - v. ¿Cuáles son los colores primarios aditivos?
 - vi. ¿Cómo se forma el color magenta?
- m. Prende los tres focos simultáneamente.
 - i. ¿Qué color se forma en la intersección de los tres colores primarios?
 - ii. ¿Qué harías para igualar un color, con este dispositivo?
- n. Pega el poster en la pared, ilumínalo con luz azul.
 - i. ¿De qué color se ven las letras rojas y verdes?
- o. Si iluminas con luz verde, ¿qué ocurre? y ¿con luz roja?
 - i. ¿De qué depende el color de las letras?

- p. ¿Cuáles son los colores secundarios? Justifica tu respuesta.
- q. ¿Cómo le asocias valores a los colores? Discute con tus compañeros y anota tus conclusiones.
- r. Con la escala que propusiste, asigna valor a cada color primario.
- s. Contrasta tus valores con los de tus compañeros.
- t. ¿Qué escala consideras que es mejor? Justifica tu respuesta.
- u. ¿Qué es un color secundario? Discute con tus compañeros y anota tus conclusiones.
- v. ¿Cómo obtienes los colores secundarios, usando el colorímetro?
- w. Enlista los colores secundarios.
- x. Asocia un valor a cada color secundario.
- y. Escoge un objeto de cualquier color y con el colorímetro iguala su color.
 - i. ¿Qué valor le asignas? Justifica tu respuesta.
- z. Realiza lo mismo del punto anterior para tres objetos de color diferente.

Al terminar esta actividad surge la inquietud de conocer la estructura del ojo, debido a que es el órgano con el que percibimos el color, por lo que se propone realizar una disección de ojo de buey.

No se pretende realizar un estudio exhaustivo acerca del ojo; sin embargo, es una actividad que propicia que los estudiantes se interesen y recuerden lo que se les enseñó en la asignatura de Morfología y Biología. Además es una buena oportunidad para que establezcan relaciones entre las asignaturas de Física IV, Morfología y Biología, que en general son percibidas como asignaturas ajenas entre sí. Con lo que se genera una asimilación, acomodación e integración del conocimiento en los estudiantes y un cambio de estatus en su ecología conceptual.

6.2 MORFOLOGÍA DEL OJO

Ackerman (citado en Morris, 2005), afirma que el 70% de los receptores sensoriales de nuestro cuerpo se localizan en los ojos. Por lo que el sentido de la **vista** es calificado como el más importante del cuerpo humano.

En el ojo humano existen un conjunto de células receptoras llamadas **conos** (permiten ver colores) y **bastones** (responden a diversas intensidades de luz y oscuridad, son los principales responsables de la visión nocturna), ambos receptores están distribuidos en la **retina del ojo**.

Los **conos** y los **bastones** sólo son sensibles a una fracción del espectro de las **ondas electromagnéticas**, que se denomina región visible o **luz**.

La región visible comienza en **longitudes de onda** de 380 nm (10^{-9} m) y termina en 760 nm, que corresponden al color azul y al rojo respectivamente (Coon, 2001). Entre estos valores existe una extensa gama de **colores**.

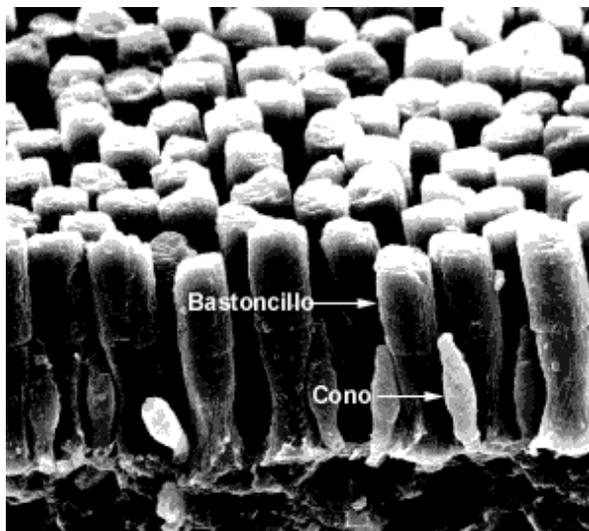


Figura 6.19 Células de la retina, conos y bastones

i. DISECCIÓN DE UN OJO DE BUEY

OBJETIVOS

- Identificar las partes del ojo e indicar la función de cada una ellas.
- Describir y dibujar la estructura interna del ojo.
- Discutir la importancia de poseer el sentido de la vista, ventajas y desventajas.

INTRODUCCIÓN

De manera general se puede decir que el aparato visual se compone de: globo ocular y vías ópticas.

El globo ocular se compone de tres capas y tres cámaras.

Las capas son: la esclerocórnea, la úvea y la retina.

Las tres cámaras son: anterior, posterior y vítrea.

La cámara anterior es la zona comprendida entre la córnea y el iris. Está rellena de humor acuoso, líquido transparente producido por los procesos ciliares y que es desaguado por el ángulo que forman iris y córnea.

La cámara posterior, también rellena de humor acuoso, es la zona comprendida entre el iris y el cristalino.

La cámara vítrea, es la zona entre el cristalino y la retina, y está rellena de un líquido transparente llamado humor vítreo.

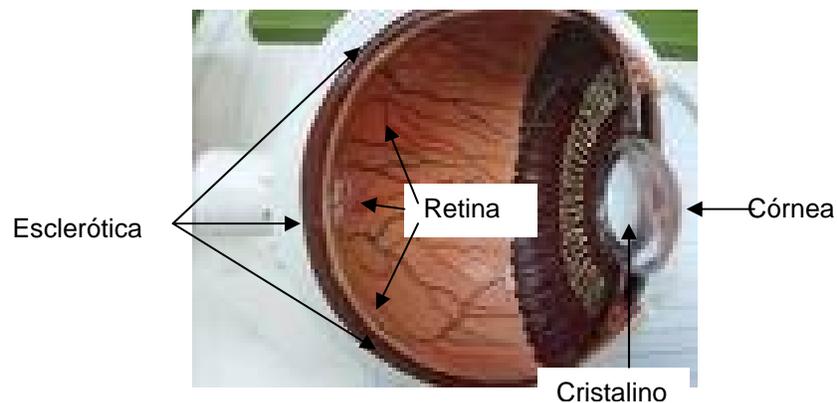


Figura 6.20 Vista sagital de un ojo.

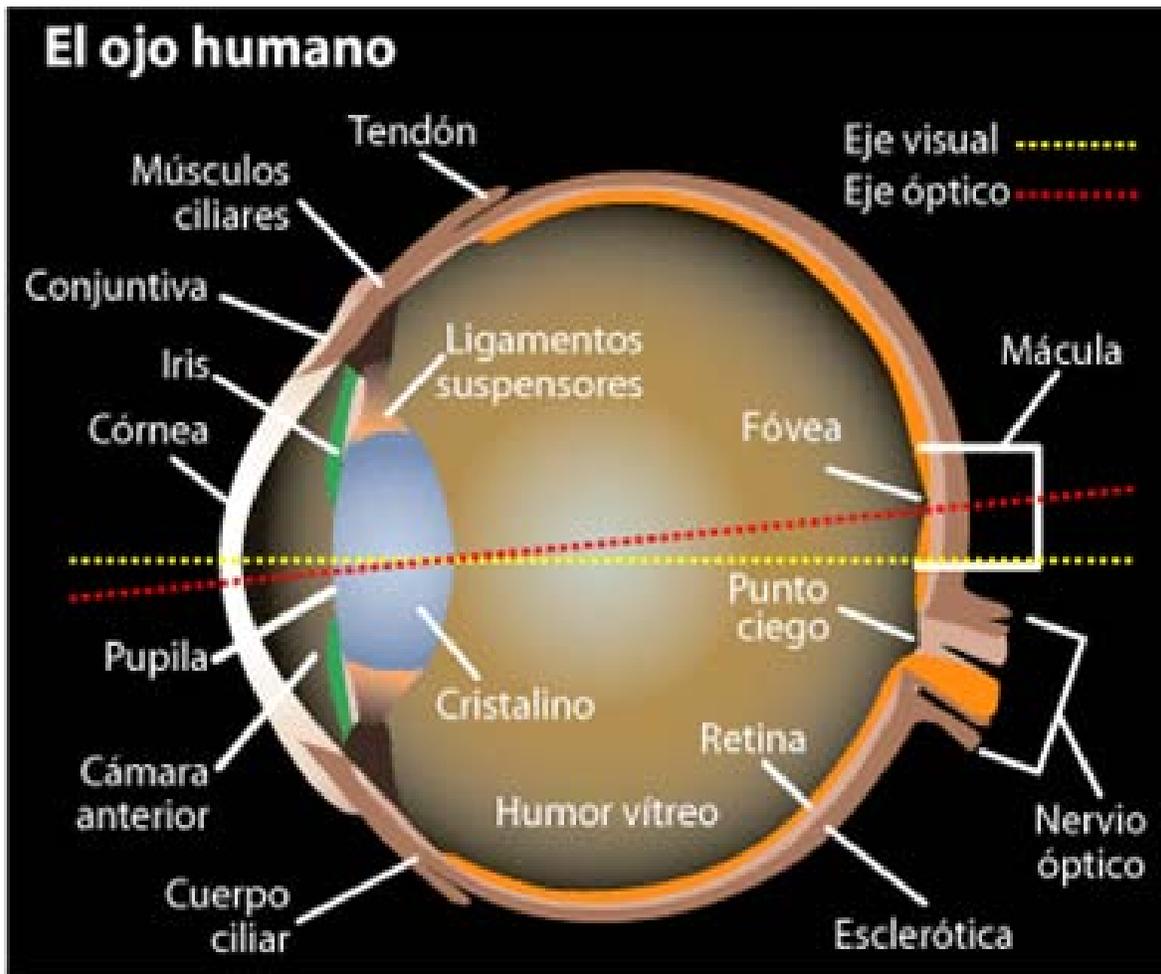


Figura 6.21 Esquema de un corte sagital con las partes principales del ojo humano

MATERIAL

- Ojo de buey
- Material de disección (bisturí, tijeras, pinzas...)
- Tabla de disección
- Toallas de papel para limpiar
- Bisturí
- Guantes de látex
- Bolsas de plástico
- Jabón
- Tijeras
- Periódico

PROCEDIMIENTO

- a. Extrae toda la grasa que sea posible de alrededor del ojo, cuidando de no cortar el nervio óptico.
- b. Identifica las siguientes partes del ojo y descríbelas: esclerótica, iris, pupila, córnea y nervio óptico.
- c. Corta con mucho cuidado alrededor de la córnea, observa que está compuesta por varias capas.
- d. Realiza cuidadosamente un corte alrededor del ojo, paralelo a la pupila, para dividirlo en dos mitades, anterior y posterior.
- e. Vacía el contenido del ojo en un recipiente. Anota los nombres de las partes que observas
- f. Retira el cristalino y colócalo sobre las letras de un periódico. ¿Qué se observa? ¿Qué función tiene el cristalino?
- g. Dibuja en una hoja una flecha vertical y enfócala con el cristalino. ¿Qué observas?
- h. Ahora aplasta el cristalino y trata de mirar a través de éste, las letras del periódico. ¿Qué observas?
- i. Observa la mitad anterior del ojo desde su cara interna, ¿es transparente la córnea?
- j. Observa la mitad posterior del ojo, retira con las pinzas cuidadosamente una delgada capa de aspecto tornasol. ¿A qué corresponde? ¿Qué observas debajo de esta capa?



Figura 6.22. Fotografía de un ojo humano.



Figura 6.23 Ojo de buey.



Figura 6.24 Córnea



Figura 6.25 Cristalino.



Figura 6.26 Retina.

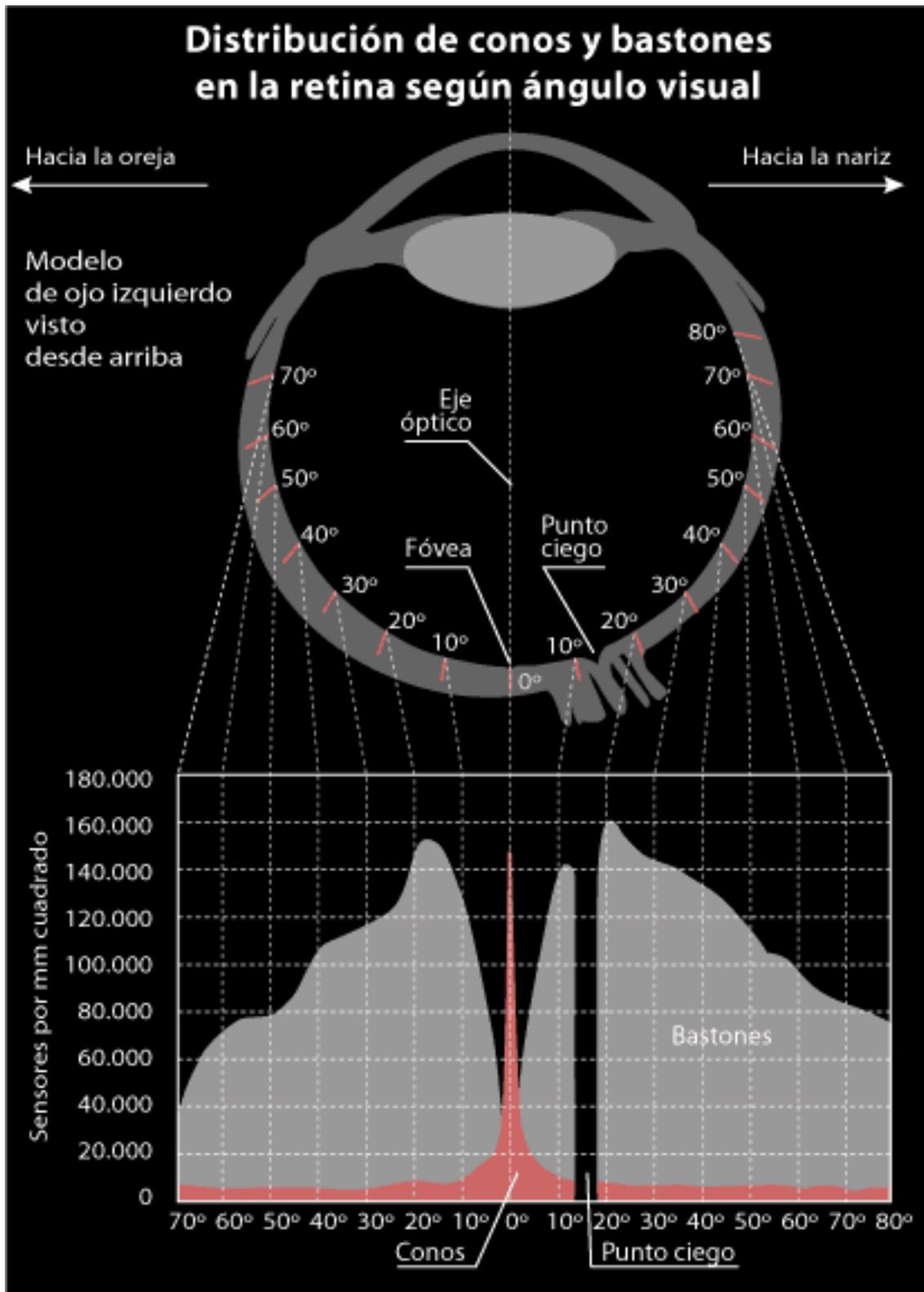


Figura 6.27 Distribución de conos y bastones alrededor de la fóvea.



Figura 6.18 Ojo de buey seccionado.



Figura 6.19 Modelo didáctico del ojo.



Figura 6.20 Estudiantes realizando la disección de un ojo.

Al final de la actividad los estudiantes se encuentran motivados, en general repasan con otra actitud lo que han visto en la asignatura de morfología y psicología, son ellos los que más discuten acerca de la fisiología del sentido de la vista y del proceso de sensopercepción, el último punto es el que se retoma para la siguiente actividad.

6.3 UMBRAL ABSOLUTO DE LA MODALIDAD VISUAL

INTRODUCCIÓN

Cuando éramos niños, mis hermanos y yo, teníamos un juego que inventamos, para poder indicar cómo nos sentíamos. El juego consistía en utilizar una escala de 1 a 10, el número 1 significaba que estábamos muy mal y el número 10 que nos sentíamos muy felices. Este fue quizá nuestro primer encuentro con una escala subjetiva. Otro ejemplo lo encontramos cuando salimos de casa en una mañana de invierno y expresamos: –“hoy hace el doble de frío que ayer”.

Ese tipo de experiencias son el objeto de interés de la **psicofísica**, ya que esta disciplina tiene la finalidad de establecer una relación cuantitativa entre los **estímulos** físicos, con las **sensaciones** que producen en una persona. Asimismo, el término **psicofísica** engloba aquellas técnicas experimentales y teorías con las que se trata de investigar y explicar los juicios perceptivos. Por ende, dos cuestiones se tratan aquí: ¿cómo podemos **medir** nuestras **sensaciones**? y ¿cómo juzgamos los **estímulos** que **percibimos**?

La primera pregunta es sin duda más fundamental porque asume que las **sensaciones** pueden medirse. La segunda tiene que ver con los procesos mentales implicados en los juicios psicofísicos, como son la discriminación, la identificación, la expectativa y la toma de decisiones (Blanco, 1996).

En psicofísica se considera que un **estímulo** es energía que al interactuar con las células receptoras del sentido correspondiente les produce excitación. Por ejemplo, la **luz** en los **conos** y **bastones** (Alonso, 2002).

Un **estímulo** requiere de un **valor mínimo** para ser percibido por las células receptoras correspondientes y dicho valor mínimo se utiliza para determinar el **umbral absoluto**.

Se llama **umbral absoluto** al mínimo valor que debe tener un estímulo para ser percibido por un sujeto experimental el 50% de las veces.

La **sensación** consiste en el registro de información del entorno a través de los sentidos y la **percepción** es el proceso que organiza e interpreta esa sensación (Papalia, 1988).

El proceso que sigue la **sensopercepción** tiene varias facetas: la recepción de la señal externa (**estímulo**) que excita las células del sentido correspondiente; la transformación de la información en una señal eléctrica; el transporte de la señal al cerebro y la decodificación para darnos la percepción del estímulo (Braun, 1988).

En **psicofísica** se han diseñado diferentes **métodos** para **medir** los **umbrales**. Para la siguiente actividad se elige el método de límites, con la finalidad de que los estudiantes integren el conocimiento de las asignaturas: física, matemáticas y psicología.

- ▶ El **método de límites**, consiste en dar valores menores y valores mayores del estímulo, alrededor del un valor que es candidato a ser el umbral absoluto, inicialmente se toma un valor menor para un estímulo que el sujeto experimental detecta y poco a poco se va aumentando, hasta que el estímulo es percibido, en esta actividad a dicho valor se le denomina **s**. Posteriormente se toma un valor mayor del estímulo al que el sujeto experimental puede percibir y se va disminuyendo poco a poco hasta llegar al valor donde ya no se percibe el estímulo a este valor se le denomina **m**. Para determinar el umbral absoluto, se toma el **promedio** de los valores **s y m** (Blanco, op. cit).

Se llama método de límites ya que se realiza el mismo procedimiento que en cálculo diferencial e integral para determinar el límite en un punto determinado de una función en una dimensión.

Es decir; se toma el límite por la izquierda y el límite por la derecha (Haaser, 1979).

i. MÉTODO DE LÍMITES PARA MEDIR EL UMBRAL ABSOLUTO DE LA MODALIDAD VISUAL PARA LA VISIÓN ESCOTÓPICA

OBJETIVO:

- Utilizando el método de límites, determinar el umbral absoluto para la visión escotópica (visión nocturna) de cada sujeto para los colores rojo, azul y verde.
- Discriminar entre umbral y sensibilidad.

MATERIAL

Tabla de perfocel de 20 x 28 cm
3 soquets pequeños de plástico a la medida del foco
3 apagadores de cola de ratón
1 Foco de color rojo de serie de navidad de 120 v
1 Foco de color azul de serie de navidad de 120 v
1 Foco de color verde de serie de navidad de 120 v
2 m de cable calibre 16
Par de guantes para electricista
Desarmador
Pinzas
Navaja
Variac

METODOLOGÍA

- El experimento se realiza bajo condiciones de oscuridad, esto significa que se obtiene el umbral absoluto de la modalidad visual para la visión escotópica.
1. Utiliza el circuito diseñado y armado en el tema de electricidad.
 2. El sujeto experimental se sienta frente al circuito.
 3. El segundo integrante del equipo manipula el variac.
 4. El tercer integrante registra los datos.



Figura 6.21 Equipo de estudiantes, durante la realización de la actividad.

5. Verifica que el variac esté en cero antes de prenderlo.
6. Verifica que los interruptores de los focos estén abiertos.
7. Conecta el circuito al variac y enciéndelo.

Primero se va a realizar la actividad, cambiando los valores del voltaje de manera ascendente.

8. Cierra el interruptor de cualquiera de los focos.
9. Aumenta el voltaje lentamente, hasta que el sujeto experimental detecte el brillo del foco.



Figura 6.22 Circuito utilizado

10. Anota en tu hoja de datos el valor del voltaje, este dato es s_1 .

11. Repite el procedimiento diez veces; es decir, vas a tener s_1, s_2, \dots, s_{10} .
12. Calcula el promedio de los valores de s .

Posteriormente se realiza la actividad, cambiando los valores del voltaje de manera descendente.

13. Utilizando el mismo foco, empieza con un voltaje de 50 volts, de tal manera que el sujeto experimental detecte el brillo fácilmente.
14. A partir de este valor, disminuye lentamente el voltaje hasta que el sujeto experimental no detecte el brillo del foco.
15. Anota en la hoja de registro el valor del voltaje, este valor es m_1 .
16. Repite la operación 10 veces. Vas a obtener m_1, m_2, \dots, m_{10} .
17. Calcula el promedio de los valores de m .
18. Determina el promedio, utilizando s y m .

El valor que se obtiene es el umbral absoluto de la modalidad visual en la visión escotópica, para el color que hayas seleccionado.

Con este procedimiento nos acercamos de manera ascendente y descendente al valor del umbral absoluto.

19. Realiza los mismos pasos para cada color y cada integrante.
20. Escribe los valores del umbral absoluto para cada color.

	Foco azul	Foco rojo	Foco verde
Equipo 1	9.4	7.5	10
Equipo 2	7	5	8
Equipo 3	10	8	11

Figura 6.23 Resultados obtenidos para cada color, azul 9.4 v, rojo 7.5 v y verde 10 v.

21. ¿Para qué color se tiene un umbral menor?
22. ¿Para qué color es más sensible el ojo humano?
23. Interpreta tus resultados utilizando la siguiente gráfica.

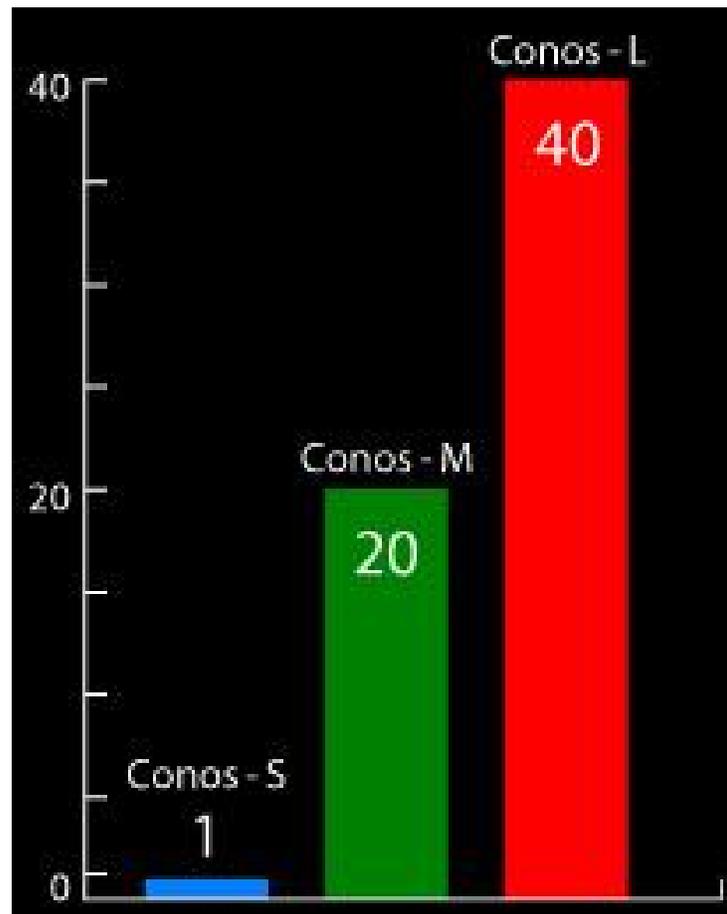


Figura 6.24 De acuerdo con la gráfica por cada cono detector de color azul (conos S), se tienen 20 conos sensibles al color verde (conos M) y 40 conos sensibles al color rojo (conos L).

PREGUNTAS DE REFLEXIÓN

1. ¿Cómo estableces la relación entre el estímulo y la sensación?
2. ¿Cómo se llama al valor mínimo de energía necesaria para detectar un estímulo?
3. ¿Cómo se pueden medir y cuantificar las sensaciones?
4. ¿Cuáles son los factores psicológicos que influyen en el momento de identificar y decidir si un estímulo está presente o no?

La actividad realizada surgió por una inquietud de los actores educativos:

¿Cómo medir el valor del umbral absoluto de las diferentes modalidades sensoriales?

En respuesta a las inquietudes y necesidades de lo actores educativos de encontrar la relación de contenidos entre las diferentes asignaturas del área I y área II, se desarrolló esta metodología y se probó con el sentido de la vista. Sin embargo, se puede adaptar y aplicar con las otras modalidades sensoriales.



Figura 6.25 Estudiantes trabajando en el pasillo

CAPÍTULO 7:

RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS ASIGNATURAS DE PRÁCTICA DOCENTE II Y PRÁCTICA DOCENTE III

En las asignaturas de práctica docente II y práctica docente III, se realizó la transferencia al aula de los siguientes aspectos:

- Diseño y aplicación de una propuesta metodológica fundamentada en la Concepción Didáctica Analógica, para llevar a cabo los procesos de enseñanza y aprendizaje en el aula.
- Desarrollo de seis actividades de las propuestas en la secuencia de los capítulos 4 (Ondas), 5 (Luz) y 6 (Color):

1. Análisis de diferentes movimientos ondulatorios.
2. Características de las ondas.
3. Tipos de ondas.
4. Cambios de representación del movimiento ondulatorio.
5. Naturaleza ondulatoria de la luz.
6. Determinación del Umbral Absoluto de la Modalidad Visual en la Visión Escotópica.

En cuanto a la propuesta pedagógica, se consideró en todo momento el planteamiento realizado en el capítulo 2, que está fundamentado en las ideas de Beuchot (2005), acerca de la hermenéutica analógica, referente a fomentar en el aula, una proporción entre lo que hace y dice el docente y lo que construyen los estudiantes, de tal modo que todos los actores educativos participen activamente en la construcción del conocimiento.

Con esta perspectiva, el docente aceptó su responsabilidad de enseñar, escuchar, tolerar y generar un ambiente de respeto entre los actores educativos, lo que propició que los estudiantes expresaran sus conocimientos, pensamientos y emociones, sin ser calificados y sin temor de contradecir al docente, de tal manera que no hubo exclusión de alguno de los actores educativos.

Con la secuencia utilizada, se hicieron explícitos los objetivos de la resolución de tareas en el aula, se aplicaron estrategias cognitivas, metacognitivas, afectivas-motivacionales y procedimentales, se modeló la solución de problemas auténticos y

numéricos. Por lo que, se logró el aprendizaje cooperativo y se generó la responsabilidad de construir el conocimiento entre los actores educativos.

Consolidando con esto la idea de Vygotsky (1988), acerca de que la construcción del conocimiento científico es un producto de interacción social:

“La actividad interhumana, en la medida en que forma la actividad interior del niño, es siempre social, histórica y cultural”.

La transferencia al aula se realizó en tres etapas:

- I. **Fase de Planeación**, se seleccionaron los contenidos curriculares, considerando el tipo de estudiantes, el tema que se estaba abordando en el aula, el tema propuesto en la tesis y el tiempo con el que se contaba para llevar a cabo la práctica docente.

Con la anuencia de la supervisora, se asistió a algunas sesiones antes de empezar a impartir el tema para valorar el espacio en el aula, así como conocer en la medida de lo posible a los estudiantes y observar su interacción en el aula.

- II. **Fase de Aplicación**, con la información recopilada se diseñó la secuencia y se eligió la metodología de trabajo para desarrollar las actividades.

A lo largo del desarrollo de los temas la supervisora realizó observaciones etnográficas, con la finalidad de coevaluar con el docente los procesos, los productos, la secuencia de los contenidos curriculares, la interacción en el aula, la optimización del espacio en el aula y en algunos casos proponía cambios para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

- III. **Fase de Evaluación**, se ha mencionado que la evaluación está presente durante todo el proceso y actividades de enseñanza y aprendizaje, desde el momento en que se elige con que tipo de grupo se va a realizar la práctica docente, los contenidos curriculares, el espacio en el aula, la metodología, los materiales a utilizar, hasta la evaluación de los estudiantes y de los resultados obtenidos. Por lo que en la práctica docente se evaluaron los procesos y los productos.

I. FASE DE PLANEACIÓN

Para elaborar el plan de trabajo del docente, se utilizó la propuesta de Zarzar (1997), ubicando a la materia a través de los datos generales, posteriormente se diseñó el plan de clase con las ideas de Cooper (2003), por ser más concisa y abarcar los puntos medulares de la planeación: **Objetivo, materiales, procedimiento y evaluación.**

Descripción de la planeación

Se seleccionaron las actividades que por un lado, sirvieran para la tesis y por otro que no alterara el trabajo de la supervisora en su grupo, por lo que fue necesario reunirse en varias ocasiones para discutir y llegar a un acuerdo acerca de la forma de trabajo, los contenidos curriculares y el día propicio para empezar.

Una vez que se seleccionó el tema a impartir, se decidió retomar las bondades de diferentes teorías del aprendizaje, utilizando una combinación de la teoría cognoscitivista de Piaget con la teoría social de Vygotsky.

Por lo que, en el diseño de las actividades de los procesos de enseñanza y aprendizaje, se consideraron el estado piagetiano, la zona de desarrollo próximo y las concepciones previas de los estudiantes.

A través de este modelo combinado, se propició que:

- ➔ Los estudiantes fueran más participativos, críticos, capaces de expresar sus puntos de vista y tolerantes con las ideas de sus compañeros, que se hicieran responsables de su aprendizaje, de tal manera que tiendan hacia la autorregulación y autonomía.
- ➔ El cambio conceptual, metodológico y axiológico, fuera plausible y fructífero en los estudiantes (Pozo y Gómez, 2001).
- ➔ La interacción entre los actores educativos fuera colaborativa. De acuerdo con la teoría de Vygotsky, los individuos aprenden del más apto del grupo a través de la interacción social.

Para el diseño de la secuencia se consideró que:

- i. Es a través de la discusión entre pares académicos donde el estudiante, siente la confianza de expresar sus ideas y reflexiona acerca de sus propias ideas, para fundamentar sus puntos de vista, generando nuevos valores como saber escuchar, la tolerancia, el respeto por las ideas de los demás, en suma se pretende un cambio axiológico.
- ii. Con la discusión y al escribir sus conclusiones, se promueve el saber decir, a través de la utilización de la retórica que es una de las herramientas del maletín del físico (Krieger, 1987).
- iii. Los estudiantes deben percibir la necesidad de cambiar sus ideas previas, para lo cual, se muestra un fenómeno que no se pueda explicar con dichas ideas y se motiva a discutir, contrastando sus ideas, proponiendo hipótesis y promoviendo la evolución conceptual en los estudiantes.

- iv. Para corroborar sus hipótesis, se recurre a experimentos sencillos realizados con materiales de bajo costo y de fácil adquisición, promoviendo un cambio metodológico y epistemológico.
- v. El manejo del modelo matemático es otra de las herramientas del maletín, es importante que los estudiantes vean su utilidad y acepten que es un lenguaje más compacto que sirve para facilitar las cosas y no para complicarlas.
- vi. Se ha criticado demasiado que en los ejercicios numéricos, los estudiantes sólo busquen un número sin que sean capaces de interpretarlo o tener una idea vaga de su significado. Sin embargo; al interpretar físicamente el resultado numérico se retroalimenta, se enseña a argumentar y analizar los límites de la teoría.
- vii. Extender y generalizar su conocimiento llevándolo a su entorno. De acuerdo con Eggen (2002):

“Los estudiantes aprenden conceptos, interrelaciones y características a través de ejemplos... Se puede decir que se comprende cuando se puede hacer con un tema diferentes cosas que requieran del pensamiento, como dar explicaciones, generalizar, aplicar y representar al tópico de una nueva forma”.

II. FASE DE APLICACIÓN

Retomando la propuesta del capítulo 3, acerca del Diseño Invertido, se plantearon los objetivos y de acuerdo con ellos se hizo una primera propuesta de los contenidos curriculares.

a. OBJETIVOS

- Establecer semejanzas y diferencias entre diferentes fenómenos ondulatorios.
- Identificar y manipular las características de las ondas.
- Relacionar e interpretar las diferentes formas de representación de los fenómenos ondulatorios.
- Analizar la generación y propagación de las ondas electromagnéticas.
- Aplicar los conocimientos adquiridos en la clase física para resolver problemas del entorno académico de los estudiantes.

b. SECUENCIA TEMÁTICA

La secuencia que se siguió para impartir los temas en la práctica docente, fue:

1. Concepciones Previas de los Estudiantes, se obtuvieron a través de un examen diagnóstico y se completaron con una discusión grupal.

CONTENIDOS CURRICULARES (INICIAL)

Tema: Ondas Electromagnéticas e Interacción Radiación-Materia

1. Fenómenos Ondulatorios

2. Tipos de Ondas:

- a. Longitudinales
- b. Transversales

3. Parámetros de las Ondas:

- a. Periodo
- b. Frecuencia
- c. Amplitud
- d. Longitud de Onda
- e. Velocidad de propagación

4. Formas de Representación de las Ondas:

- a. Fenómeno Físico
- b. Modelo Pictórico
- c. Modelo Gráfico
- d. Modelo Algebraico

5. La Luz como una Onda

- a. Reflexión
- b. Refracción
- c. Difracción
- d. Polarización

6. Generación de Ondas Electromagnéticas

- a. Ley de Ampere
- b. Ley de Faraday
- c. Generación de Ondas Electromagnéticas

7. Energía en una Onda Electromagnética

- a. Índice de Radiación Solar
- b. Espectro Electromagnético
- c. Energía de cada Color

8. Interacción Radiación-Materia

9. Interacción Luz-Ojo

- a. Teoría Tricromática

10. Umbral Absoluto de la Modalidad Visual para la Visión Escotópica

- a. Método de Límites

Para ajustar los contenidos se dialogó con la supervisora, se tomaron en cuenta las observaciones de la tutora así como del profesor de Práctica Docente, en el sentido de que era demasiado lo que se pretendía abordar, por lo que se decidió realizar un segundo ajuste.

CONTENIDOS CURRICULARES (AJUSTADO)

Tema: Ondas, Luz y Visión

1. Fenómenos Ondulatorios

2. Tipos de Ondas:

- a. Longitudinales
- b. Transversales

3. Parámetros de las Ondas:

- a. Periodo
- b. Frecuencia
- c. Amplitud
- d. Longitud de Onda
- e. Velocidad de propagación

4. Formas de Representación de las Ondas:

- e. Fenómeno Físico
- f. Modelo Pictórico
- g. Modelo Gráfico
- h. Modelo Algebraico

5. Generación de Ondas Electromagnéticas

- d. Ley de Ampere
- e. Ley de Faraday
- f. Generación de Ondas Electromagnéticas

6. Umbral Absoluto de la Modalidad Visual para la Visión Escotópica

- a. Método de Límites

c. FORMA DE TRABAJO

i. El desarrollo de la clase se realizó en dos etapas, en la primera se trabajó en equipos de cuatro personas para que realizaran las actividades experimentales y discutieran entre ellas, la segunda etapa consistió en discusiones grupales, de tal manera que cada estudiante:

- ◆ Planteó hipótesis.
- ◆ Aprendió a argumentar y defender sus puntos de vista.
- ◆ Aprendió a ser tolerante con las ideas de sus compañeros.
- ◆ A través de la discusión, alcanzó consensos con sus compañeros.

ii. Con base en una postura empirista de la ciencia, se llevaron a cabo experimentos con lo que se generó la discusión entre los estudiantes, lo cual ayudó a cambiar sus concepciones previas.

A pesar de utilizar una postura empirista, no se pretende que los estudiantes obtengan la teoría a partir de las actividades experimentales, se debe tener presente que para poder interpretar un experimento se necesita de una teoría, por lo que las actividades experimentales sirven para que los estudiantes contrasten sus hipótesis, en algunos casos se generará conflicto cognitivo y en otros la generalización de sus ideas, lo importante es promover la evolución conceptual y el cambio metodológico.

iii. Con base en el punto i. El docente redondea las ideas expuestas por los estudiantes, afinándolas y/o corrigiéndolas, cuidando que no se divague en el grupo.

iv. Mostrando aplicaciones de las ondas electromagnéticas a la medicina, se suscita que los estudiantes realicen la transferencia de los conceptos físicos con problemas de su entorno. Se eligió este tipo de aplicaciones, debido a que se trabajó con un grupo de área II, la enseñanza de la física debe estar enfocada hacia ciencias de la salud.

d. ESPACIO EN EL AULA

De acuerdo con Loughlin y Suina (1997):

“El entorno físico del aprendizaje tiene dos elementos principales: la instalación arquitectónica y el ambiente dispuesto. Ambos interactúan para fortalecer o limitar la contribución del entorno al aprendizaje.....e influye en la conducta.”

Al observar que el grupo estaba conformado por **50 alumnos**, de los cuales **asistieron** a clase **46** y que en el laboratorio existen **20 mesas**, decidí agrupar equipos de cuatro integrantes en cada mesa. Recordando que en cualquier ambiente

de aprendizaje existen lugares que son infrautilizados y que la función del espacio estriba en facilitar el movimiento, los agrupamientos y las acciones de los alumnos,

Con la finalidad de optimizar el espacio, consideré que los materiales utilizados deberían estar en la mesa de trabajo del maestro para que fueran visibles a todos los estudiantes.

No se puede perder de vista, que la organización del espacio en el aula, implica disponer de todo el entorno para las actividades de aprendizaje y debe existir unidad entre el espacio de los estudiantes y el espacio del profesor.

Me parece que el ambiente espacial fue el adecuado, ya que entre los estudiantes hubo buena interacción y movilidad entre los actores educativos, facilitando los procesos de enseñanza y aprendizaje.

IV. FASE DE EVALUACIÓN

Como esta fase permea a todas las demás, quizá la primera decisión que se tomó fue la de diseñar una propuesta para estudiantes de área II, a ellos se les imparte una física con un enfoque hacia Ciencias de la Salud.

Con base en esta información, se revisó el programa de la asignatura, se eligió el tema de ondas y se buscaron aplicaciones del tema a colorimetría y al umbral de la modalidad visual, con la pretensión que los estudiantes realicen la transferencia de la física a su entorno académico

Una vez que se decidió lo anterior, se empezó a bosquejar el contenido temático y a tratar de ajustar al tiempo requerido en la práctica docente, a través del diálogo con la supervisora se acordó el momento de empezar, de tal manera que se interfiriera lo menos posible con su plan de clase, se procedió de la siguiente manera:

- ➔ Asistir a las clases de física del grupo durante algunas sesiones previas, con la finalidad de conocernos mutuamente y disminuir la tensión.
- ➔ Saber cuales son las actitudes de los alumnos hacia el aprendizaje de la física.
- ➔ Valorar el espacio en el aula.
- ➔ Buscar el momento oportuno de empezar a trabajar con el grupo.
- ➔ Ajustar los contenidos temáticos con la información recopilada.
- ➔ Elección de los materiales para las actividades experimentales.

A lo largo del desarrollo del tema se dialogó con la supervisora al final de cada clase, para analizar si se habían cumplido los objetivos y en su caso ajustar la metodología y los contenidos dependiendo de la respuesta de los estudiantes durante la clase.

También se realizó en cada clase una evaluación semiformal a los estudiantes durante la discusión en su equipo.

Me acercaba a cada mesa para escuchar la conversación y cuidar que no se divagara demasiado, en algún momento que observaba que se habían atorado les planteaba una pregunta para guiarlos en la discusión.

Durante la discusión con el grupo se pide que lean lo que habían apuntado en su cuaderno con el fin de evitar que retomaran ideas de los otros equipos, una vez que todos los equipos leyeron sus conclusiones, la discusión se da con mayor libertad promoviendo siempre que los estudiantes argumenten sus afirmaciones y buscando llegara un consenso que se aproxime a los conceptos físicos.

Se dejaron algunas tareas, para que los estudiantes reforzaran lo que se había discutido en clase.

Al final se aplicó un examen de opción. Sin embargo; me quedó la sensación que la evaluación sumativa quedó “corta”, considero que el examen es una parte de la evaluación, pero aún no se, si es la más importante.

A pesar de que los estudiantes estén motivados, entusiasmados y contentos con sus notas, ¿Cómo medir realmente lo que aprendieron? Y ¿Cómo saber que les va servir en sus estudios futuros?

RESULTADOS DE LA EVOLUCIÓN CONCEPTUAL

En el grupo estaban inscritos 50 alumnos, de los cuales asistieron en promedio 46, lo que da un porcentaje de **92% de asistencia**. Para fines de cálculos de porcentaje, se considerará solamente a los estudiantes que asistieron. Esto significa que el 90 %, se toma como el 100%.

De los alumnos que asistieron, entregaron tareas 42, por lo que se tuvo un **92% de entrega de tareas**.

Utilizando un cuestionario de opción, preguntas generadoras e interrogatorio dirigido, se obtuvieron los siguientes porcentajes:

- ⊕ Un estudiante, que representa aproximadamente el **2%, contestó correctamente**.
- ⊕ Cinco estudiantes, que representan aproximadamente el **12%, contestaron parcialmente correcto**.

✦ Treinta y seis estudiantes, que representan aproximadamente el **86%**, tuvieron las siguientes **concepciones previas** acerca de la luz y el color.

1. La luz está formada por los colores del arco iris.

“Por eso cuando llueve, se pueden ver los colores de la luz en el arco iris”

2. La luz viaja en el:

- a. Agua por medio de ondas.
- b. Aire por medio de ondas electromagnéticas.
- c. Vacío por medio de radiación.

En esta concepción se observa que los estudiantes piensan que el medio es el que determina las propiedades de la luz.

3. La luz viaja en el agua con mayor velocidad.

“Cuando la luz llega a una cascada, la arrastra el agua, por lo que se mueve con una mayor velocidad”

4. La luz sólo es percibida por los ojos.

“Los órganos que sirven para detectar la luz son los ojos, si no los ciegos no serían ciegos”

5. Sin luz, las células receptoras de mis ojos no funcionan.

“La luz hace que mis ojos funcionen, por eso puedo ver los objetos”

6. La luz se puede detectar con el tacto, cuando se transforma en energía calorífica.

“Cuando la luz se transforma en calor, calienta a los focos y puedo sentirla con mi piel”

7. El color con más energía es el rojo.

“Cuando se calienta un cuerpo, se pone rojo y tiene más energía”

8. El color con menos energía es el azul.

“El hielo tiene poca energía y se ve azul”

No tienen información acerca de:

9. La luz es una onda electromagnética.
10. Las ondas electromagnéticas se generan debido a la variación temporal del campo electromagnético.
11. La luz interacciona con la materia.
12. Existe una cantidad mínima de energía que los sentidos detectan.

EVOLUCIÓN CONCEPTUAL

Al final de la instrucción del tema, los estudiantes ya se referían a:

1. Una onda es una perturbación en un medio material o en el vacío.
2. Generalmente la velocidad de la onda, es diferente a la velocidad de las partículas del medio.
3. Las ondas transportan energía.
4. Las ondas al interactuar transfieren energía.
5. Existen dos tipos de ondas: Transversales y longitudinales.
6. La luz es una onda electromagnética y es de tipo transversal.
7. Una corriente eléctrica genera un campo magnético.
8. Un campo magnético variable genera un campo eléctrico.
9. Las ondas electromagnéticas se generan con la variación temporal del campo electromagnético.
10. El color que percibimos depende de la longitud de onda de la radiación electromagnética.
11. Las ondas electromagnéticas al interactuar con la materia transfieren energía.
12. Hay interacción entre la luz y la materia.
13. Existe un voltaje mínimo aplicado al foco que el ojo humano puede detectar.
14. El umbral absoluto de la modalidad visual, depende del color.

15. El color con menor umbral es el rojo.

16. El umbral y la sensibilidad son cosas diferentes.

Además de lograr cambios conceptuales, los estudiantes presentaron los siguientes cambios axiológicos:

- Tolerancia por las ideas expuestas por sus compañeros.
- Aprendieron a escucharse, sin descalificarse.
- Respeto hacia sus compañeros y sus ideas.
- Argumentar sus hipótesis.
- Trabajar en equipo.

Como todo cambio cuesta trabajo, al inicio los estudiantes se mostraban reacios a formar equipos con personas que no eran considerados “amigos”. Sin embargo, considero que aprendieron a valorarse como seres importantes, aceptándose como compañeros de equipo y mejorando su interacción.

Lo que pienso que me faltó durante la práctica docente, fue realizar la evaluación acorde a la forma de trabajar, quizá elaborar los instrumentos de evaluación sea más difícil que preparar el plan de clase o a los docentes también nos cuestan los cambios.

Espero que con la teoría que nos han impartido en la clase de psicopedagogía aprenda a elaborar instrumentos adecuados para alinear la evaluación con la forma de enseñar.

CONCLUSIONES

Los conocimientos adquiridos en la MADEMS-FÍSICA, permitieron identificar que la problemática de la enseñanza de la física en el bachillerato es compleja y multifactorial, ya que influye:

- La concepción pedagógica con la que se trabaja en el aula.
- Los contenidos curriculares.
- Los modelos de enseñanza que se utilizan en el aula.
- La etapa piagetiana de desarrollo cognitivo de los estudiantes.
- Su zona de desarrollo próximo.
- Los intereses y necesidades académicas de los actores educativos.
- Los valores que como profesor se modelan.

El andamiaje que se construyó con los tres ejes de formación de la MADEMS-FÍSICA: disciplinaria, psicopedagógica y socio-ética-educativa, proporcionó la formación suficiente y necesaria para elaborar una propuesta de solución a los problemas planteados en el capítulo 1.

La propuesta psicopedagógica construida, se denominó: **Concepción Didáctica Analógica** para los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Con base en esta propuesta se diseñó una secuencia de actividades que contiene un fuerte trabajo experimental y su aplicación en el aula permitió que los estudiantes estuvieran en contacto con el objeto de estudio, con lo que se facilitó el **cambio metodológico**.

En cada actividad de la secuencia, se generó la discusión activa entre los actores educativos, se contrastaron sus concepciones previas y cuando fue necesario se modificaron, con lo que los estudiantes adquirieron aprendizajes significativos y se impulsó el **cambio conceptual**.

Al haber mayor reflexión, se incrementó la actividad cognitiva y metacognitiva, lo cual llevó a los actores educativos a generar preguntas más profundas, ya no fue suficiente reproducir las respuestas conocidas, por lo que se propició el **cambio epistemológico**.

Además se fomentó en los estudiantes:

- ➔ La responsabilidad, el 92% asistieron a clase, llevaron el material solicitado y cumplieron con las actividades.
- ➔ El trabajo en equipos colaborativos, generándose el intercambio de información académica, dando como consecuencia una discusión con argumentos.
- ➔ La construcción del conocimiento a través de la socialización entre pares académicos.
- ➔ El respeto y tolerancia por las ideas expuestas en el aula, cuando se dieron cuenta que todas las ideas eran valiosas, reflexionaron para argumentar su acuerdo o desacuerdo.

Estos cuatro aspectos sirvieron para promover el **cambio actitudinal** y modelar **valores**.

En cuanto a los contenidos curriculares:

- Se cumplieron los objetivos planteados, el diseño de cada actividad facilitó el trabajo en el aula y permitió la regulación del tiempo.
- Al utilizar los cambios de representación para los fenómenos ondulatorios, se llevó a buen término la evolución conceptual.
- Con los problemas de colorimetría y de umbral absoluto, los estudiantes se motivaron y se dieron cuenta que la física se puede aplicar a problemas de su mundo cotidiano y de su mundo escolar.

Cabe señalar que la metodología de trabajo, se ha seguido utilizando en el aula con los diferentes temas y ha mostrado sus bondades a lo largo del programa de física, para llevarlo a cabo se requiere el compromiso por parte del docente de diseñar el plan de clase, desde luego debe adaptarlo a sus necesidades y características del grupo.

Sin embargo; el esfuerzo vale la pena, ya que el índice de reprobación disminuyó de manera considerable (10 % de reprobados en el curso normal, incluyendo a los desertores).

Por lo tanto, pienso que el docente de la enseñanza media superior debe contar con una:

1. *Sólida formación en la asignatura que impartimos.*
2. *Constante actualización.*

3. *Cultura general amplia, para poder guiar a los estudiantes.*
4. *Educación en valores, para poderlos transmitir.*
5. *Formación acerca del desarrollo del ser humano, para entender y guiar a los estudiantes.*
6. *Formación Psicopedagógica, para proponer alternativas de interacción acordes con las características de cada grupo.*
7. *Planeación del curso para regular el tiempo y la profundidad de los temas.*
8. *Visión integral de lo que es trabajar en equipo y como colegio buscar alternativas de los procesos de enseñanza y aprendizaje.*
9. *Actitud reflexiva y crítica para evaluar la metodología utilizada en el aula y los resultados obtenidos.*
10. *Mayor interacción académica en cada plantel.*

En lo personal considero que la MADEMS, me dio una sólida formación para estar en constante búsqueda de nuevas formas de enseñar, de diseñar y construir actividad teórica y experimental en el aula y empezar a realizar investigación educativa, siempre con la finalidad de ser mejor docente, mejor ser humano, cuyo proyecto de vida es la docencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso, G. (2002). *Psicología*. España, Mc Graw-Hill.
2. Alonso, M. y Finn, E. *Física Volumen II: Campos y Ondas*, Fondo Educativo Interamericano, México, 1976.
3. Arranz, A. (2007). *Comunicación privada*, curso "Color", impartido en la Fac. de Ciencias, UNAM.
4. Arredondo, V. (1975). *Modelos de Enseñanza*. México, CISE UNAM.
5. Bachelard, G. (2001). *El compromiso racionalista*. México. Siglo XXI Editores.
6. Beuchot, M. (2005). *Perfiles esenciales de la hermenéutica*. México, UNAM.
7. Beuchot, M. (2005). *Tratado de hermenéutica analógica. Hacia un nuevo modelo de interpretación*. México, UNAM-Itaca.
8. Beuchot, M. y Velasco, A. (2001). *Perspectivas y horizontes de la hermenéutica en las humanidades el arte y las ciencias*. México, UNAM.
9. Black, P., *Evaluation and assessment*. King's College London*.
10. Blanco, M. (1996). *Psicofísica*. Madrid, Universitas.
11. Bohoslavsky, R. (1975). *Psicopatología del vínculo profesor-alumno: El profesor como agente socializante*. Argentina, Axis.
12. Braun, E. (1998). *El saber y los sentidos. La ciencia para todos # 73*. México, FCE.
13. Bravo, S. (1997). *La ciencia su método y su historia*. México, Instituto de Geofísica, UNAM.
14. Bruce, V. y Gree, P. (1994). *Percepción visual. Manual de fisiología, psicología y ecología de la visión*. Barcelona, Paidós.
15. Centro Educativo Tanesque. (2004). *Planeación en Base a la Comprensión (Diseño Invertido)*. México.
16. Chalmers, A. (1984). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* México, Siglo XXI.

* Artículos consultados en la página web: www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/ Connecting Research in Physics Education with Teacher Education An ICPE International Commission on Physics Education 1997, 1998.

17. Coleman, J.C. (1994). *Psicología de la adolescencia*. Madrid, Morata.
18. Conde, N. (2005). *Hermenéutica analógica y formación docente*. México, Torres Asociados.
19. Coon, D. (2001). *Fundamentos de Psicología*. México, Thomson.
20. Cooper, J. (2003), *Estrategias de enseñanza: Guía para una mejor instrucción*, 8ª reimpresión. México, Limusa.
21. Crawford, F. (1994), *Ondas, Berkeley physics course-volumen 3*. España, Reverté.
22. Crease, P. (2006). *El prisma y el péndulo, los diez experimentos más bellos de la ciencia*. Barcelona, Crítica.
23. De Cudmani, L., et al. (2000). *Hacia un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias*. Enseñanza de las Ciencias, v. 18. España.
24. di Sessa, A., (1983). *Phenomenology and evolution of intuition*, in *Mental Models*, Ed. Genter, D. & Stevens A., Lawrence Erlbaum Associates, publishers.
25. Díaz-Barriga, F. y Hernández, G. (2002). *Estrategias para un aprendizaje significativo*. México, Mc Graw Hill.
26. Einstein, A. e Infeld, L. (1986), *La evolución de la Física*, Barcelona, Salvat.
27. Eggen, P., Donald, K. (2002), *Estrategias Docentes: Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento*. México, FCE.
28. Espinosa, R. et al (2001). *Manual de secuencias didácticas para los nuevos programas de física*. México, ENP.
29. Feynman y Leighton, *Física volumen II: Electromagnetismo y Materia*, Addison-Wesley Interamericana, Delaware, EUA, 1987.
30. Flavell, J. (1985). *Desarrollo cognitivo*. Madrid, Visor.
31. French, A., *The nature of physics*, Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA. USA.
32. Furió, C., (1996). *Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias*. Alambique. España, Grao.
33. Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001), *Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto del modelo didáctico analógico*. Enseñanza de las ciencias, v. 19. España.

34. García, G. (1975). *La relación pedagógica como vínculo liberador*. Argentina, Axis.
35. Gargallo, B. (2000). Procedimientos, estrategias de aprendizaje su naturaleza, enseñanza y evaluación. Valencia, Tirant lo Blanche.
36. Garrido, I. (1986). La motivación escolar: determinantes sociológicos y psicológicos del rendimiento. En J. Mayor (Ed.): *Sociología y Psicología de la Educación*. Madrid, Anaya.
37. Gilabert, E. (2002). Medida del color. España, Universidad Politécnica de Valencia.
38. Gil-Perez, D., y Pessoa, A., *Physics teacher training: analysis and proposals*. University of Valencia Spain and University of São Paulo, Brazil*.
39. Gunstone, R. y White R., *Teachers' attitudes about physics classroom practice*. Monash University, Australia*.
40. Haaser, R. y LaSalle J. (1979). Análisis matemático 1. México, Trillas.
41. Hecht, E. (2000). Óptica. Madrid, Pearson Education.
42. Hernández, P. (1995). Diseñar y enseñar. Narcea.
43. Hernández, R., (2002). Aprendamos a elaborar exámenes escritos. Costa Rica, EUNED.
44. Hewson, P., et al. (1998). *Teaching for conceptual change*, in International Handbook of science education, Ed. Fraser, B., Tobin, K., Kluwer Academic Publishers.
45. Hierrezuelo, M. Y Montero, M. (1989). *La ciencia de los alumnos*. Cuadernos de Pedagogía. Barcelona, Laia
46. Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo en laboratorio. Enseñanza de las ciencias. V. 12, Nº 3, pp. 299-313.
47. Inhelder, B. y Piaget, J. (1954). De la lógica del niño a la lógica del adolescente. Buenos Aires, Paidós.
48. Jiménez, M., (1999). *Modelos Didácticos*. Universidad de Santiago Compostela, Alambique.
49. Krieger, M., *The physicist's toolkit*. University of Southern California. Los Angeles, California 90089-0042. (Received 27 August 1986; accepted for publication 23 January 1987)*.

50. Larocque, G. (1988). *Teorías de la comunicación contra teorías del aprendizaje*. México, Perfiles Educativos # 40, CISE-UNAM.
51. Ley-Koo, E. "Líneas físicas de fuerza: uno de los bebés de Faraday, ahijado de Maxwell". *Michael Faraday: Un Genio Experimental*. Fondo de Cultura Económica, México, 1995.
52. Lijnse, P., *Curriculum development in physics education*. Centre for Science and Mathematics Education, Utrecht University, The Netherlands*.
53. Lillo, J. (1993). *Psicología de la Percepción*. Madrid, Debate.
54. Litwin, E. et al, (2001). *La evaluación: campo de controversias y paradojas o un nuevo lugar para la buena enseñanza*, en *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*. Barcelona, Paidós.
55. Loughlin, C., Suina, J. (1997). *El ambiente de aprendizaje: Diseño y organización*. España, Morata.
56. Martí, E. y Onrubia, J. (1997). *Psicología del desarrollo: el mundo del adolescente*, vol. VIII, Barcelona, ICE/Horsori.
57. Mc. Donald, S. & Burns, D. (1989), *Física para ciencias de la vida y salud*, México, Addison-Wesley Iberoamericana.
58. Meece, J. (2000). *Desarrollo del niño y del adolescente para educadores*. México, Mc Graw Hill.
59. Meyer-Arendt, J. (1995). *Introduction to classical and modern optics*. USA, Prentice-Hall, Inc.
60. Millar, R., *Students understanding of the procedures of scientific enquiry*, University of York, U.K*.
61. Morán, P. (2004). *La docencia como recreación y construcción del conocimiento*. México, Perfiles Educativos, v. XXVI, CISE-UNAM.
62. Morris, Ch. y Maisto, A. (2005). *Psicología*. México, Pearson.
63. Mota, M. y Espinosa, R. (1989). *Circuitos Eléctricos*. México, UNAM: ENP.
64. Nieto, J., (2001). *La autoevaluación del profesor. Cómo evaluar y mejorar su práctica docente*. Barcelona, Cisspraxis.
65. Papalia, D. y Olds, W. (1998). *Psicología*, México, Mc Graw Hill.
66. Pérez, M. y Moreno, J., (1998). *Evaluación y detección de dificultades en el aprendizaje de física y química en el segundo ciclo de ESO*.

67. Pozo, J. I. y Gómez, M. A. (2001). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid, Morata.
68. Pozo, J., (1996). *Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van... y mientras tanto que hacemos con ellas*. Alambique, España, Grao.
69. Quesada, R. (2003). *Cómo planear la enseñanza estratégica*. México, Limusa.
70. Rioseco, M. (1991). Los intereses de los alumnos en Física y Tecnología en una perspectiva curricular. Segundo Congreso Nacional de Enseñanza de la Física CONENFI II, Instituto Profesional de Santiago.
71. Rossing, T. y Chiaverina, C. (1999). *Light science, physics and the visual arts*. USA, Springer.
72. Rubio, C., (2000). *Educación moral, postmodernidad y democracia. Más allá del liberalismo y del comunitarismo*. España, Trotta.
73. Ruiz, A., (2002). *La Escuela Pública, El papel del estado en la educación*. España, Biblioteca Nueva.
74. Scott, P., Driver, R., *Teaching for conceptual change: a review of strategies*. Children's Learning in Science Research Group University of Leeds, UK*.
75. Serway, R. y Faughn, J. (2001). *Física*. México, Prentice Hall.
76. Strike, K., y Posner, G., (1992). *A revisionist theory of conceptual change*, in *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practice*, Ed. Dusch, R., Hamilton, R., State University of New York Press.
77. Shevell, S. (2003). *The Science of color*. Chicago, Elsevier.
78. Torp, L. y Sage, S. (1998). *El aprendizaje basado en problemas*. Argentina, Amorrortu.
79. Varela, P. et al (1993). *Iniciación a la Física en el Marco de la Teoría Constructivista*. España, Ministerio de Educación y Ciencia.
80. Viento, L. (2002). *Razonar en física*. Madrid, A. Machado Libros.
81. Vygotsky, S. (1988). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. México, Grijalbo.
82. Vygotsky, S. (1991). *Psicología, Pensamiento y Lenguaje*. México, Alfa Omega.
83. Wilson, D. *Física*, (1996). México, Prentice Hall.
84. Zarzar, Ch. (1997). *Habilidades básicas para la docencia*. México, Patria.