



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

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

FACULTAD DE CIENCIAS

**“MULTIMEDIA PARA EL ESTUDIO DE LA
NATURALEZA DUAL DE LA LUZ EN EL
BACHILLERATO”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

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

PRESENTA

JONÁS TORRES MONTEALBÁN

DIRECTORA DE LA TESIS: M. en C. MARÍA SABINA RUIZ CHAVARRÍA

MÉXICO, D.F.

ABRIL, 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

JURADO ASIGNADO

DR. JORGE RAFAEL BAROJAS WEBER,	FACULTAD DE CIENCIAS	UNAM
M. en C. MARIA SABINA RUIZ CHAVARRÍA,	FACULTAD DE CIENCIAS	UNAM
M. en C. IGNACIO CAMPOS FLORES,	FACULTAD DE CIENCIAS	UNAM
DR. LUIS FERNANDO MAGAÑA SOLÍS,	INSTITUTO DE FÍSICA	UNAM
M. en Psic. MARQUINA TERÁN GUILLÉN,	FACULTAD DE PSICOLOGÍA	UNAM

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
ÍNDICE	I
RESUMEN	V
INTRODUCCIÓN	VII
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. Enseñanza estratégica	1
1.2. Constructivismo	2
1.3. Aprendizaje significativo	3
1.4. Modelos de enseñanza	5
1.4.1. El modelo inductivo	5
1.4.2. El modelo deductivo	7
1.4.3. El modelo de grupo cooperativo	9
1.4.4. El modelo estratégico	10
1.5. Propuesta didáctica	13
1.5.1. Los multimedia en el proceso enseñanza-aprendizaje	15
1.5.2. Planeación docente	16
1.5.3. Elaboración del material didáctico	18
1.6. Evaluación	21
CAPÍTULO II	27
CONTENIDOS DE FÍSICA SOBRE LA DUALIDAD DE LA LUZ	27
2.1. Importancia del estudio de la naturaleza dual de la luz en el bachillerato	27
2.2. Elementos de filosofía para la propuesta didáctica	29
2.3.- La historia en la enseñanza de la física	31
2.3.1.- Algunos datos históricos y la luz.	31
2.4. Ondas, luz e interferencia	34
2.4.1. Ondas mecánicas	34
2.4.2. Ondas longitudinales y ondas transversales	34
2.4.3. Reflexión, refracción y reflexión interna total	36
2.4.4. Interferencia	38
2.4.5. Difracción	40
2.5. Las ondas electromagnéticas	41
2.5.1. El espectro electromagnético	42
2.5.2. Fuentes generadoras de ondas electromagnéticas	43
2.6. Espectros de emisión	46

2.6.1. El núcleo atómico de Rutherford	47
2.6.2. El átomo de hidrógeno de Bohr	48
2.7. Fuentes de luz	50
2.7.1. Cuerpos luminosos en la Naturaleza	51
2.7.2. Las estrellas como fuentes de luz	53
2.7.3. Fuentes incandescentes	54
2.7.4. Fuentes fluorescentes	55
2.7.5. Fuentes fosforescentes	56
2.7.6. El antecedente del láser: el máser	57
2.7.7. EL láser	58
2.7.8. Hologramas	61
2.8. Fotones	62
2.8.1 Hipótesis de Planck “radiación de cuerpo negro”	62
2.8.2 Ecuación de Einstein “el efecto fotoeléctrico”	63
CAPÍTULO III	73
PROPUESTA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	73
3.1. Planteamiento del problema y justificación	73
3.2. Objetivo	76
3.3. Modelo estratégico	76
3.3.1. Introducción	77
3.3.2. Pre-Test	77
3.3.3. Presentación	77
3.3.4. Prácticas guiadas	77
3.3.5. Representaciones	78
3.3.6. Retroalimentación	78
3.3.7. Post-Test	78
3.3.8. Criterios de control	78
3.3.9. Proyectos caseros	79
CAPITULO IV	81
MATERIAL DIDÁCTICO	81
4.1. Aplicación del modelo de enseñanza	81
4.2. Descripción de las actividades que constituyen el material didáctico	81
SECCIÓN I: ONDAS, LUZ E INTERFERENCIA	85
Actividad 1. Ondas longitudinales y transversales: <i>Resorte y cuba de ondas</i>	86
Actividad 2. Observación de la luz en diferentes medios: <i>Índice de refracción</i>	90
Actividad 3. Reflexión total interna: <i>Láser y agua</i>	93
Actividad 4. Interferencia y difracción de la luz: <i>El láser y pequeños obstáculos</i>	95
Actividad 5. Cualidades del sonido: <i>Instrumentos musicales y</i>	99

<i>diapasón</i>	
SECCIÓN II: ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	107
Actividad 6. <i>Dispersión de la luz: Composición de la luz blanca</i>	108
Actividad 7. <i>La atmósfera y las actividades agrícolas: Sensor de luz UV (ultravioleta)</i>	110
Actividad 8. <i>Recepción de ondas de radio: Construcción de un radio cristal</i>	114
SECCIÓN III: ESPECTROS DE EMISIÓN	121
Actividad 9. <i>Marcha de cationes: Combustión de cloruros</i>	122
Actividad 10. <i>Espectroscopia. Construcción de un simple espectroscopio</i>	125
Actividad 11. <i>Espectro de emisión: Tubos de descarga</i>	127
Actividad 12. <i>Los átomos: Series de Balmer para el átomo de hidrógeno</i>	129
SECCIÓN IV: FUENTES DE LUZ	137
Actividad 13. <i>Medición Iluminación: Sensor de luz y fuentes luminosas</i>	138
Actividad 14. <i>Balance de energía: Lámpara incandescente y fluorescente</i>	140
SECCIÓN V: FOTOCELDA	145
Actividad 15. <i>Efecto fotoeléctrico: Construcción de una fotocelda</i>	146
Actividad 16. <i>Descarga de un electroscopio: Electroscopio y luz ultravioleta</i>	150
Actividad 17. <i>Circuitos fotoeléctricos: Arreglo de fotoceldas en serie y paralelo</i>	152
Actividad 18. <i>Aplicaciones tecnológicas: Motor fotoeléctrico</i>	154
Actividad 19. <i>Aplicaciones tecnológicas: Fotorresistencias</i>	156
Actividad 20. <i>Medición del espesor óptico: Construcción de un fotómetro</i>	158
CAPÍTULO V	165
PRÁCTICA DOCENTE	165
5.1. <i>Resultados</i>	167
5.2. <i>Análisis de resultados</i>	175
CONCLUSIONES	177
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	181
BIBLIOGRAFÍA	181
PÁGINAS DE INTERNET	184
ANEXOS	185
ANEXO A. <i>Criterios de control</i>	185
ANEXO B. <i>Productos académicos</i>	195

RESUMEN

Propuesta didáctica que hace uso de multimedios para el estudio de conceptos de física al nivel bachillerato. Consiste en cinco capítulos que relacionan la enseñanza estratégica y el uso de las nuevas tecnologías para poder apoyar a los estudiantes en el logro de aprendizajes sobre la naturaleza dual de la luz.

El **Capítulo I** define el *marco teórico* donde se examinan las estrategias didácticas utilizadas.

El **Capítulo II** identifica los *contenidos de la física* para cada actividad de acuerdo a la estructura jerárquica (significatividad lógica y psicológica) de los tópicos a estudiar.

El **Capítulo III** describe la *propuesta de enseñanza estratégica* donde se reflexiona sobre las dificultades en la enseñanza de la física y la importancia de la propuesta.

El **Capítulo IV** instrumenta el *material didáctico* con 20 actividades experimentales donde se utilizan multimedios.

El **Capítulo V** describe las actividades desarrolladas en las **Prácticas Docentes I, II, III** de la MADEMS y los resultados.

Finalmente, las **conclusiones** a las que se llegó al instrumentar la propuesta y las recomendaciones para que el material esté disponible para su validación y de esta manera, considerar la importancia de desarrollar trabajos que utilicen recursos tecnológicos con una carga didáctica fundamentada en la enseñanza estratégica y el uso de los multimedios.



INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene la finalidad de apoyar el aprendizaje de conceptos relacionados con la naturaleza *onda-partícula* de la luz en el bachillerato. Mediante una propuesta didáctica diseñada e instrumentada con base en la *enseñanza estratégica*. Se pretende que los estudiantes desarrollen habilidades de pensamiento que los conviertan en aprendices autosuficientes estimulando el aprendizaje significativo de los conceptos estudiados, **figura 1**.

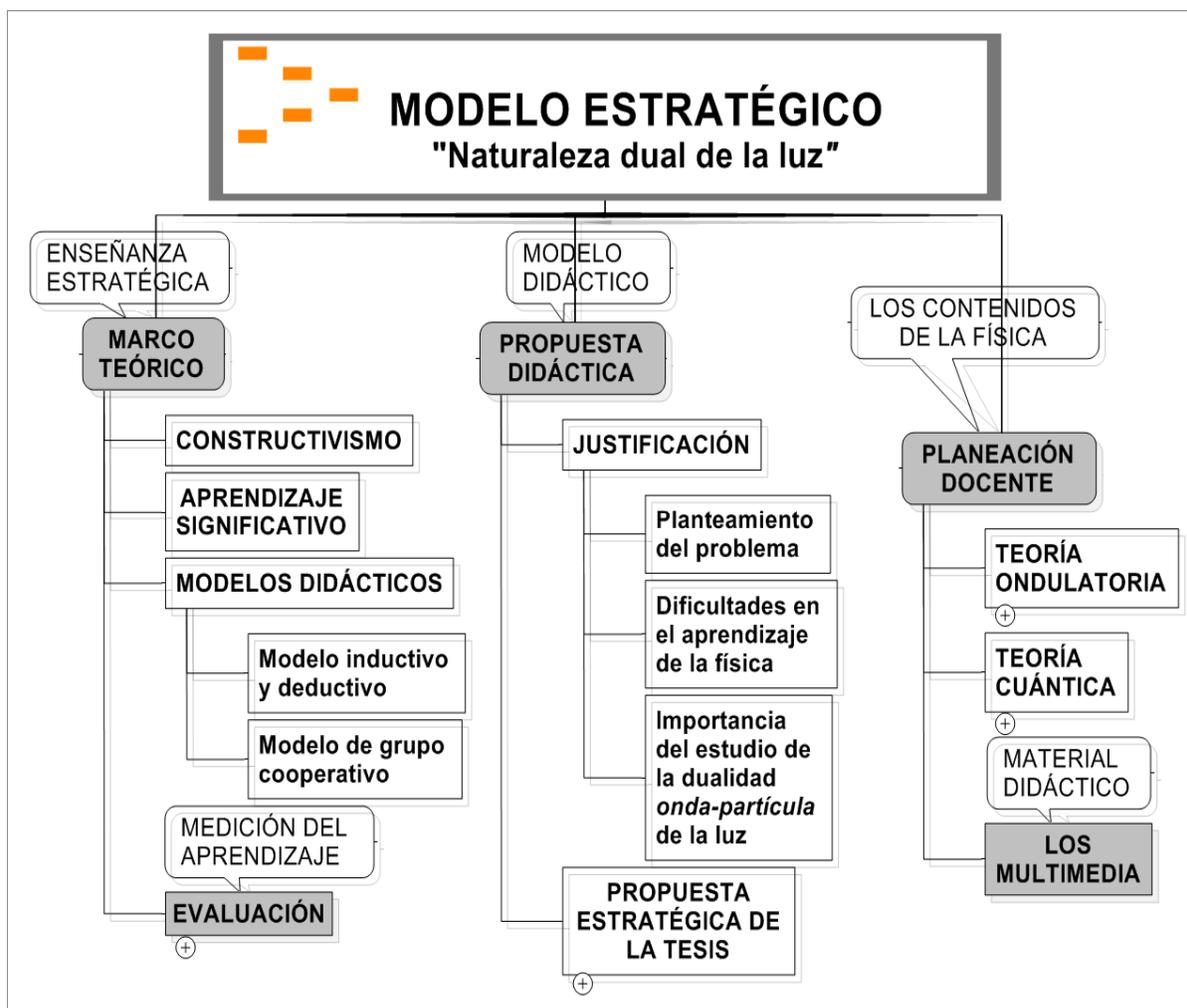


Figura 1.- Modelo estratégico diseñado e instrumentado en este trabajo de tesis.

Considerando que el aprendizaje significativo se entiende dentro del modelo de procesamiento de la información, en el cual las personas unen y organizan la información del medio a fin de formar patrones útiles que puedan emplearse para explicar y predecir fenómenos determinados.

Con base en lo anterior se estructuraron los contenidos a estudiar sobre la naturaleza de la luz en *significatividad lógica y significatividad psicológica*, mediante una secuencia clara y articulada de los conceptos que permita a los estudiantes asimilarlos. La primera estructura significativa se atendió organizando los temas de lo simple a lo complejo, de

lo conocido a lo desconocido; mientras que la segunda se atendió vigilando que la estructura cognitiva de los estudiantes contara con los elementos pertinentes para relacionar el nuevo aprendizaje con sus conocimientos previos.

Para el logro del aprendizaje significativo se tomó en cuenta: los conceptos previos que el alumno tiene, la estructuración significativa del contenido (la jerarquización de los conceptos) y también la planeación docente que facilite las relaciones entre el conocimiento previo del alumno con el nuevo aprendizaje. En la planeación docente, se desarrolló un material didáctico que hace uso de algunos recursos tecnológicos de actualidad y que es parte sustancial del trabajo de tesis.

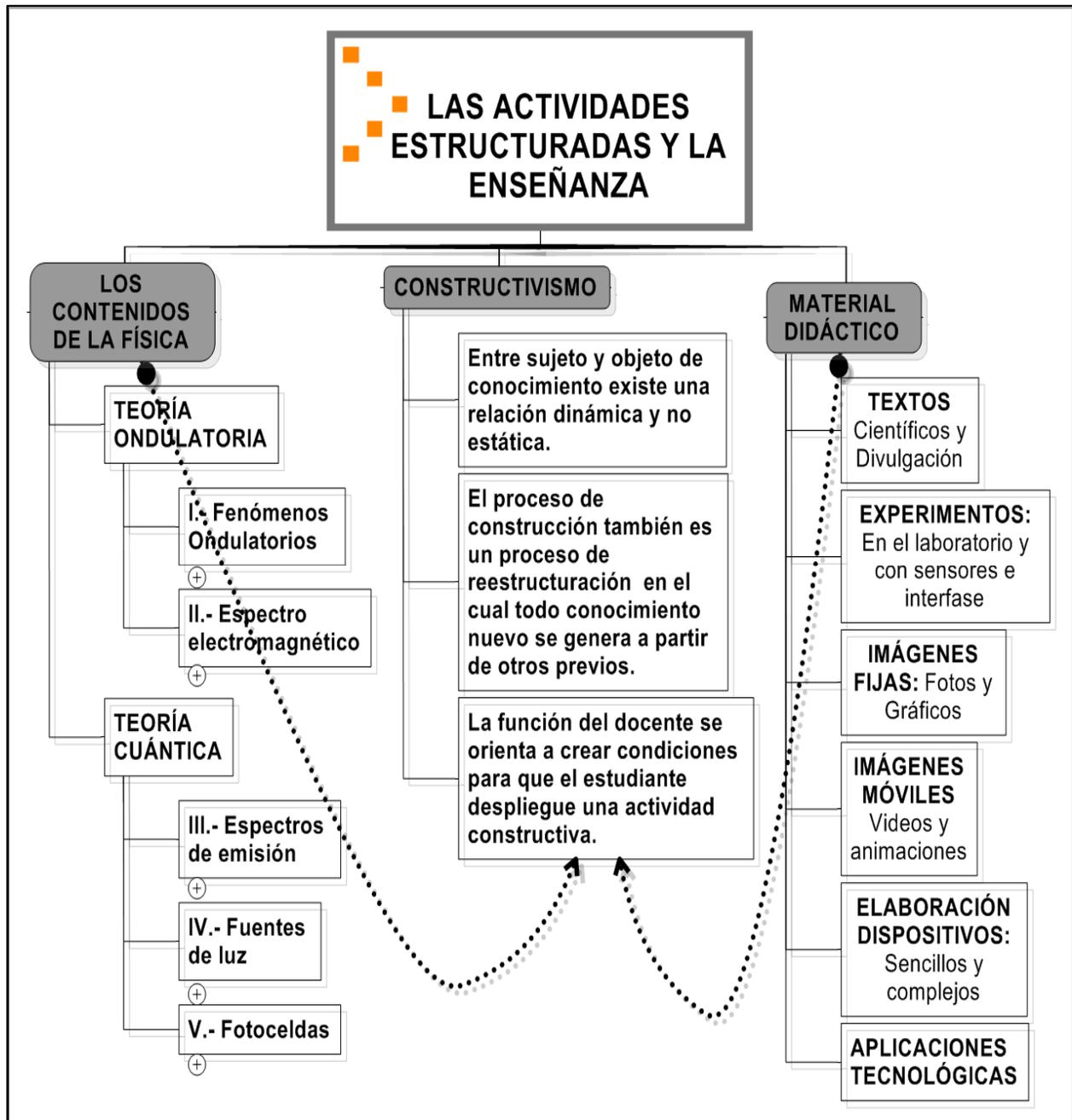


Figura 2.- Modelo estratégico diseñado e instrumentado en el trabajo de tesis.

En la **figura 2**, se muestra la relación entre las actividades estructuradas significativamente, el material didáctico desarrollado y el constructivismo como base de un postura epistemológica, donde el conocimiento desarrollado por los estudiantes no resulte de una mera copia de la realidad preexistente, sino de un proceso dinámico e interactivo por medio del cual la información proporcionada al estudiante se interpreta y éste a su vez construya progresivamente modelos más complejos necesarios para la comprensión de los conceptos estudiados.

Esto quiere decir, que la propuesta descrita está diseñada para ayudar a los docentes a que sus estudiantes logren aprendizajes al nivel de la **comprensión** y no al nivel de la **memorización**, que prevalece actualmente en las escuelas de nivel bachillerato.

Entendiéndose que la comprensión le permite al estudiante dar explicaciones, encontrar pruebas y ejemplos, generalizar, aplicar, hacer analogías y presentar el concepto de una nueva forma o representación (Eggen, 2005).

La evaluación constituye otro elemento importante en este trabajo pues, sirve de punto de partida para la reflexión de las estrategias de enseñanza-aprendizaje, esto ayudó a mejorar continuamente el trabajo de tesis. Se puede evaluar prácticamente todo: aprendizajes, enseñanza, contenidos curriculares, propuesta pedagógica, etc. Se debe tener conocimiento teórico y práctico del modo en que se aprende y se enseña; del por qué y cuándo evaluar (Díaz-Barriga, 2002).

A continuación se describen cada uno de los capítulos que constituyen este trabajo, con el fin de explicar el diseño e instrumentación en la práctica de una propuesta didáctica que integra la *enseñanza estratégica* de manera que los alumnos asimilen los conceptos relacionados con la dualidad de la luz y desarrollen habilidades necesarias para aprender a aprender con base en el *constructivismo*, el *aprendizaje significativo* y los *modelos didácticos*. Además, proporcionar a los docentes una forma sencilla, para planear, hacer uso de las nuevas tecnologías y ejecutar sus clases bajo un modelo estratégico.

En el **Capítulo I** se establece el **Marco Teórico** donde se examinan estrategias conceptuales diseñadas para incrementar los logros de los estudiantes en sus habilidades de pensamiento. Esta participación activa resulta tanto en una mayor comprensión de los contenidos estudiados. Los modelos de enseñanza presentados en este capítulo son la base de la propuesta de tesis, con los cuales se propicia la participación activa de los alumnos en el proceso de tomar la información y transformarla mentalmente en formas organizadas y comprensibles.

En el **Capítulo II** se articularon los temas para cada actividad de acuerdo a la estructura jerárquica de los contenidos a estudiar, de manera que cada sección temática se va integrando significativamente para facilitar el aprendizaje de los conceptos. Está **Planeación Docente** se divide en 5 secciones que corresponden a la *teoría ondulatoria* y la *teoría cuántica de la luz*, como se muestra en la **figura 3**.

En el **Capítulo III** se presenta la **Propuesta de Enseñanza-Aprendizaje**, en la cual se hace el planteamiento del problema, se reflexiona sobre las dificultades en la enseñanza de la física y la importancia del estudio de la naturaleza *onda-partícula* de la luz en el bachillerato.

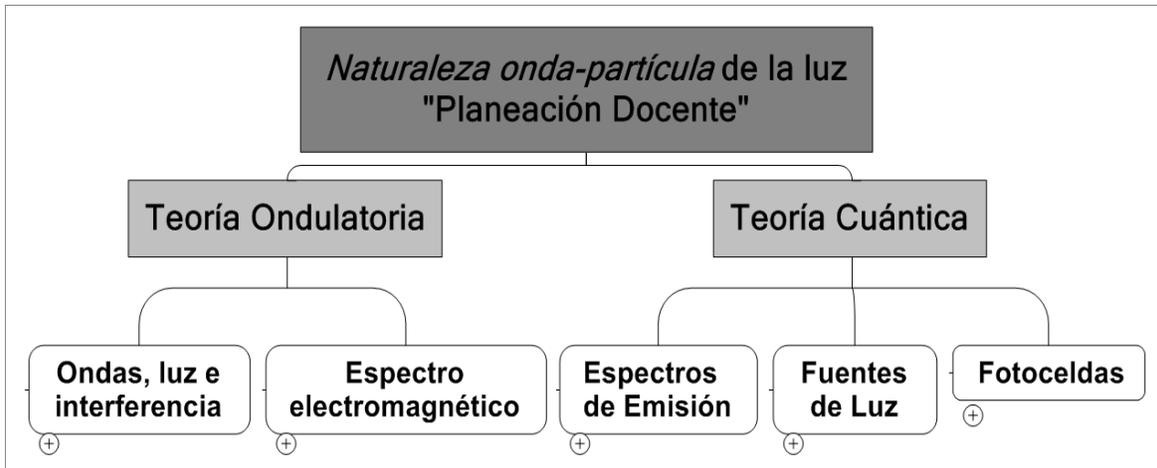


Figura 3.- Los contenidos de la física a estudiar.

En el **Capítulo IV** se describe el **material didáctico** de acuerdo al modelo estratégico propuesto, la planeación docente y los recursos propuestos. Las 20 actividades propuestas en este material son fundamentales, debido a que se parte de *variables macroscópicas* para después de una serie de procedimientos de todo tipo en cada experimento poder presentarlas y relacionarlas con *variables microscópicas*. Esto está fundamentado en una estructura potencialmente significativa de los conceptos en cada una de las actividades, que va de lo simple a lo complejo, aumentando el nivel de abstracción. En este sentido, el logro del aprendizaje significativo tuvo que ver con la organización y relevancia de los conceptos; y del diseño y desarrollo de los multimedia propuestos en el material didáctico. Es aquí donde se puso mucha atención en que se facilitaran las relaciones entre conocimientos que ya tenían los estudiantes principalmente sobre la teoría ondulatoria de la luz y los nuevos conceptos estudiados sobre la teoría cuántica de la luz.

En el **Capítulo V** se describen las actividades desarrolladas en las **Prácticas Docentes I, II, III** y los resultados de la propuesta con su análisis. En donde se consideran elementos de evaluación diagnóstica, formativa y sumativa tales como: guías de criterios, rúbricas, el pre-test y el post-test, los resúmenes, cuestionarios, hojas de trabajo y mapas conceptuales de los alumnos y se hace una comparación, sobre los elementos iniciales para cada sección y los avances que tuvieron los alumnos. Los resultados obtenidos tiene que ver con los cursos de **física II** (teoría ondulatoria) de la Preparatoria de la UACH y los bachilleratos de la UNAM; **física III** (teoría cuántica) en la Preparatoria de la UACH y **física IV** (sistemas ópticos) bachilleratos de la UNAM, apoyando así los contenidos de temas que no se tocan o no son tratados adecuadamente a este nivel, como son los relacionados con física cuántica, específicamente la *cuantización de la energía* y el *efecto fotoeléctrico*. El material didáctico favoreció el trabajo cooperativo y de discusión; la prueba del mismo y de la propuesta estratégica de la tesis fue desarrollada en el **Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Oriente** de la UNAM y en la **Preparatoria Agrícola** de la UACH, durante las prácticas docentes de la **MADEMS** en el periodo 2006-2007.

En la última parte se describen las **Conclusiones** a las que se llegó estableciendo los alcances de este trabajo, las dificultades para su desarrollo, la utilidad del material didáctico y la importancia del mismo, así como las recomendaciones a desarrollar en el futuro encaminadas a la validación del recurso por otros medios a fin de poder determinar si enseña lo que se pretende.

Finalmente, es importante considerar que los recursos utilizados para la realización del material didáctico, requirió del trabajo constante en el desarrollo de habilidades informáticas: digitalización de imágenes, video, sonido, creación de animaciones, la implementación de una plataforma de navegación, uso adecuado software y hardware para diferentes aplicaciones; así como la experimentación con materiales de laboratorio y el manejo de sensores e interfases para la captura de datos. El **Anexo A** muestra rúbricas, cuestionarios y otros elementos desarrollados por los estudiantes durante la implementación de la propuesta. El **Anexo B** presenta productos académicos (ponencias) como parte de la evolución del trabajo de tesis y que resume etapas importantes de la tesis: *conceptualización, implementación y consolidación*.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

El objetivo de este capítulo es describir los conceptos y procedimientos que integran la propuesta didáctica sobre el estudio de la naturaleza dual de la luz en el bachillerato. Estos conceptos y procedimientos, surgen de lo que se ha investigado y de lo que se conoce sobre enseñanza estratégica, por lo que se conjuntó dicha información para diseñar e instrumentar en la práctica un modelo que toma como fundamentos: *el constructivismo, el aprendizaje significativo* y los estudios realizados acerca de las *estrategias de aprendizaje*, **figura 1.1**.

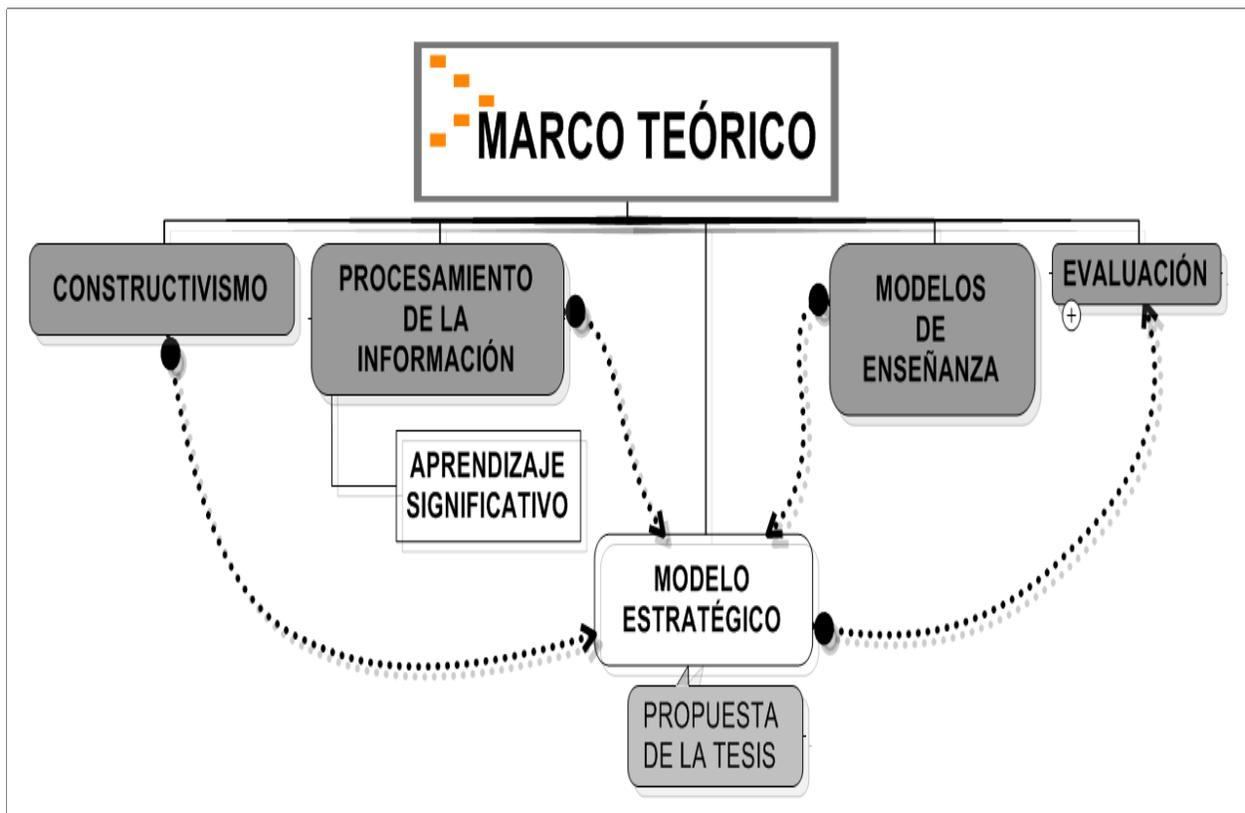


Figura 1.1.- Marco teórico que fundamenta la propuesta estratégica de la tesis.

1.1. LA ENSEÑANZA ESTRATÉGICA

El objetivo de la enseñanza estratégica es propiciar en los estudiantes, el aprendizaje significativo de los conceptos y el desarrollo de habilidades de pensamiento, que los capacite para aprender mejor. En este sentido, busca formar estudiantes estratégicos, entendiéndose éstos como los que pueden autorregular su propio proceso de aprendizaje, a partir de los diferentes *tipos de conocimiento* que dominan, (Quesada, 2005).

La enseñanza estratégica puede usarse para desarrollar otras habilidades metadisciplinares en los estudiantes, que resultan indispensables para tener un

desempeño adecuado a las exigencias, tanto al nivel bachillerato, como del mundo profesional.

Los ejes teóricos que sustentan la propuesta para formar aprendices estratégicos se desarrollan a continuación y son fundamentalmente:

- a) El constructivismo
- b) El aprendizaje significativo
- c) Las estrategias de aprendizaje

1.2. CONSTRUCTIVISMO

Para el constructivismo lo fundamental es que el conocimiento no es el resultado de una mera copia de la realidad preexistente, sino de un proceso dinámico e interactivo por el cual la información externa se interpreta por la mente y después ésta la construye progresivamente en modelos cada vez más complejos. A través de estos modelos que se pueden mejorar es posible explicar fenómenos (Quesada, 2005).

Aunque Gómez-Granell y Coll, citado en (Quesada, 2005) señalan que la visión constructivista de Piaget es limitada, sin embargo, las características que apuntan de esta visión resultan esenciales para comprender esta teoría del aprendizaje que se caracteriza de lo siguiente:

1. Entre sujeto y objeto de conocimiento existe una relación dinámica y no estática. El sujeto es activo frente a lo real e interpreta la información proveniente del entorno.
2. Para construir conocimiento no basta con ser activo frente al entorno. El proceso de construcción también es de reestructuración y reconstrucción, en el cual todo conocimiento nuevo se genera a partir de lo adquirido y lo trasciende.
3. El sujeto es quien construye su propio conocimiento. Si no hay una actividad mental constructiva, propia e individual, que obedezca a necesidades internas vinculadas al desarrollo evolutivo, el conocimiento no se produce.

El aprendizaje implica dar significado personal al nuevo conocimiento, a partir de lo que ya se sabe, esto es, representarse mentalmente y en forma individual el contenido, en lugar de copiarlo o repetirlo fielmente, sin un trabajo o procesamiento intelectual del mismo.

En otras palabras, cuando el estudiante aprende despliega una actividad mental que consiste en construir significados, representaciones o modelos mentales de los contenidos a aprender, para lo cual resultan sustantivos los conocimientos previos que posee al momento de iniciar el aprendizaje. Construir significados implica modificar los esquemas de conocimientos iniciales, introduciendo nuevos elementos y estableciendo nuevas relaciones.

De acuerdo con Coll, citado en (Quesada, 2005) la concepción constructivista del aprendizaje y la enseñanza se organiza en torno a tres ideas fundamentales:

1. El estudiante es responsable de su propio proceso de aprendizaje. Es él quien construye el conocimiento y nadie puede sustituirle en esa tarea. Ello no debe interpretarse como que él descubre e inventa, sino que es él quien aprende y la

enseñanza está mediatizada por su actividad mental constructiva. Lo que es capaz de aprender depende tanto de su nivel de competencias cognitivas general, como de los conocimientos que ha construido en sus experiencias previas.

2. La actividad mental constructiva del estudiante se aplica a conceptos que ya poseen un grado considerable de elaboración, resultado de un proceso de construcción social. Se dice que los alumnos construyen o reconstruyen objetos de conocimiento que ya están construidos, aceptando como saberes y sistematizados en las disciplinas, porque elaboran significados o representaciones mentales personales de esos saberes, de acuerdo con el conocimiento previo que poseen.
3. La función del profesor se orienta a crear condiciones para que el estudiante despliegue una actividad mental constructiva, rica y diversa, llevándolo a que la construcción se acerque de forma progresiva a lo que significan y representan los contenidos como saberes culturales. Su principal tarea es engarzar los procesos de construcción del estudiante, con el saber colectivo culturalmente organizado. Para ello, juega un papel de suma importancia el conocimiento de los procedimientos o estrategias implicados en el saber de aprender.

1.3. EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

Los objetivos de la teoría del procesamiento de la información se centran en la adquisición de conocimiento mediante un análisis de la información del mundo que nos rodea. Dirigidos al crecimiento intelectual que se logra mediante la investigación activa por parte de los estudiantes, más que al desarrollo emocional o social del individuo. Para (Quesada, 2005):

“Se dice que un aprendizaje es significativo cuando se encuentra en la memoria a largo plazo, integrada de manera significativa y no arbitraria a la estructura cognitiva”.

Las estrategias de procesamiento de la información se verán al final de este capítulo. Y están basadas en un movimiento del pensamiento psicológico que considera al estudiante como un investigador activo del medio más que un recipiente pasivo de estímulos y recompensas. Es decir, se considera al estudiante como a un investigador que procesa y crea información. Para Brophy citado en (Eggen, 2005), el aprendizaje se centra en el estudiante:

“La investigación actual se centra en el rol del estudiante. Reconoce que los estudiantes no reciben o copian meramente en una forma pasiva información del docente, sino que la mediatizan activamente, tratando de darle sentido y de relacionarla con lo que ya saben (o piensan que saben) acerca del tema. Así los alumnos desarrollan nuevos conocimientos mediante un proceso de creación activa”.

El procesamiento de la información acentúa la importancia de un *aprendizaje significativo* contra la *memorización* de los conceptos. El rol del procesamiento de la información tiene que ver con agregar al conocimiento ya existente en la memoria nueva información. Pasar desde la memoria a corto plazo hacia la memoria a largo plazo y saber con cuánta efectividad la información está almacenada en la memoria a largo plazo y con cuánta facilidad se puede recobrarla un tiempo después.

La organización de la información en la memoria a largo plazo es posible gracias a la estructura cognitiva, definida como un conjunto de hechos, definiciones, proposiciones,

conceptos; almacenados de manera organizada, estable y clara (Ausubel, 2005). La **figura 1.2** muestra los rangos distintivos entre aprendizaje significativo y aprendizaje memorístico (Riveros *et al*, 2004).

Como la estructura cognitiva de un estudiante es única, la interpretación y las experiencias son únicas y no son estáticas, cambia conforme aprendemos. Si para aprender se tiene que llevar el conocimiento nuevo a ocupar un lugar en la memoria a largo plazo y relacionarlo con la estructura cognitiva existente. Tendríamos que preguntarnos: **-¿Cómo puede darse tal relación?-** Y la respuesta es:

Por medio del aprendizaje significativo, esto quiere decir que el nuevo conocimiento se integrará en la estructura cognitiva si se le da un significado personal, para lo cual se requieren antecedentes necesarios que propicien la comprensión (mucho más allá del nivel memorístico) y la construcción de significados.

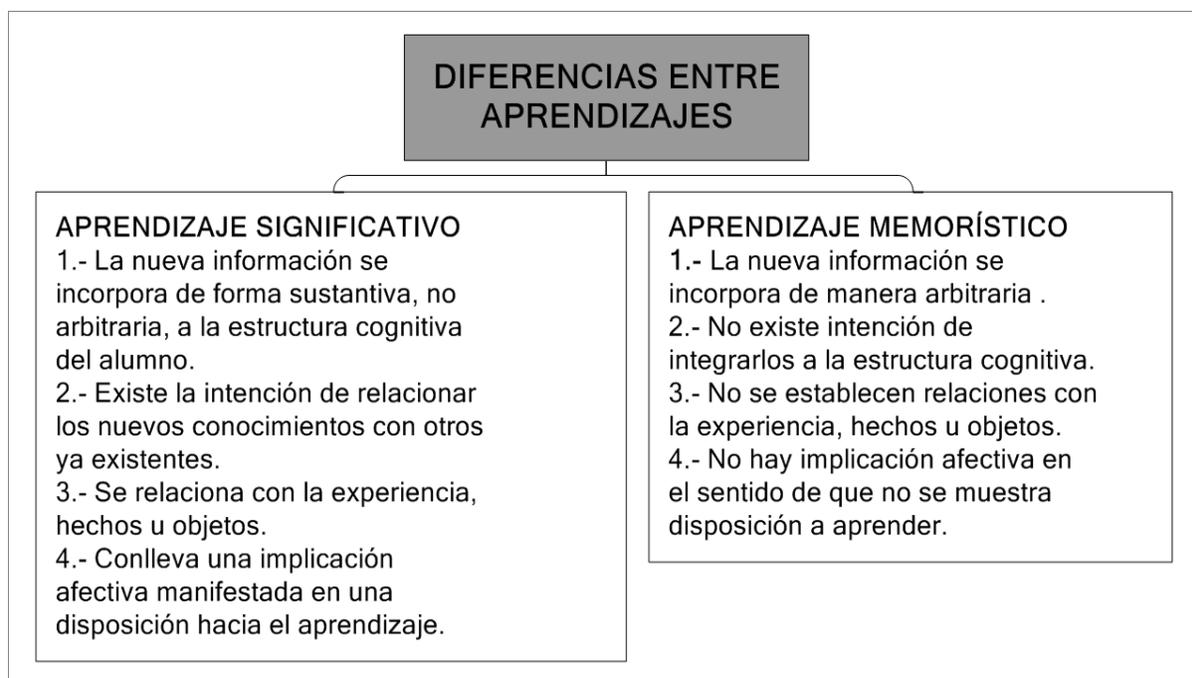


Figura 1.2.- Rasgos distintivos entre aprendizaje significativo y memorístico.

Entonces para facilitar un aprendizaje significativo y lograr que un concepto se integre a la estructura cognitiva de los estudiantes, es necesario, procedimientos de aprendizaje, que transformen dicho concepto y lo singularicen.

Aunado a lo anterior, se debe considerar que para lograr un aprendizaje significativo son necesarios: los procedimientos de aprendizaje adecuados de los estudiantes y un contenido potencialmente significativo, tanto en su estructura interna (significatividad lógica) como en la posibilidad que tiene el estudiante de asimilarlo (significatividad psicológica).

La *significatividad lógica* se da, estructurando de manera jerárquica los conceptos a estudiar, organizándolos de lo conocido a lo desconocido, aumentando el nivel de

dificultad y de abstracción. La *significatividad psicológica* se da vigilando que la estructura cognitiva del alumno cuente con los elementos pertinentes, susceptibles de relacionar con el nuevo aprendizaje.

Para el logro del aprendizaje significativo hay tres elementos: los conocimientos previos, los conceptos y el docente, que tiene la responsabilidad de facilitar las relaciones entre el conocimiento previo del estudiante y el nuevo aprendizaje, enseñando incluso los procedimientos.

1.4.- MODELOS DE ENSEÑANZA

No hay un modelo de enseñanza que haya demostrado ser de aplicación universal, por lo que en esta sección mencionaremos los modelos que aportaron elementos didácticos para desarrollar esta propuesta estratégica (*modelo estratégico*), con la finalidad de ayudar a los estudiantes en la comprensión de los conceptos estudiados y al mismo tiempo que los estudiantes desarrollen habilidades de pensamiento bajo la guía de un docente activo.

Los modelos mencionados son estrategias de enseñanza basadas en teorías de aprendizaje y se enfocan en determinados aspectos particulares del estudiante, **figura 1.3.**

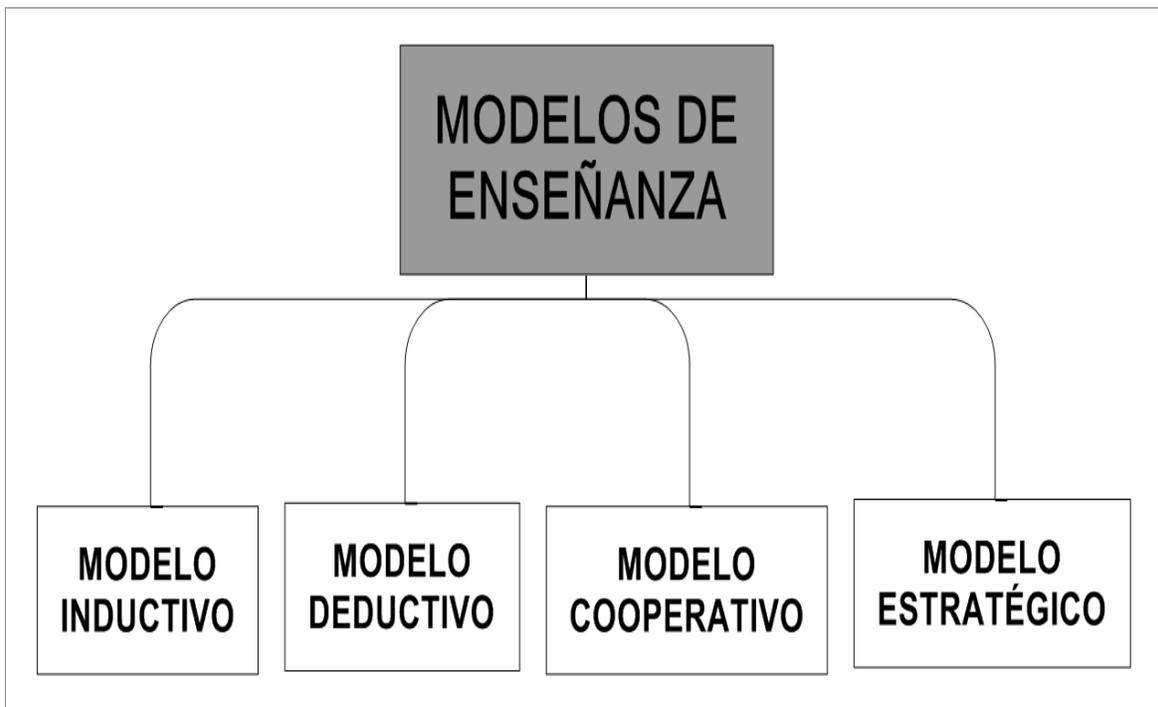


Figura 1.3.- Modelos de enseñanza considerados en la tesis.

1.4.1 El modelo inductivo

El modelo inductivo es una estrategia directa, diseñada para ayudar a los estudiantes a desarrollar el pensamiento mientras que se enseñan temas con contenidos específicos. Los docentes presentan a los estudiantes información que ilustra los temas para luego guiarlos en la búsqueda de patrones. Está basado en la idea de que los estudiantes

construyen su propia comprensión del mundo en lugar de aprenderlo como una forma previamente organizada. Requiere que los docentes estén capacitados para indagar y guiar el pensamiento del estudiante. Su eficacia depende del docente como líder activo en las tareas de ayudar a los estudiantes a procesar la información. El modelo es efectivo para promover altos niveles de comprensión por parte del estudiante y aumentar la motivación en una atmósfera de seguridad y apoyo para el aprendizaje.

El modelo inductivo está fundamentado en los principios del constructivismo. En una cita de Prawat en (Eggen, 2005) dice:

“Piaget nos advirtió que el aprendizaje real no es simplemente repetir la información como un loro. El aprendizaje real implica una invención o construcción personal, y el rol del docente en este proceso es difícil. Por un lado, el docente debe alentar las “invenciones” de los estudiantes porque si no ellos no las compartirán. Por otro lado, es necesario que el docente guíe a los estudiantes hacia una comprensión más madura”.

El modelo inductivo está diseñado para alcanzar varias metas interrelacionadas y está diseñado para poner a los estudiantes en un rol activo en el *proceso de construir su comprensión* de un concepto determinado.

Considerando que los conceptos son categorías con características comunes y cuando encontramos un objeto, un hecho o una idea que se ajuste a esa categoría, la incluimos en ella. Formamos los conceptos mediante el proceso de generalización, **figura 1.4.**

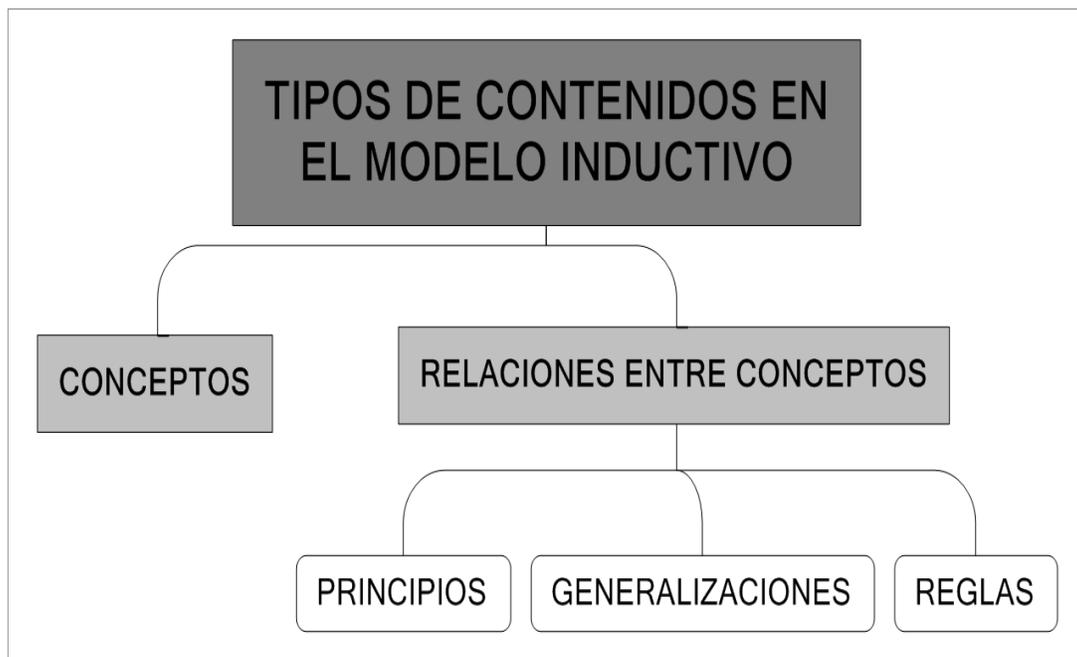


Figura 1.4.- Tipos de contenidos en el modelo inductivo.

En términos generales, el proceso de planificación para utilizar el modelo inductivo conlleva la identificación de los conceptos a enseñar. En el caso particular de esta propuesta, se decidió qué exactamente se quiere que los estudiantes sepan del tema, se plantearon los objetivos hasta el punto de poder identificar qué se quiere que los estudiantes puedan ser capaces de decir y de hacer. Después se proporcionaron ejemplos con características observables como: imágenes tanto fijas como móviles,

demostraciones y actividades tangibles. El modelo inductivo, a pesar de requerir de más tiempo que otros modelos de instrucción directa, tiene la ventaja de promover altos niveles de comprensión y motivación por parte del estudiante.

1.4.2 El modelo deductivo

El modelo de **enseñanza directa** y el modelo de **exposición y discusión** son estrategias de enseñanza deductiva. **El modelo de enseñanza directa** es una estrategia centrada en el docente. Utiliza la explicación y la modelización (**modelización: representaciones que permiten visualizar lo que no puede observarse directamente**), enseña conceptos y habilidades combinando la práctica y la retroalimentación. El modelo de enseñanza directa es una estrategia basada en la información. Una de las características que lo distinguen es el patrón de interacción entre docente y los estudiantes; como está centrado en el docente, quiere decir que desempeña un rol primordial en la estructuración del contenido, en la explicación del mismo y en el uso de ejemplos para incrementar la comprensión por parte de los estudiantes. La enseñanza directa incorpora funciones que son eficaces en los diferentes niveles de contenidos, **figura 1.5**.

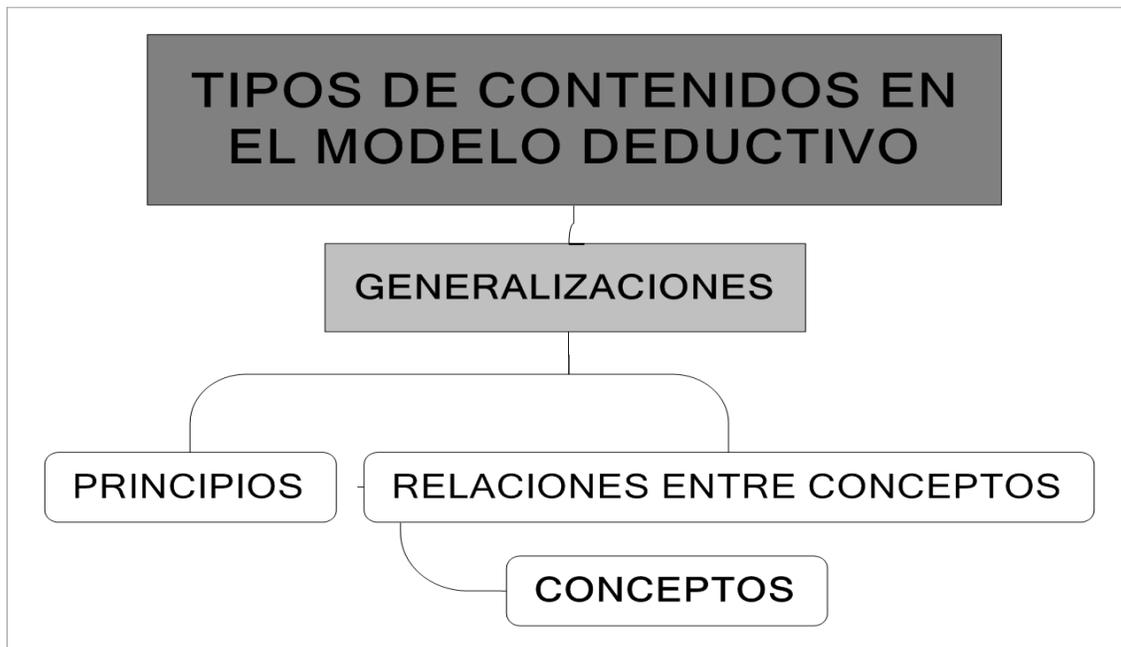


Figura 1.5.- Tipos de contenidos en el modelo deductivo.

El modelo de enseñanza directa enfatiza la función del docente en la estructuración de los contenidos en el ofrecimiento de esta información a los estudiantes. Parte de la eficiencia del modelo radica en su capacidad de promover oportunidades, tanto para los docentes como para los estudiantes, de interactuar cuando un nuevo contenido es presentado.

La investigación acerca de los aspectos sociales del aprendizaje da importancia al rol que desempeña esta interacción verbal en el aprendizaje de los alumnos. Gran parte de este modelo de enseñanza se basa en los escritos de **Lev Vygotsky**, psicólogo ruso que vivió en la primera parte del siglo XX, su investigación se centraba principalmente

en los aspectos sociales del aprendizaje y creía que la mayor parte del aprendizaje humano resultaba de la interacción entre las personas, tanto entre adultos y niños como entre los niños mismos. Hay dos conceptos del trabajo de Vigotsky que son relevantes o para el modelo de enseñanza directa:

1. La noción del **andamiaje**: Este se refiere al apoyo que permite que los alumnos desarrollen una habilidad. Los docentes proveen andamiaje en la enseñanza de diferentes maneras, entre ellas: descomponiendo las habilidades complejas en subcomponentes; ajustando la dificultad de las preguntas, dando ejemplos y ofreciendo consignas de apuntalamiento y pistas. Los docentes eficientes ayudan a los estudiantes a conseguir altos niveles de logro y el andamiaje demuestra la manera en que los docentes ajustan lo que enseñan para ayudar a los alumnos a alcanzar las metas.
2. La **zona de desarrollo próximo**: Es la etapa del proceso de aprendizaje en el cual el estudiante todavía no puede resolver un problema o realizar una habilidad sólo, pero puede hacerlo bien con la ayuda del docente. La *zona de desarrollo próximo* puede pensarse como un hallazgo en la enseñanza; es dentro de esa zona donde los docentes pueden ser más eficientes y ayudar a los alumnos a aprender. Fuera de la zona, los alumnos o no necesitan ayuda (ya tienen la habilidad) o carecen de las habilidades requeridas o los conocimientos previos para beneficiarse con la enseñanza eficiente.

Cuando se usa el modelo de enseñanza directa, se intenta implementar clases en las zonas de desarrollo próximo de los estudiantes. El modelo de enseñanza directa es una estrategia fuertemente dirigida por el docente con altos niveles de interacción entre el docente y los estudiantes de una manera activa (donde los docentes están directamente comprometidos en guiar el aprendizaje, proporcionando ejemplos y representaciones, haciendo preguntas, guiando discusiones y monitoreando el progreso de los estudiantes) no tradicional.

El modelo de exposición y discusión. El modelo de enseñanza directa es menos efectivo cuando se estudian conocimientos más amplios. Por lo que, es necesario un modelo de enseñanza que ayude a los estudiantes a comprender conceptos, generalizaciones, principios y reglas específicas; como las interconexiones entre los aprendizajes.

La eficiencia del modelo de exposición y discusión proviene de tres fuentes básicas.

- 1.- La primera propone utilizar lo que los estudiantes ya saben y construir ese conocimiento previo.
- 2.- La segunda se basa en el trabajo de **David Ausubel**, lleva a los docentes a presentar la información de una manera sistemática, lo que ayuda a los estudiantes a construir su comprensión del tema (Ausubel, 2005).
- 3.- La tercera sostiene la eficacia del empleo de preguntas para comprometer activamente a los estudiantes en el proceso del aprendizaje.

El modelo de exposición y discusión está diseñado para superar las deficiencias, alentando la participación activa de los alumnos. Esta participación requiere que

construyan sobre los esquemas existentes y que integren el viejo conocimiento al nuevo.

Finalmente, la planificación de las clases en el modelo de exposición y discusión implica identificar metas, diagnosticar los conocimientos previos de los estudiantes y estructurar los contenidos. Las clases son implementadas en tres etapas cíclicas: presentación (de contenido), monitoreo de la comprensión de los alumnos e integración de ideas (tanto nuevas como viejas entre sí).

En el caso de la propuesta de un *modelo estratégico*, se hacen tres preguntas generadoras al inicio de cada actividad, se pide a los alumnos un resumen o mapa conceptual de una lectura proporcionada previamente y relacionada con la actividad, se discute en equipos de cuatro integrantes dicha lectura, se abre la discusión donde cada equipo expresa las ideas más importantes, el docente monitorea y hace preguntas para centrar la discusión, finalmente se concluye y poder pasar a la aplicación de los conceptos.

1.4.3. El modelo de grupo cooperativo

El aprendizaje cooperativo es un grupo de estrategias de enseñanza que compromete a los estudiantes a trabajar en colaboración para alcanzar metas comunes. El aprendizaje cooperativo pretende aumentar la participación de los alumnos, proporcionarles liderazgo y experiencia en la toma de decisiones en grupo. Al mismo tiempo se propone darles a los estudiantes la oportunidad de interactuar y aprender con estudiantes de diferentes ámbitos culturales, habilidades y conocimientos previos, **figura 1.6**.

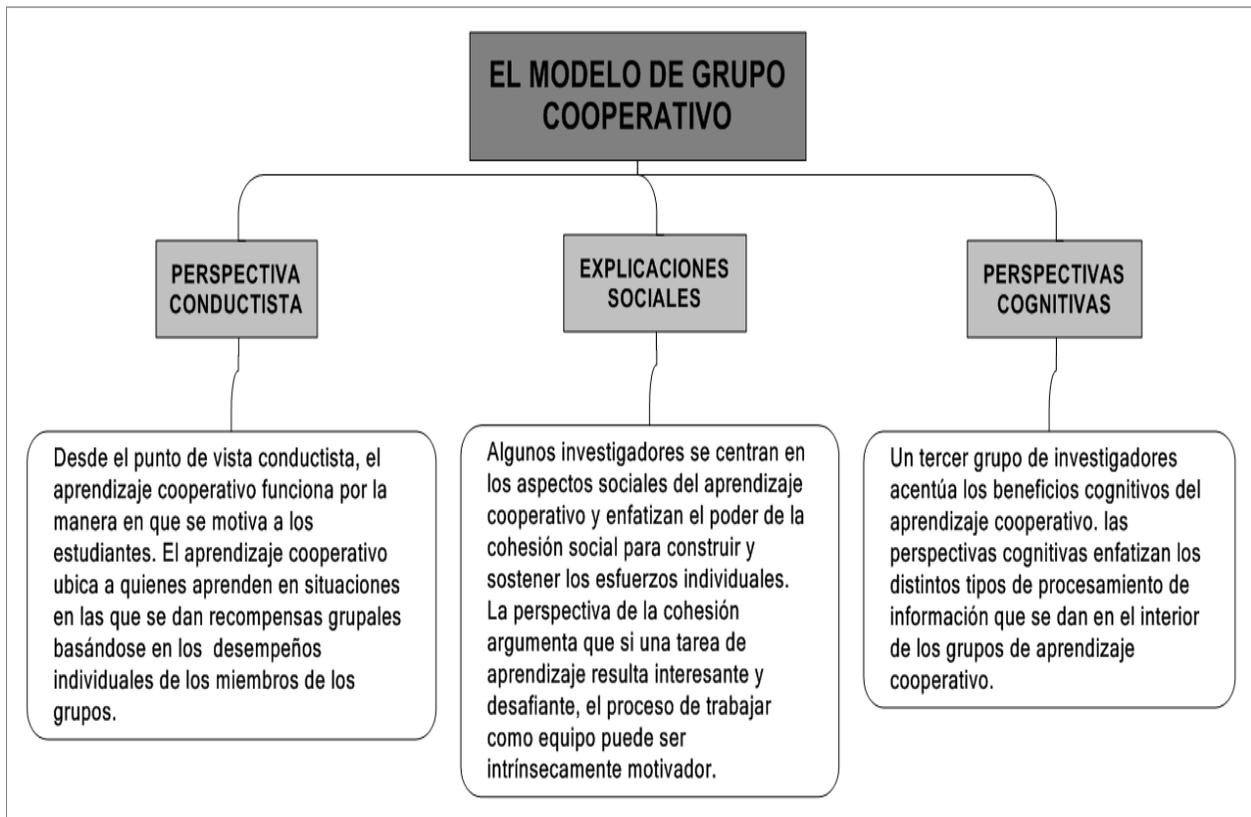


Figura 1.6.- Modelo de grupo cooperativo.

Los métodos de aprendizaje cooperativo requieren que los docentes y alumnos asuman roles diferentes de aquellos que se encuentran en las clases tradicionales. En las clases tradicionales, los docentes son el centro de la actividad y comúnmente usan la enseñanza en forma generalizada, para diseminar la información o para explicar habilidades. También en estas clases, los alumnos son a menudo pasivos y pasan la mayoría del tiempo escuchando o tomando notas.

El éxito del aprendizaje cooperativo puede ser explicado por tres perspectivas como se muestra en la **figura 1.6**. Cada una de estas posiciones teóricas ofrece un punto de vista diferente acerca de lo que es el aprendizaje cooperativo y de cómo promueven el crecimiento de los estudiantes.

1.4.4. El modelo estratégico

El modelo estratégico es el modelo que tomamos para la tesis, este modelo surge de las propuestas del constructivismo, del aprendizaje significativo, de las estrategias de aprendizaje y de la autorregulación (**autorregulación**: El uso consciente que hace un individuo de ciertas estrategias mentales con el fin de mejorar el pensamiento y el aprendizaje). El modelo estratégico se caracteriza por:

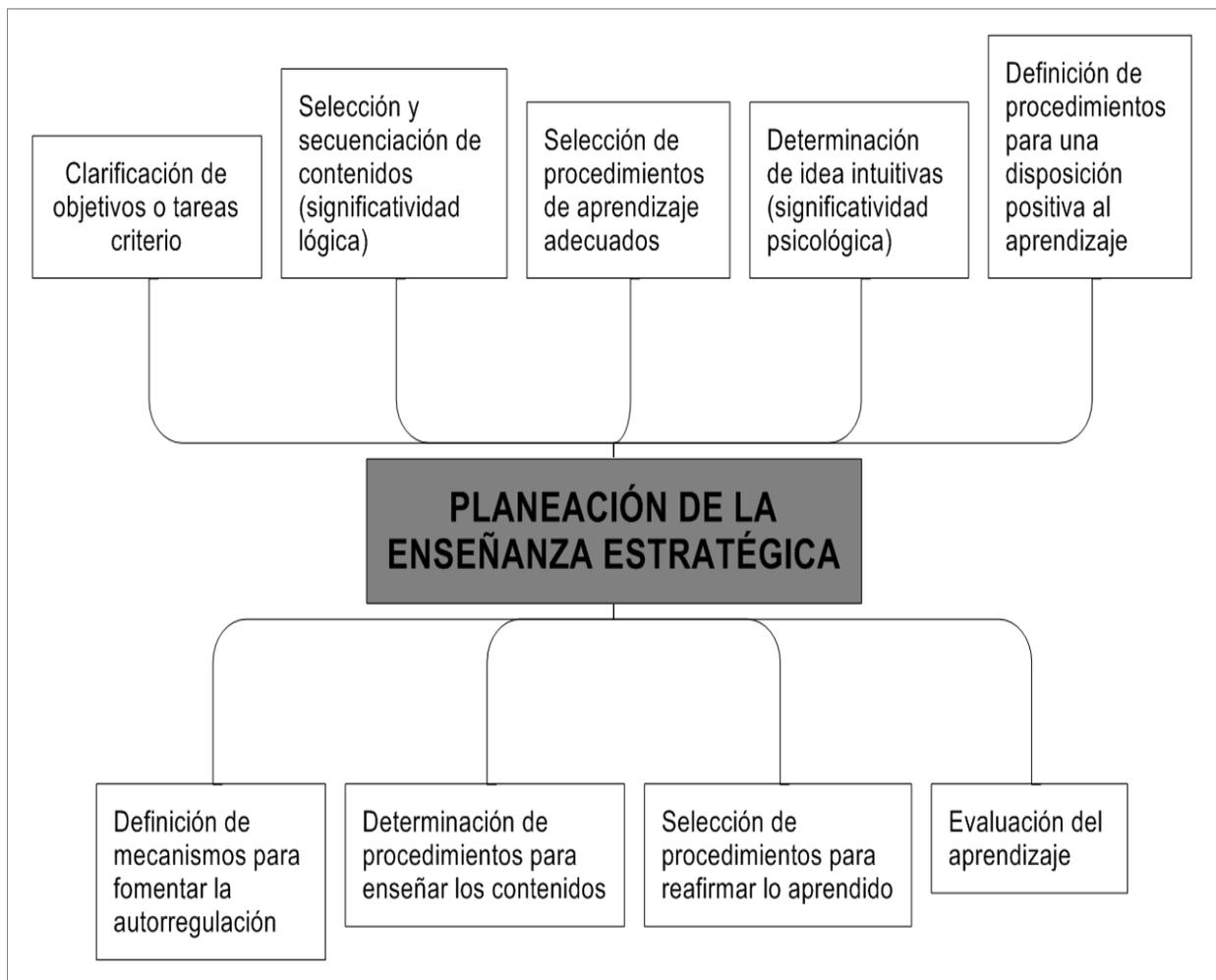


Figura 1.7.- Etapas del modelo estratégico.

- I. Ser indicativo no prescriptivo, ya que se trata de una opción que se construye y reformula de manera permanente, al no visualizarse como un producto acabado y definitivo.
- II. Presentarse de manera general para ser particularizada en cada una de las disciplinas.
- III. Corresponder a un enfoque de infusión o metacurrículo.
- IV. Fundamentarse en los principios del constructivismo, del aprendizaje significativo y del aprendizaje estratégico.
- V. Contemplar dos momentos de la actuación docente: La planeación de la enseñanza, y la ejecución o impartición de la misma. Ambas difieren entre sí, pues bien en la impartición se realiza lo que se planeó, la planeación incluye etapas que no se llevan a cabo en la ejecución, y el orden de ellas se modifica. En este sentido el material didáctico desarrollado en la tesis proporciona cada una de las fases de la planeación en el orden correspondiente. Al impartir las actividades propuestas, el docente modificará esa estructura.

Puede ver la **figura 1.7**.

a) ETAPAS DEL MODELO ESTRATÉGICO:

- La planeación se inicia con el esclarecimiento de lo que se desea lograr, es decir en la delimitación del resultado de aprendizaje deseable.
- Después, se determinan los conceptos, principios, procedimientos, ideas principales requeridas con el fin de analizar los contenidos.
- Se observan las relaciones para que no falte nada sustantivo, de lo simple a lo complejo: de lo antecedente a lo consecuente. Y así cumplir con el principio de *significatividad lógica*.
- Resulta indispensable iniciar la enseñanza a partir de lo que los estudiantes saben acerca del tema y sus ideas previas del mismo.
- Después se definen cuáles son los conocimientos previos o antecedentes requeridos para el aprendizaje y la forma en que se evaluarán, tanto los conocimientos como las ideas previas.
- Esto facilita la *significatividad psicológica* que depende del estudiante al construir su conocimiento.
- A partir del punto anterior, se prevé la forma como se preparará o dispondrá la información para vincularla de la mejor manera con el conocimiento nuevo por aprender.
- Es necesaria una fase en la cual se establecen los procedimientos que se usaran para cimentar la relación entre lo conocido y lo desconocido, a la vez que se estimula la motivación para el aprendizaje. Esto también fortalece la *significatividad psicológica* de la construcción del aprendizaje.

- El modelo estratégico propone que los alumnos dominen el aprendizaje (producto) pretendido, así como el proceso para llegar a él.
- Los procedimientos son medio al servicio de la autorregulación, y que los estudiantes puedan autorregularse en su proceso de aprender.
- Después de haber realizado las etapas previas, el docente está en la posibilidad de seleccionar y preparar los procedimientos de enseñanza que usará en el salón.
- El docente debe ser consciente del orden establecido para vigilar la *significatividad lógica y psicológica*. Con el fin de que los alumnos empiecen a construir su conocimiento acerca de la disciplina.
- El aprendizaje no termina con lo que el profesor realiza, es necesario que el estudiante lleve a cabo una serie de actividades que le permitan ejercitar, revisar y consolidar lo aprendido.
- Se debe diseñar un conjunto de tareas que se efectúan, ya sea en el salón de clases o fuera de él, con el fin de reafirmar el conocimiento subyacente a las tareas criterio y a las habilidades de autorregulación.
- La misma importancia que se otorga a cada una de las actividades de enseñanza, se le da a la planeación de las actividades de evaluación del aprendizaje.
- Es importante preparar momentos de evaluación para llevarlos a cabo continuamente a lo largo de la enseñanza, con el propósito de dar la oportunidad de corregir las deficiencias que se observen en el aprendizaje.

b) FASES DE LA EJECUCIÓN DE LA ENSEÑANZA

El plan elaborado anteriormente, sirve de guía para orientar la enseñanza. Al dar las clases, el docente pone en práctica lo que definió con anticipación dándole a las fases el orden que muestra la **figura 1.8**.

- VI. Integrar en una propuesta en la que se conjugan diferentes dimensiones que han demostrado tener influencia positiva en la estimulación del aprendizaje. De esta manera la enseñanza se basa en las siguientes consideraciones:
 - a) El tipo de contenidos que subyace al conocimiento que se desea logra: declarativo o procedimental, disciplinar o interdisciplinar.
 - b) El tipo de nivel de dominio en el aprendizaje que se busca: aprendizaje por repetición, por reproducción, por elaboración y aplicación, por construcción y organización, por reestructuración o aprendizaje estratégico.
 - c) El tipo de contexto: adquisición y recuperación del conocimiento.
 - d) El procedimiento de aprendizaje adecuado.
 - e) El procedimiento de autorregulación deseable

En este sentido, la enseñanza busca poner en juego las mejores condiciones para que el contenido en cuestión alcance determinado tipo de aprendizaje, dentro del contexto específico que le corresponde, además de propiciar el desarrollo de las habilidades de autorregulación (Quesada, 2005).

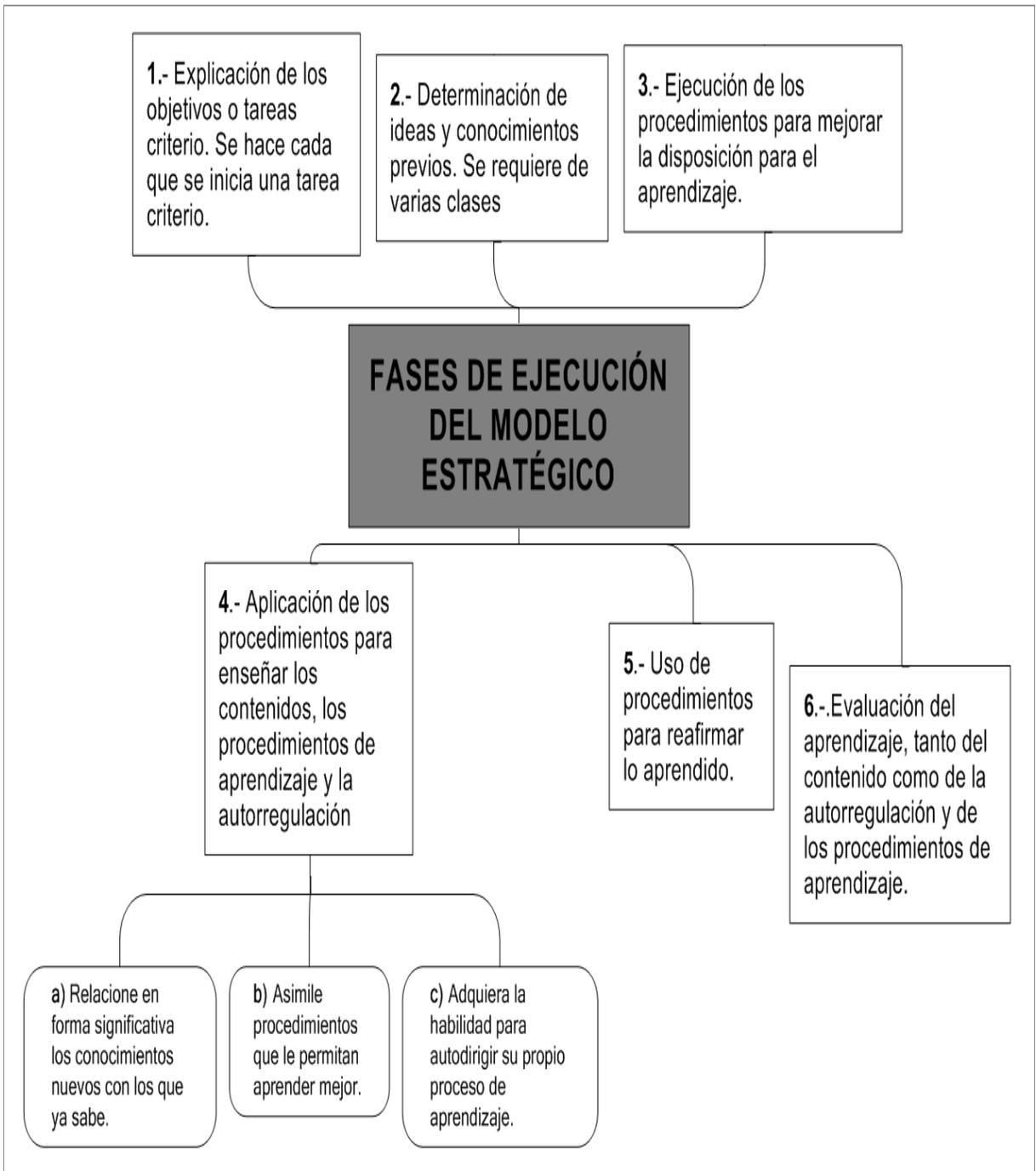


Figura 1.8.- Fases de ejecución del modelo estratégico.

1.5. PROPUESTA DIDÁCTICA

Los conceptos y procedimientos que se revisan para integrar la propuesta de un modelo combinado estratégico, toma como base el constructivismo, el aprendizaje significativo, los modelos didácticos, lo que se conoce como modelo general de enseñanza estratégica, los multimedios como recursos didácticos, la planeación docente en la perspectiva de la enseñanza estratégica y la elaboración de un material didáctico el

cual instrumento el modelo estratégico combinado para el estudio de la naturaleza dual de la luz en el bachillerato, **figura 1.9.**

El propósito principal de esta propuesta, es proporcionar al docente una forma sencilla y comprensible para planear y ejecutar sus clases bajo un modelo de enseñanza estratégica que combina los multimedia como recursos didácticos accesible; de manera que puedan apoyar en sus alumnos el desarrollo de aquellas capacidades que les permitan llegar a ser aprendices independientes y autorregulados, utilizando recursos de actualidad.

Elementos que complementan la propuesta y tienen que ver con:

- a) Los multimedia
- b) La planeación docente
- c) La elaboración de material didáctico

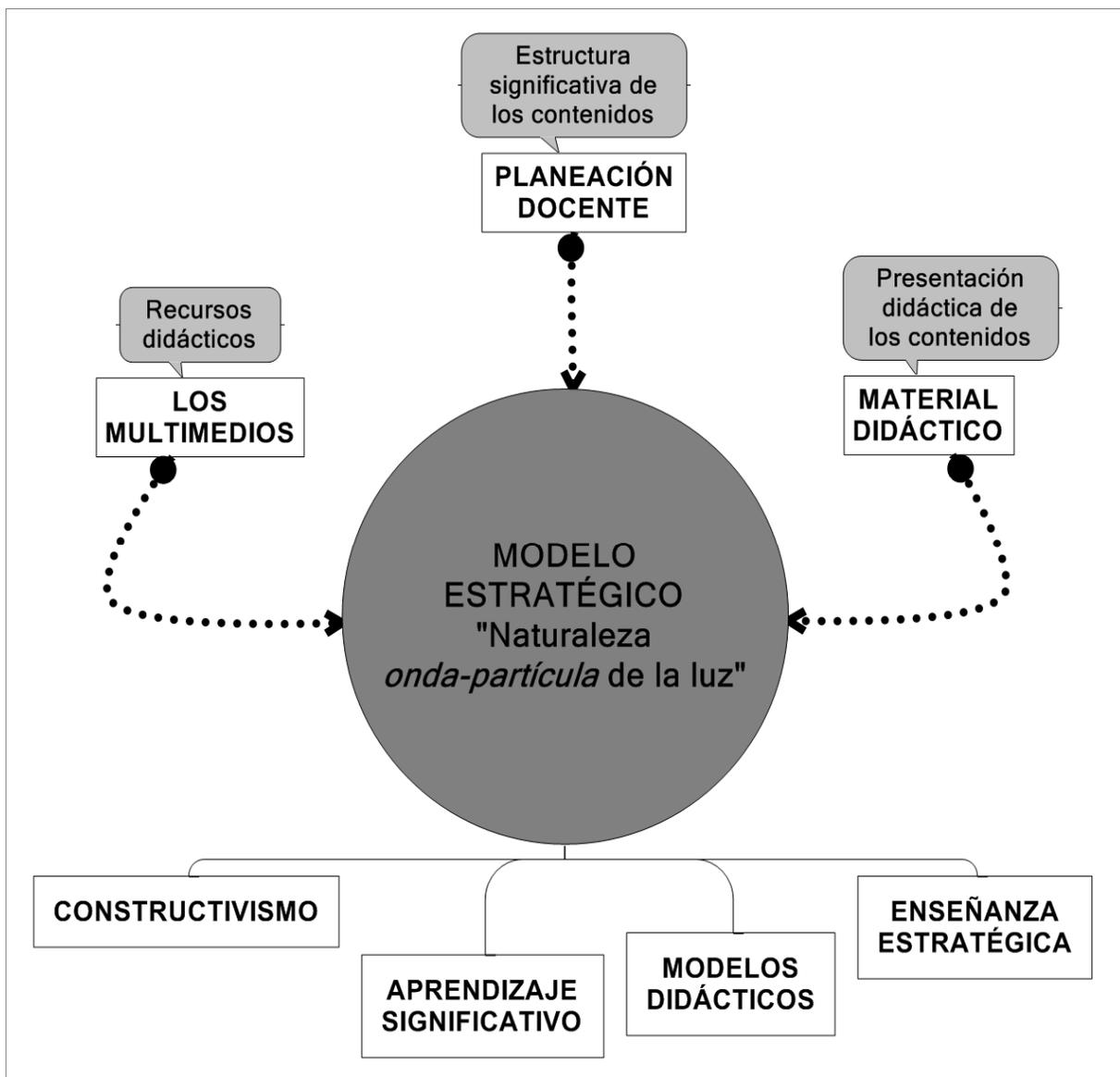


Figura 1.9.- Modelo combinado estratégico para el estudio de la naturaleza dual de la luz.

1.5.1. Los multimedia en el proceso enseñanza aprendizaje de la física

Cuando hablamos de los multimedia, como recursos didácticos, nos referimos a diferentes tipos de información como parte importante del modelo didáctico propuesto: **textos** (divulgación y científicos); las **imágenes fijas** (fotos y gráficos) las **imágenes móviles** (animaciones, videos) y el **sonido** (narraciones, música, efectos sonoros). Se requiere que esta combinación o coordinación de medios se haga con una computadora, que permita a los estudiantes interactuar con ellos. Podemos definir, entonces, a los multimedia como la combinación de varios tipos de datos (texto, audio, imágenes fijas y en movimiento) para que el estudiante los controle interactivamente mediante una computadora, (Rico *et al*, 2007).

En el diseño y la producción de un multimedia, un docente debe desarrollar actividades de diversos especialistas: coordinar, hacer guiones y diseñar; aportando ideas para explotar de mejor manera las posibilidades del medio, a partir de los recursos con que se cuentan.

Cuando se habla del diseño de un multimedia educativo se hace referencia a un proceso mediante el cual se proyecta la aplicación que se piensa generar, la forma en que estará organizada la información, los medios que se utilizaran en cada pantalla, las acciones que podrá efectuar los estudiantes, la apariencia de cada pantalla, así como de los elementos que contendrá, (Gagnon, 2001).

En la parte del diseño del material multimedia es donde el docente hace uso de sus conocimientos y habilidades que tiene para usar la computadora y la creatividad para integrar el recurso de una manera atractiva para los estudiantes.

Diseñar es pensar, escoger, crear y hacer, significa dar forma, ajustar, probar y pulir. El diseño multimedia se resuelve en tres niveles como se muestra en la **figura 1.10**.

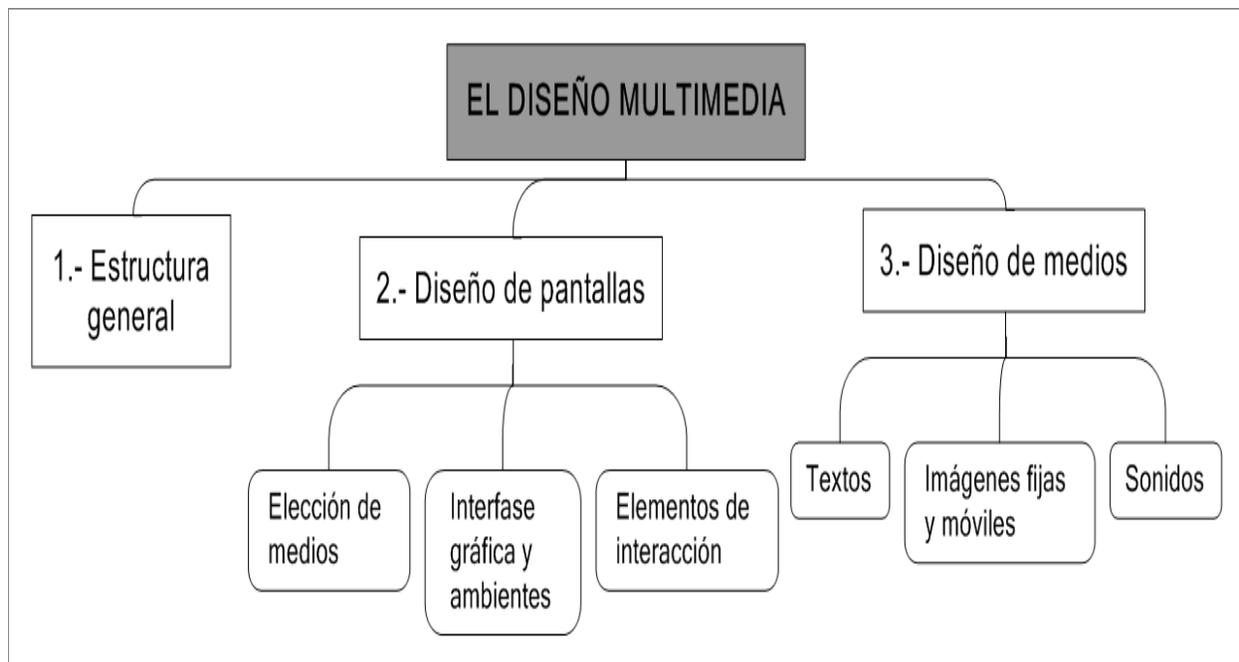


Figura 1.10.- Los niveles en el diseño multimedia.

Otro de los aspectos importante es la estructura del multimedia, es cuando el estudiante navega entre sección y sección se trata de generar puentes que establezcan relaciones entre los diferentes contenidos a estudiar. Es adecuado presentar información con una estructura significativa (*lógica y psicológica*). Lo más común es ir de los temas más generales a los más particulares (de lo conocido a lo desconocido).

Por otro lado, el diseño de la interacción que permite que el estudiante lleve a cabo diversas acciones se clasifican de la siguiente manera: Los que sirven para dirigirse de una pantalla a otra aplicación multimedia son conocidos como de *navegación* y aquellos que sirven al estudiante para tener control sobre los despliegues de medios, los llamados *controles de despliegues*. Las razones importantes para integrar elementos que permitan controlar los despliegues de medios es la de contemplar los diferentes ritmos de procesamiento de la información que pueden llegar a tener los distintos estudiantes.

En términos generales, la producción de un material multimedia requiere de mucho trabajo intelectual y práctico por parte del docente, para ajustar los modelos de procesamiento de la información para que el recurso cumpla los objetivos que se pretenden lograr.

1.5.2. Planeación docente

El saber física para enseñarla, es una condición necesaria para ser un buen docente, pero de ninguna manera es suficiente. Es decir, el dominio de una materia, aunque necesario, no garantiza por sí mismo que uno lo pueda enseñar eficaz y adecuadamente. Esta situación la expresan los estudiantes cuando dicen “sabe mucho, pero no sabe enseñar”. El ser experto en un área remite a que uno fue capaz de aprender sobre el tema, el ser docente implica que uno es capaz de enseñar esa materia o, más profundamente, que uno sea capaz de propiciar que los estudiantes aprendan lo que el docente ya aprendió (Zarzar, 2004)

La planeación docente es una actividad que desarrolla el docente para permitir que los estudiantes aprendan significativamente. De acuerdo a una orientación estratégica, el profesor requiere de una formación continua, en una doble vertiente:

- a. Como *aprendiz*, seleccionando, elaborando y organizando la información que va a enseñar para después transmitirla.
- b. Como *enseñante*, planificando su acción docente, de manera que ofrezca al alumno un modelo y una guía de cómo utilizar de manera estratégica los procedimientos de aprendizaje.

En este sentido, es conveniente que el docente, asuma un actitud de aprendiz de su materia, de manera que pueda tomar decisiones sobre qué debe aprender, cómo, en que situaciones y con qué finalidad. Esto le permitirá utilizar los procedimientos de aprendizaje como medios de enseñanza.

En este contexto de enseñanza estratégica, el docente posee la habilidad para desarrollar una planeación en la que pueda supervisar y evaluar sus procedimientos cognitivos tanto en el momento de aprender los contenidos que ha de enseñar, como

cuando se analizan con los estudiantes los significados del contenido en el momento de enseñar (Quesada, 2005).

La funciones docentes, **figura 1.11**, y el empleo de procedimientos de enseñanza adecuados son los ejes para favorecer la impartición de la clase y el aprendizaje significativo dentro de un modelo estratégico.

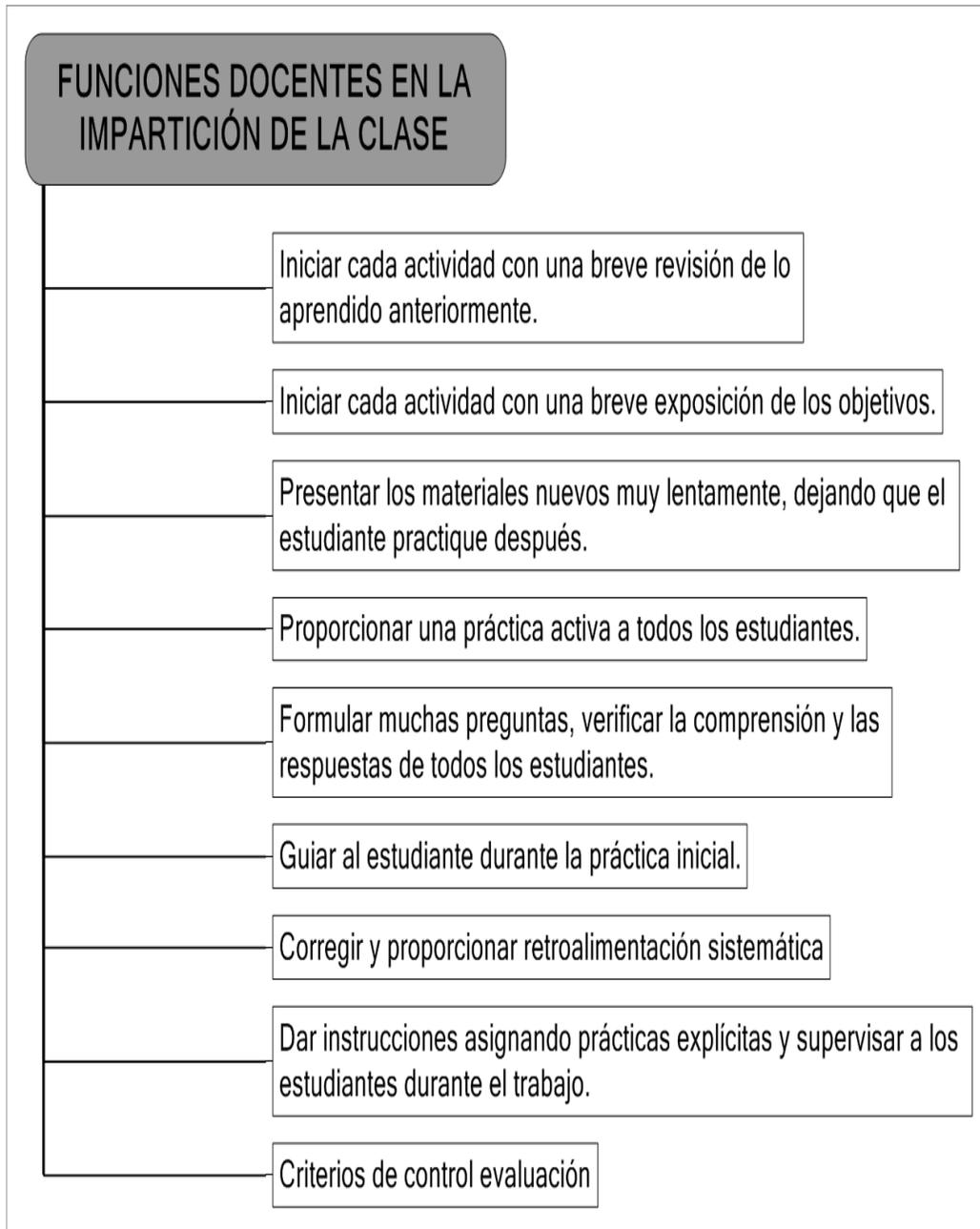


Figura 1.11.- Funciones docentes en un modelo estratégico.

El desarrollo de la habilidad para realizar una planeación docente estratégica se complementa con otras habilidades básicas para la docencia, que se muestran a continuación y pueden ser profundizadas con otras para desarrollar la labor docente de manera eficaz.

I.- Definir los objetivos de aprendizaje

En general se tienen dos tipos de objetivos de aprendizaje:

- a) Objetivos de **tipo Informativo**, que se refieren a la información con que el estudiante entra en contacto durante el curso, y definen o describen el nivel o grado de apropiación que debe conseguir. En este sentido, podemos hablar de tres niveles de objetivos informativos de aprendizaje: conocer, comprender y manejar los contenidos.
- b) Objetivos de **tipo Formativo**, se dice que la escuela no está sólo para informar, sino también para formar. Los objetivos de tipo formativo requieren más tiempo para alcanzarse, dentro de estos objetivos formativos podemos distinguir: los de formación intelectual, humana, social y profesional.

II.- Diseñar e instrumentar actividades de aprendizaje y de evaluación de los aprendizajes.

A través de la manera de trabajar, el docente envía a sus estudiantes mensajes que ellos reciben y aprenden. Por lo tanto, es importante tomar conciencia de la estrecha relación que existe entre la forma, de trabajar del docente con los estudiantes y el tipo de formación que estos reciben. Asimismo, que el docente sea capaz de manejar y orientar esta realidad hacia el logro de los objetivos formativos que se planteó al hacer su planeación docente.

III.- Integrar y coordinar equipos de trabajo y grupos de aprendizaje

Para coordinar e integrar equipos de trabajo, debe considerarse, el nivel de profundidad con que se tocará el tema, las técnicas de trabajo orientadas al trabajo grupal y el encuadre que se desarrolla en las primeras actividades está planteado con base en actividades grupales. El docente, durante el proceso de enseñanza-aprendizaje debe realizar una gran diversidad de funciones y roles con el fin de propiciar el aprendizaje en sus estudiantes, como: *Planificador* (cuando diseña su práctica docente), *Organizador* (cuando les plantea a los estudiantes su metodología de trabajo), *Expositor* (cuando presenta temas nuevos a sus estudiantes), *Coordinador* (cuando dirige, orienta, controla y supervisa el trabajo), *Moderador* (cuando realiza una sesión plenaria con el grupo) y *Diseñador* (cuando elabora un material didáctico).

1.5.3. Elaboración de material didáctico

Los principios que conforman la base de un modelo de enseñanza estratégica influyen en forma importante en la elaboración un *material didáctico* como el desarrollado en la tesis. Es importante saber, cómo es que los estudiantes aprenden y partiendo de esto, desarrollar un material didáctico útil y que enseñe lo que se pretende. Para Monereo citado en (Quesada, 2005), hay diez categorías de habilidades cognitivas que los estudiantes ponen en juego para aprender, **figura 1.12**.

En el diseño y desarrollo del material didáctico, se considera tanto las habilidades del maestro necesarias para una planeación docente, las habilidades cognitivas de los

estudiantes y la estructuración significativa de los contenidos (lógica y psicológica); todo esto en contexto es decir: a quien va dirigido, la edad de los estudiantes, la disciplina, el nivel educativo, etc., (Heredia, 2003).

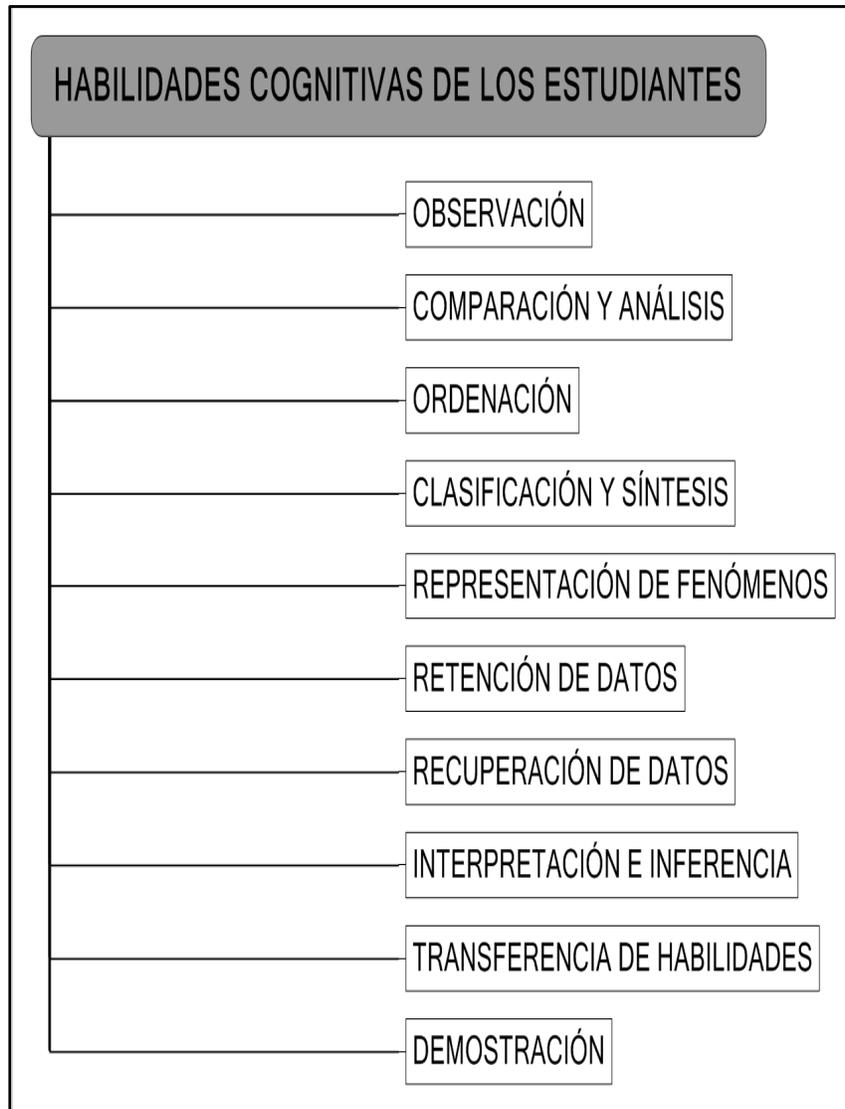


Figura 1.12- Habilidades cognitivas de los alumnos.

Al ir avanzando en la investigación sobre los modelos didácticos, se han desarrollado técnicas y procedimientos que hacen más eficaz la elaboración de materiales de autoinstrucción. El desarrollo del material didáctico dentro de un modelo estratégico, combina: elementos teóricos, los multimedia como recursos didácticos y la planeación docente. En la **figura 1.13**, se muestra la relación entre la elaboración del material didáctico y la propuesta de enseñanza.

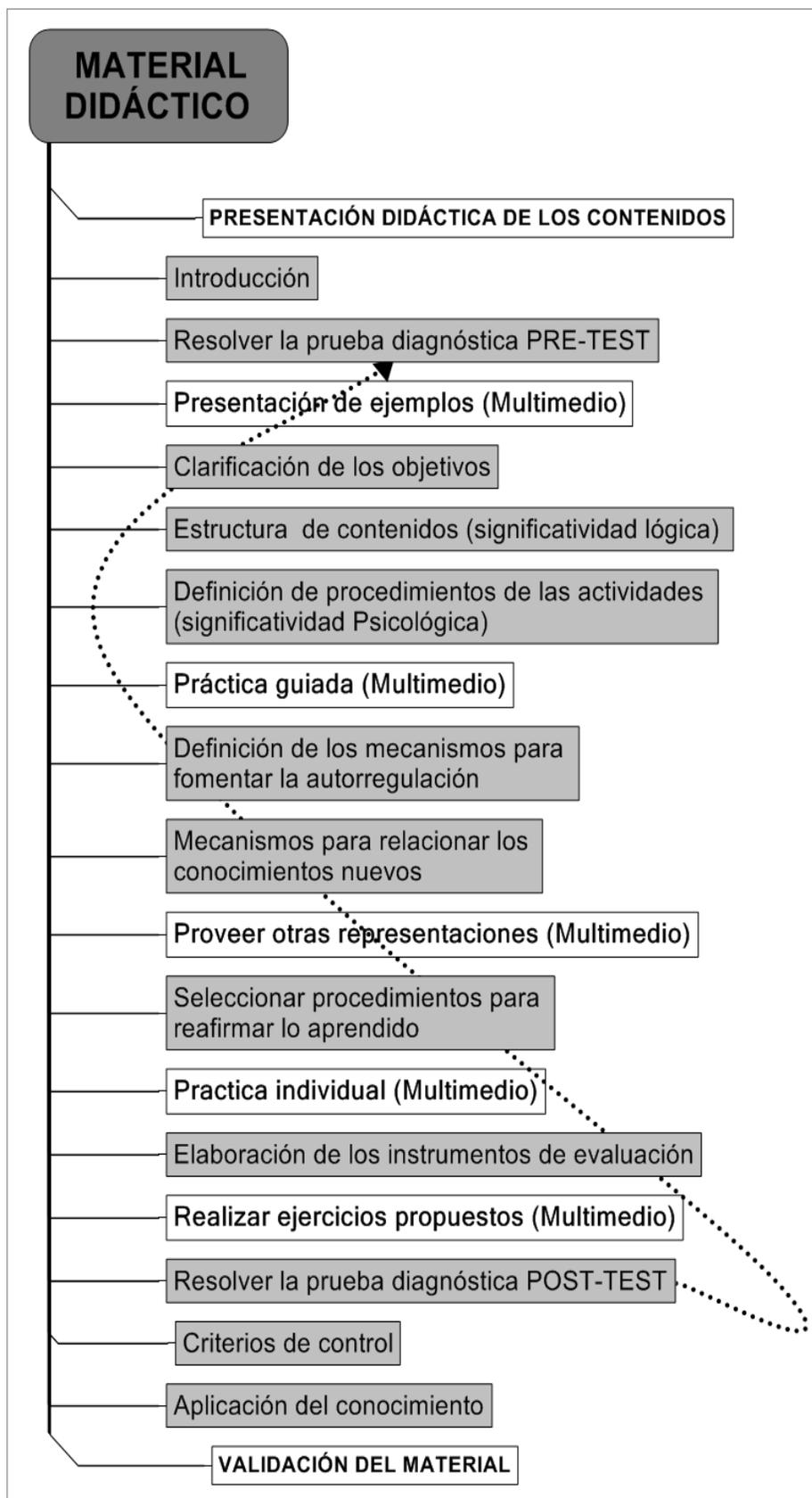


Figura 1.13.- Modelo para la elaboración de los materiales didácticos.

1.6. Evaluación

“No todo lo que cuenta es evaluable, ni todo lo que puede evaluarse cuenta”
Albert Einstein

Uno de los problemas a que se enfrentan los profesores del bachillerato es el concepto que tienen sobre la evaluación. Ésta se considera sinónimo de prueba, examen, control y se concibe como una mera recopilación de datos cuya finalidad es calificar el rendimiento de personas, ya sean trabajadores, estudiantes, investigadores u otros por los “conocimientos adquiridos”. Sin embargo, más allá de esta percepción, en educación la evaluación constituye una parte importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje, pues sirve de punto de partida para una reflexión posterior lo que ayuda a mejorar continuamente el trabajo del profesor. La evaluación permite también reelaborar y corregir estrategias de enseñanza (Pérez y Moreno, 1998).

En este sentido, durante el desarrollo de la tesis se consideraron los siguientes aspectos no sólo para evaluar los aprendizajes, sino también las actividades, los recursos propuestos y el mismo modelo didáctico. Debido a que se puede evaluar prácticamente todo: aprendizajes, enseñanza, acción docente, contexto físico y educativo, contenidos curriculares, propuesta pedagógica, etc. Se deben tener conocimiento teórico y práctico del modo en que se aprende y se enseña; del por qué y cuándo evaluar (Díaz-Barriga, 2002).

Con base en esto se consideró lo siguiente:

- a. Se elaboraron criterios e instrumentos de evaluación para saber qué sabe el estudiante y en qué grado se han alcanzado los conocimientos estudiados.
- b. Se sistematizó la información recopilada.
- c. Se emitieron juicios, con base en la información.
- d. Se tomaron decisiones para reestructura la propuesta, las actividades y los mismos recursos.

Inicialmente para cada sección se aplicó un cuestionario diagnóstico de tres preguntas como parte de una *evaluación diagnóstica*. Se diseñó un guía de criterios de evaluación para las 20 actividades que contiene el material didáctico, *evaluación formativa*. Estos elementos de evaluación como las preguntas, la elaboración de mapas o resúmenes de lecturas, las rúbricas y los cuestionarios para cada sección, constituyen los criterios para la *evaluación sumativa o compendiada*. La **figura 1.14**, muestra algunos aspectos importantes de estos tres tipos de evaluación y ejemplos de los instrumentos de evaluación correspondientes que se consideraron en la propuesta.

“Evaluar es establecer criterios y aplicar instrumentos de medida, tanto de rasgos psíquicos, como de conductas o procesos, así como también de productos educativos”
(Nieto, 2001).

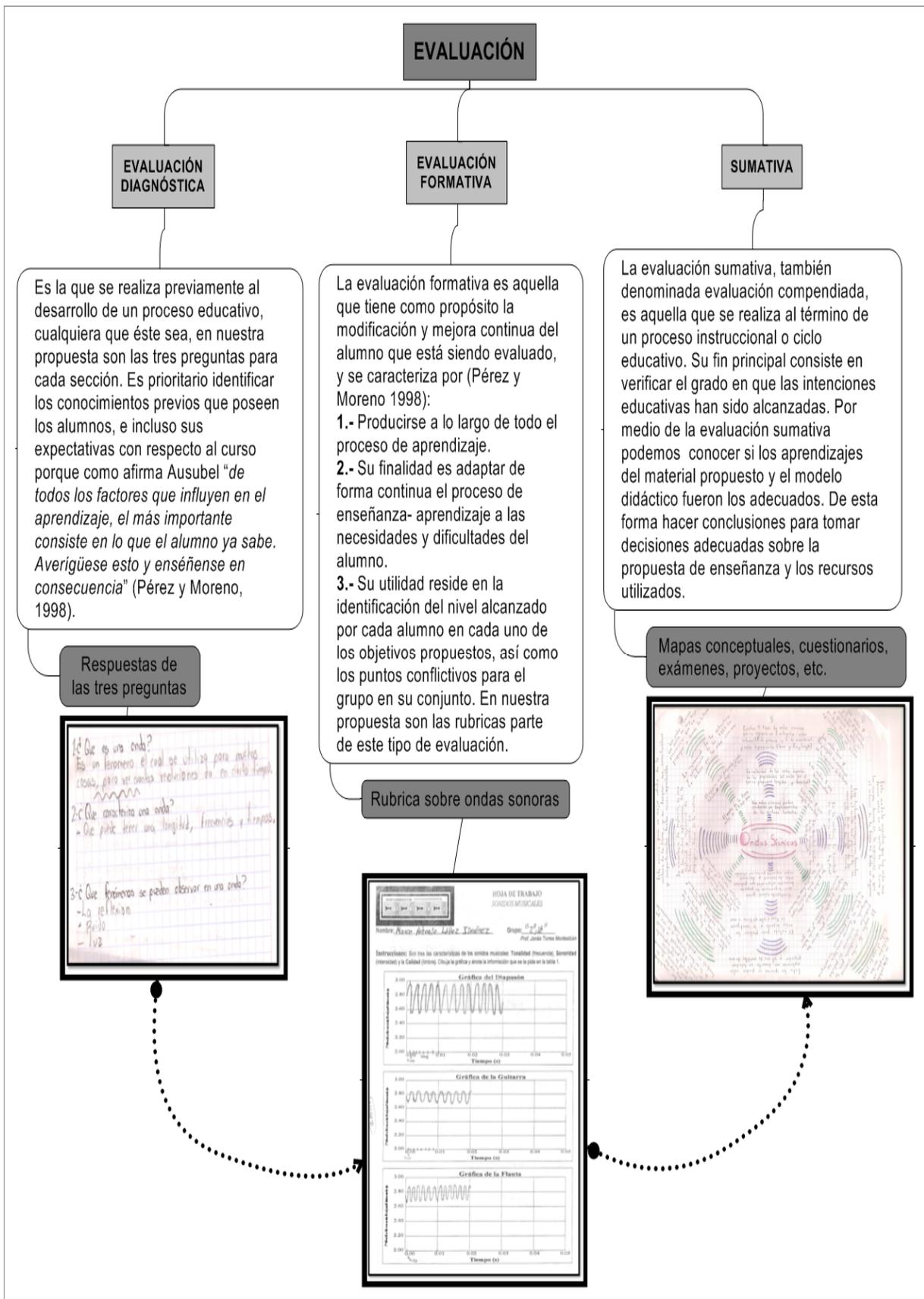


Figura 1.14.- Criterios de Evaluación considerados en la tesis.

RÚBRICAS

Las rúbricas son guías para la evaluación del aprendizaje de los estudiantes en las actividades propuestas en el material didáctico. Es una herramienta que empleamos para medir el nivel de desarrollo de la actividad. En la rúbrica se hace una descripción de los criterios con los que se evaluará el trabajo, así como el puntaje otorgado a cada uno de ellos, en la **figura 1.15** se muestra la rúbrica que establece de forma clara y precisa los criterios y elementos involucrados en cada una de las actividades de aprendizaje desarrolladas en esta propuesta y que proporciona la información que se analizada posteriormente en el **capítulo V**.

Es útil para retroalimentar sobre el desempeño, identificando los puntos donde tuvo éxito y donde falló el estudiante.

CRITERIOS	MUY BIEN 10	BIEN 9-8	REGULAR 7-6	DEFICIENTE 5-0
<i>LECTURA</i>	Resumen o mapa conceptual limpio claro y con todas las ideas principales.	Resumen o mapa conceptual limpio claro y no están todas las ideas principales.	Resumen o mapa conceptual limpio, no con mucha claridad y ni buena distribución de las ideas.	Resumen o mapa conceptual con la falta de claridad y faltan principales ideas.
<i>DISCUSIÓN EN EQUIPO</i>	Es participativo, muestra seguridad al expresar sus ideas y es claro al expresarlas.	Es participativo, muestra seguridad pero No expresa las ideas que se van a discutir.	No hay mucha participación. No expresa las principales ideas a discutir..	No hay participación.
<i>DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD</i>	Utiliza adecuadamente material que va a utilizar y desarrolla las actividades correctamente.	Utiliza adecuadamente material que va a utilizar y No desarrolla las actividades correctamente.	No menciona el material que se va utilizar y No desarrolla las actividades correctamente.	Improvisa en clase.
<i>APLICACIÓN DEL TEMA</i>	Traslada la información a su vida cotidiana y da ejemplos de aplicación.	Traslada la información a ejemplos cotidianos y tiene pocos ejemplos de aplicación.	Tiene problemas al trasladar la información. Proporciona vagos ejemplos de aplicación en la vida cotidiana.	No traslada la información y tampoco proporciona ejemplos de aplicación cotidiana.

Figura 1.15.- Rúbrica para evaluar las actividades del multimedia.

Las rúbricas para evaluar las respuestas a las tres preguntas de cada sección (**PRE-TEST** y **POST-TEST**). Estas tienen el propósito de explorar el nivel de dominio (fortalezas o limitaciones) que tiene el estudiante sobre determinados aprendizajes para cada sección y se consideran los aspectos mostrados en la **figura 1.16**. La escala para asignar valor a las respuestas de los estudiantes en cada sección proporciona la efectividad y poder pasar a la siguiente sección. La escala para la validación del material didáctico, tienen que ver con los aprendizajes en tareas específicas (procedimientos, métodos, técnicas y otros) y se puede proporcionar a otros docentes para su implementación y aprobación; y saber si este material realmente enseña lo que pretende.

CRITERIOS (Nivel alcanzado)	ESTÁNDARES (Ejecución específica por tipo de respuesta)
<i>Excelente manejo de los conceptos</i> (10)	Respuesta completa con claras explicaciones de los conceptos. Identifica todos los elementos fundamentales de los fenómenos involucrados, sus argumentos están plenamente justificados, provee ejemplos adecuados y pertinentes; ofrece información más allá de lo esperado.
<i>Respuesta competente sobre los conceptos</i> (8-9)	Respuesta bastante completa, presenta comprensión de los concepto; presenta argumentos sólidos; provee e identifica la mayoría de los elementos relacionados con los fenómenos involucrados.
<i>Defectos menores en los conceptos</i> (7)	La respuesta refleja un poco de confusión al explicar el concepto; presenta un argumento incompleto; provee e identifica algunos de los elementos fundamentales
<i>Serios defectos en los conceptos</i> (6)	La respuesta no muestra comprensión total en los conceptos. No provee una contestación completa; omite partes importantes; hace mal uso de los términos; la estrategia utilizada en las explicaciones es inapropiada. Es necesario que repita la sección de manera independiente antes de pasar a la siguiente sección.
<i>Intentos inefectivos para dar respuestas</i> (5-0)	Copia la pregunta; vago intento de contestar o deja en blanco la respuesta. Es necesario que repita la sección de manera completamente antes de pasar a la siguiente.

Figura 1.16.- Rúbrica para evaluar las preguntas generadoras.

Otro aspecto importante dentro de los criterios de evaluación, en particular la evaluación sumativa, es la entrega del informe de las actividades experimentales guiadas. Esto nos permitió también evaluar la calidad del material didáctico en cuanto a la instrucción detallada y que guíen de manera efectiva el trabajo cooperativo. La mejor fuente de información del trabajo en equipo y cooperativo, además de observar a los alumnos cuando trabajan, es el reporte final de la actividad. Los criterios que seguimos para evaluar el reporte experimental se muestra en la **figura 1.17**. El objetivo de este proceso es ayudar a los estudiantes a ser conscientes de sus interacciones y de la

influencia que tienen éstas en sus propios aprendizajes y en el de los demás (Eggen, 2005).

CRITERIOS	MUY BIEN 10	BIEN 9-8	REGULAR 7-6	DEFICIENTE 5-0
Investigación bibliográfica de conceptos	Esta será de media cuartilla mencionando los conceptos primordiales de la actividad.	Menciona los conceptos primordiales de la actividad. Pero se extiende a más de media cuartilla.	Esta será de media cuartilla pero no menciona los conceptos primordiales de la actividad.	Es más de media cuartilla y no menciona los conceptos primordiales de la actividad.
Desarrollo o procedimiento	Describe el material que utilizo en la actividad y de forma breve describe lo desarrollado.	No describe el material que utilizo en la actividad y describe en forma breve lo realizado.	Describe el material que utilizo en la actividad pero no describe lo realizado.	No describe el material que utilizo en la actividad y tampoco describe lo realizado.
Interpretación de resultados	Utiliza tablas, imágenes y graficas. Hace una interpretación adecuada de sus resultados y se apoya en las representaciones del material didáctico de manera efectiva.	Utiliza tablas, imágenes y graficas. No Hace una interpretación adecuada de sus resultados y se apoya en las representaciones del material didáctico de manera poco efectiva.	Utiliza tablas, imágenes y graficas. No Hace una interpretación adecuada de sus resultados y No se apoya en las representaciones del material didáctico.	No utiliza tablas, ni imágenes y ni graficas. No hace una interpretación de sus resultados.
Cumplimiento de las metas	El alumno a partir de todos los datos obtenidos argumenta si se cumplieron las metas y hace una buena comparación de las representaciones propuestas en el material.	El alumno a partir de todos los datos obtenidos argumenta si se cumplieron las metas y no hace una buena comparación de las representaciones propuestas en el material.	El alumno no argumenta si se cumplieron las metas y no hace una buena comparación de las representaciones del material.	El alumno no argumenta, no comparara y no muestra avance en las metas planteadas inicialmente.
Conclusiones	El alumno concluye con argumentos la razón científica de la actividad. Reuniendo todos los datos experimentales y teórico.	El alumno presenta una conclusión buena pero sin argumentos.	El alumno presenta una conclusión deficiente en donde no da argumentos.	El alumno no tiene conclusión o no tiene nada que ver con el tema a tratar.
Bibliografía	Cita textos pertinentes y de actualidad de acuerdo al tema, como mínimo 5 referencias libros, revistas y una página de internet.	Cita textos pertinentes y de actualidad de acuerdo al tema, como mínimo 3 referencias y una página de internet.	Cita textos pertinentes y de actualidad de acuerdo al tema, como mínimo 1 referencia o una página de internet.	No presenta bibliografía alguna.

Figura 1.17.- Rúbrica para evaluar el reporte final de la actividad.

CAPÍTULO II

CONTENIDOS DE FÍSICA SOBRE LA NATURALEZA DE LA LUZ

2.1. Importancia del estudio de la naturaleza de la luz en el bachillerato

Uno de los problemas en el área de la física al nivel medio y medio superior es el alto índice de reprobación, ya que la enseñanza de los conceptos de la misma, generalmente, se realiza en forma poco atractiva y se centra sólo en resolver problemas de final de capítulo de un libro de texto. Por lo cual, muchos estudiantes la consideran como una materia sin aplicación, aburrida, difícil y acabada. Otros de los problemas, es la gran cantidad de contenidos en los programas de física del bachillerato, los libros de texto poco atractivos, los recursos didácticos modernos mal organizados y pocos programas de actualización y/o profesionalización como la MADEMS que permitan a los docentes estar actualizados, para desempeñar cada vez mejor su labor en el proceso enseñanza-aprendizaje.

En este sentido, este trabajo pretende brindar a los profesores del bachillerato un material multimedia, bien organizado, que pueda ser usado para que los alumnos comprendan la naturaleza dual de la luz. Lo cual representa un reto para profesores y alumnos, ya que se deben tener claros los conceptos que involucra cada modelo: *ondulatorio* y *corpúscular*.

Para los seres vivos la fuente de luz natural es el Sol, que nos proporciona luz y calor para la vida en nuestro planeta. Por lo cual desde tiempos remotos, los fenómenos relacionados con la luz han llamado la atención: la reflexión, refracción, descomposición de la luz blanca (dispersión) e inclusive la interferencia y difracción, **figura 2.1** (<http://www.ilce.edu.mx/portal>).



Figura 2.1.- Ilustración del siglo XIII, en donde puede observarse: la propagación rectilínea de la luz, la reflexión de una imagen en un espejo, la refracción de la luz en el agua, la concentración de los rayos solares por una lente convergente y la formación de un arco iris (dispersión de la luz).

Se ha comprobado que la luz es parte del espectro electromagnético, lo cual ha permitido caracterizarla como un fenómeno ondulatorio. Además, la información que tenemos sobre el Universo proviene del análisis de la radiación electromagnética que nos llega de las estrellas cercanas y lejanas. Los planetas no brillan, únicamente reflejan la luz del Sol.

Por otro lado, los fenómenos de emisión de luz (espectros de emisión), emisión estimulada (láser), el efecto fotoeléctrico son fenómenos cuánticos los cuales pueden ser utilizados en diferentes aparatos que se usan en la vida diaria, medicina o en el área de la investigación científica, por lo cual es importante que los alumnos del bachillerato comprendan cómo se explican estos fenómenos al nivel microscópico y por qué el modelo ondulatorio no permite explicarlos.

Por ejemplo, se sabe que los mecanismos para producir luz son diferentes, pero al nivel microscópico sucede exactamente lo mismo, son transiciones de estados electrónicos de mayor a menor energía.

1. **Incandescencia**, un cuerpo alcanzando cierta temperatura, emite una radiación luminosa que es, además, característica de cada sustancia.
2. **Luminiscencia**, algunos seres vivos y sustancias que emiten luz sin quemarse producen luz usualmente a bajas temperaturas (**luz fría**). Existen varios fenómenos que se asocian a la luminiscencia y se distinguen unos de otros por sus orígenes y su duración como son: la **fluorescencia** y la **fosforescencia** (10^{-8} segundos es el tiempo promedio que un átomo tarda en radiar en la región visible del espectro electromagnético) y esto marca la diferencia entre un fenómeno fluorescente y otro fosforescente. La **bioluminiscencia**, que es la emisión de luz de un ser vivo, un proceso que ocurre a temperaturas bajas para no perturbar al organismo emisor, es decir, para no provocar quemaduras. Se presenta no sólo en varios tipos de insectos como las luciérnagas, también en algunos hongos, bacterias, algas marinas, moluscos, esponjas, gusanos y crustáceos.
3. **Láser** es una emisión estimulada, este concepto fue introducido por Albert Einstein y el posterior desarrollo de la **holografía**, técnica mediante la cual el frente de onda luminoso proveniente de un objeto, es primero registrado y posteriormente es utilizado para reconstruirlo. Esta reconstrucción del frente de onda brinda una reproducción fiel del frente de onda original, por lo que la holografía es capaz de registrar la imagen de un objeto conservando los efectos estereoscópicos.

Finalmente, si consideramos que muchos de los conceptos anteriores, se requieren para que un bachiller tenga los conocimientos que contribuyan a entender el mundo que los rodea y son una herramienta necesaria en su vida e indispensables para ingresar a estudios superiores. Además, con la generación constante de tecnologías relacionadas con este conocimiento, que se vuelve obsoletas rápidamente y se requiere, sobre todo, comprender dichos fenómenos, se hace más que importante y necesario el estudio de la naturaleza dual de la luz en este nivel.

2.2 Elementos de filosofía para la propuesta didáctica

La pertinencia de mencionar elementos de hermenéutica analógica en este trabajo, tiene sentido si antes definimos algunos conceptos que pueden justificarla. La *hermenéutica*, es la disciplina que se dedica a la interpretación de textos, entendiéndose al texto como un escrito, como una clase de física, una pintura, una imagen, etc. En principio todo es susceptible de ser interpretado. Sin embargo, un texto puede tener múltiples interpretaciones; *equivocismo* (hermenéutica romántica) o una única interpretación; *univocismo* (hermenéutica positivista), puede haber dos extremos, uno reduccionista donde sólo hay una interpretación o relativista, donde todas las interpretaciones son válidas.

Considerando lo anterior se requiere de una mediación entre el univocismo y el equivocismo, y es aquí donde puede ser incorporada la interpretación *analógica*. En este sentido la interpretación analógica es una interpretación equilibrada tendiendo a la diferencia. La analogía asocia términos que tiene un significado en parte común y en parte distinto (Beuchot, 2005).

La propuesta didáctica de la tesis, contempla un modelo estratégico que hace uso de elementos pictográficos, analogías y ecuaciones; por lo que es necesario, hacer una reflexión hermenéutica analógica en cuanto a los elementos **icónicos** de éste trabajo. Consideremos la propuesta de Mauricio Beuchot, referida a una hermenéutica analógica-icónica. Se sabe que estamos en la época de las imágenes y nuestro material didáctico desarrollado e instrumentado hace uso de diferentes tipos de imágenes móviles y fijas como apoyo, **figura 2.2**. La *iconicidad* es lo análogo y lo análogo tiene un gran potencial cognitivo, es decir, el *ícono* permite comprender a varios niveles un concepto o mensaje asociado al mismo.

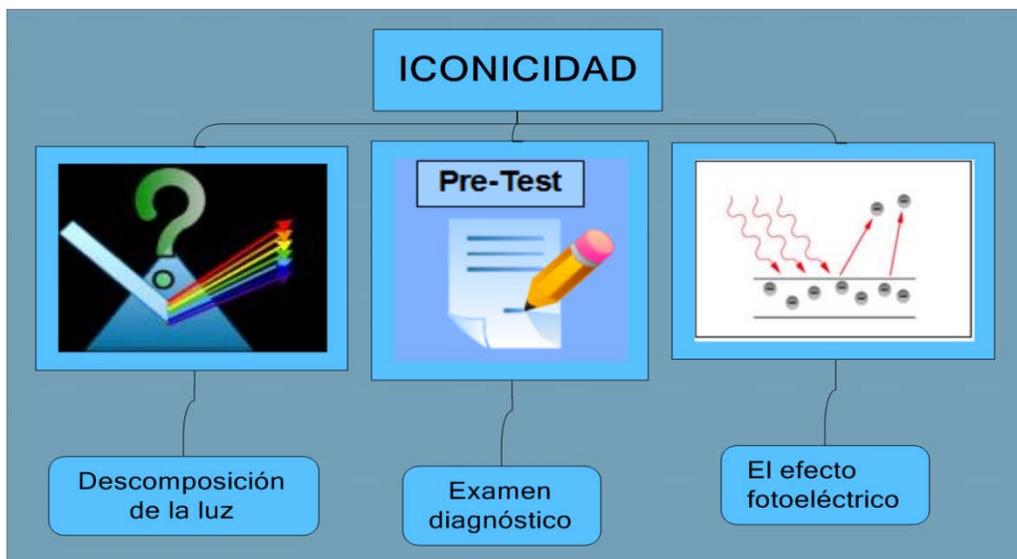


Figura 2.2.- Algunos iconos utilizados en el multimedia.

En una clasificación sobre el **ícono**, Peirce citado en (Beuchot, 2005) lo divide en *imagen*, *diagrama* y *metáfora*. Los tres son formas del ícono, y los tres son análogos. La *imagen* es analógica, porque nunca es copia, duplicado perfecto, aunque es lo que

tiene más univocidad. La *metáfora* es el tipo de icono o análogo que más tiende a la equivocidad es decir, la que más corre peligro de ambigüedad. El *diagrama* sería el icono más análogo, el diagrama puede ser desde un esquema hasta una ecuación, pero siempre contiene la realidad que designa o significa. Por eso, el icono es el signo que, viendo un fragmento, vemos el todo, **figura 2.3**. Es así, como mediante imágenes, gráficos y diagramas, pretendemos hacer que nuestro material didáctico proporcione una guía que permita ver en lo global los elementos conceptuales que se pretenden enseñar, así como los procesos e instrucciones que debe desarrollar el estudiante para lograr los objetivos establecidos en cada sección del material didáctico.

Con esto se trata de no tener un material fragmentado, que no lleve a ningún lado a los estudiantes, por el contrario, se integraron en lo posible todos los recursos involucrados, textos, imágenes, gráficos y ecuaciones. Siguiendo la propuesta analógica-icónica, para reunir los recursos informativos y darle un sentido jerarquizante o gradual de los contenidos y un orden integrador de los recursos (los multimedia). En este sentido, una interpretación analógica sobre este trabajo, tiene que ver con proveer al estudiante información gradual, jerárquica e integradora, que permita varias interpretaciones posibles como válidas, con una estructuración significativamente lógica y psicológica.

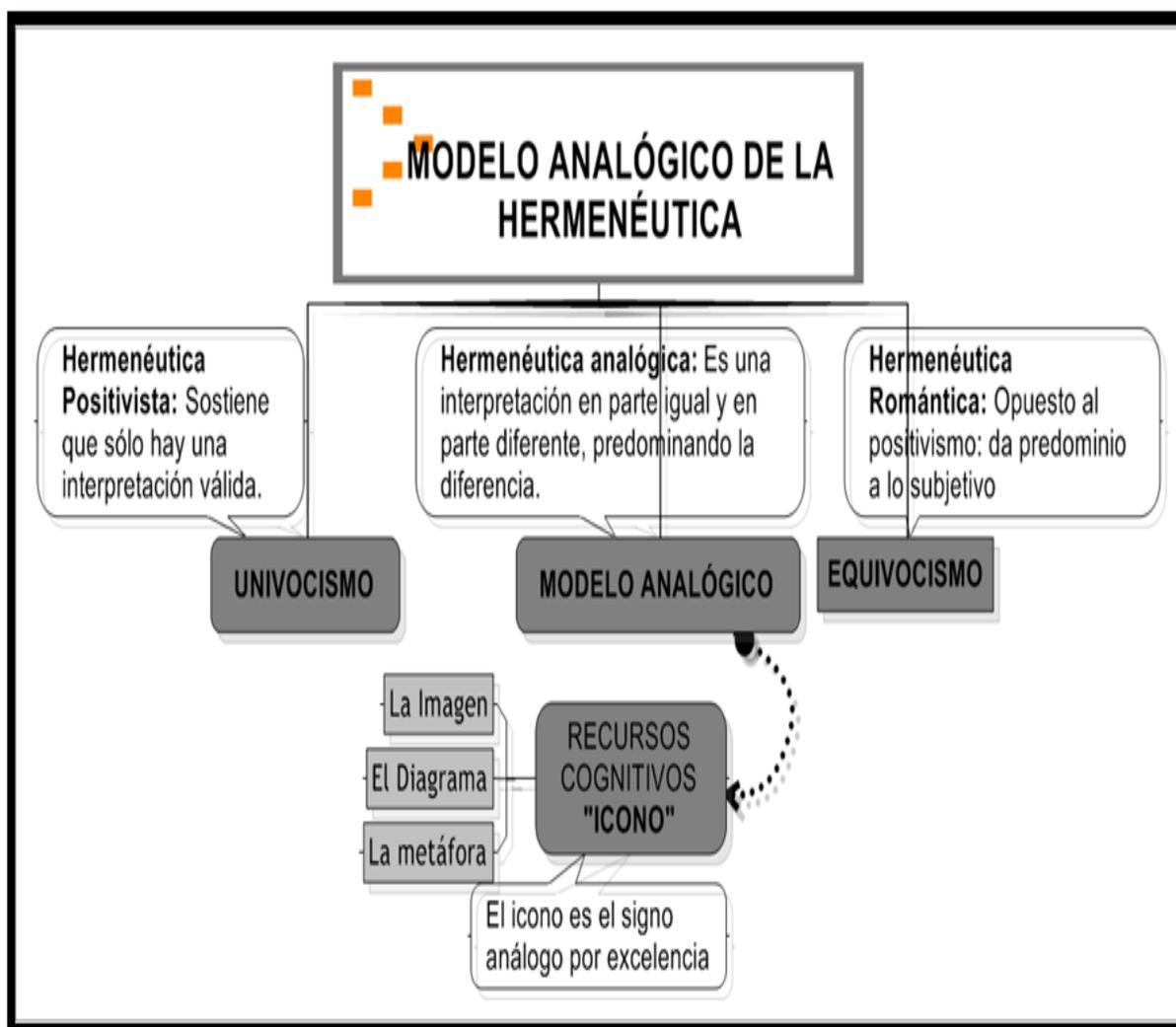


Figura 2.3.- Hacia una hermenéutica analógica-icónica.

2.3.- La historia en la enseñanza de la física

Uno de los aspectos que deben tomarse en cuenta en el proceso enseñanza-aprendizaje, es la *historia* de la ciencia (Varela, 2000), esto permite a los alumnos:

- a) Comprender que la ciencia es el producto del esfuerzo de muchos seres humanos.
- b) Estudiar la metodología científica en general, valorando el pensamiento lógico y analítico (pensamiento lineal) como la función creativa e imaginativa (pensamiento lateral).
- c) Analizar los métodos de estudio de los fenómenos naturales, que muchas veces están más próximos a la filosofía de la ciencia, evitando la idea reduccionista de un método científico único e infalible.
- d) Cambiar la imagen del científico como un ser aislado, alejado de la realidad cotidiana
- e) Dejar de considerar a la ciencia como algo lejano e incomprensible.

A continuación se hace un breve resumen histórico de los personajes involucrados en los fenómenos relacionados, así como la forma en que va cambiando el modelo de la naturaleza de la luz.

2.3.1.- Algunos datos históricos y la luz.

Desde la época de los griegos, se sabía de la propagación rectilínea de la luz y la ley de la *reflexión* enunciada por Euclides. En la Edad Media, el físico, matemático árabe y astrónomo Alhazen (965-1040) estudió la *refracción* de la luz, además de trabajar sobre el origen del arco iris. Escribió el primer tratado sobre lentes basados en la óptica geométrica y describió la formación de la imagen de un objeto en el ojo humano, difundió sus conocimientos en Europa. Se dice que construyó la primera cámara oscura.

Roger Bacon (1215-1294) propuso utilizar lentes para corregir problemas de la vista. Por otro lado, Leonardo da Vinci (1452-1519) utiliza la cámara oscura para el desarrollo de muchos proyectos. En Padua, Galileo Galilei (1564-1642) construyó su propio telescopio. Posteriormente, el microscopio compuesto fue inventado, probablemente por Zacharias Janssen (1588-1632) y un modelo posterior fue desarrollado por Johannes Kepler (1571-1630).

Willebrord Snell (1580-1626), descubrió empíricamente la ley de la refracción. René Descartes (1596-1650), fue el primero en publicar esta ecuación, en términos de los ángulos de incidencia y de refracción.

El fenómeno de *difracción*, fue estudiada por Francesco María Grimaldi (1618-1663), quien observó las bandas de luz dentro de la sombra de una varilla iluminada por una fuente. Robert Hooke (1635-1703), fue el primero en estudiar los patrones de interferencia coloreados y propuso que la luz era un movimiento vibratorio del medio

propagándose a una gran velocidad. Éste fue el comienzo de la *teoría ondulatoria de la luz*.

Isaac Newton (1642–1727), propone un modelo corpuscular de la luz y a la edad de 23 años comenzó su experimento sobre la dispersión. Newton concluyó que la luz blanca estaba compuesta de una gama completa de colores independientes. Quizá su principal razón para rechazar la teoría ondulatoria, tal como se presentaba entonces, era el desalentador problema de explicar la propagación rectilínea en términos de ondas que se dispersaban en todas direcciones.

Christian Huygens (1629-1695), estaba difundiendo ampliamente la teoría ondulatoria de la luz en Europa y concluyó que la luz disminuía su velocidad al entrar en medios más densos. Pudo deducir las leyes de la reflexión y la refracción. También descubrió el fenómeno de la *polarización* de la luz.

La velocidad de la luz fue calculado con mayor precisión por el danés Ole Christensen Romër (1644-1710), Romër desarrolló un estudio cuidadoso de los eclipses y explicó la velocidad finita de la luz, además pudo calcular que la luz tardaba 20 minutos en cruzar el diámetro de la órbita de la Tierra alrededor del Sol. Huygens y Newton estaban convencidos de la validez de los cálculos de Romër.

Newton estaba en contra de la teoría ondulatoria de manera que los partidarios de ésta sentían un gran peso por su opinión. Sin embargo, la teoría ondulatoria de la luz se consolidó con Thomas Young (1773-1829), quien trabajó con fenómenos tan importantes como son la *interferencia* y la difracción de la luz.

La idea de que fenómenos como el calor, el magnetismo y la luz podían entenderse como fluidos, estaba muy generalizada en la época de Faraday. Los experimentos de éste con la luz, a mediados del siglo XIX, le permitieron discutir sobre su naturaleza, o que se había iniciado a partir de los experimentos de Young y estableció una correlación entre el electromagnetismo y la luz cuando encontró que la polarización de un haz de luz puede alterarse con un campo magnético fuerte.

En esa época se pensaba que la luz era simplemente una manifestación de vibraciones ortogonales del *éter*, transversales a la dirección del rayo luminoso. Por lo que, hacia 1825 la teoría corpuscular tenía unos cuantos partidarios. La primera medición terrestre de la velocidad de la luz la efectuó Armand Hippolyte Louis Fizeau (1818-1896) en 1849 y encontró que ésta era 315 300 km/s.

En 1834 Charles Wheatstone (1802-1875) había diseñado un arreglo de espejos rotatorios a fin de medir la duración de un chispazo eléctrico. Mientras ocurría esto en los fenómenos ópticos, el estudio de la electricidad y el magnetismo estaba también dando frutos de manera independiente. Se resumieron elegantemente la electricidad y el magnetismo en un conjunto de ecuaciones matemáticas, las *ecuaciones de Maxwell*. Se pensaba que una onda electromagnética se podía propagar como una onda transversal en el éter.

Después de varios experimentos se observó que la luz se comportaba como si la Tierra estuviera en reposo con respecto al “éter”, la cual era una sustancia que estaba en todo el espacio exterior invisible, imponderable y elástico. Mientras tanto en el continente

Americano, Albert Abraham Michelson (1852-1931) a la edad de 21 años ya tenía una medición precisa del valor de la velocidad de la luz.

Años más tarde Michelson se unió al profesor de química Edward Williams Morley (1838-1923), para hacer con mayor precisión el experimento de determinación de la velocidad de la luz. El 19 de octubre de 1900, Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947), presentó un artículo ante la German Physical Society en el que se presentaban las bases de lo que sería otra gran revolución en el pensamiento científico, la *Mecánica Cuántica*.

Einstein en 1905, basándose en estas ideas propuso una nueva *teoría corpuscular* en la cual afirmaba que la luz consistía en paquetes de energía. Cada uno de estos *cuantos* de energía o *fotones*, como se llamarían posteriormente, tenían una energía proporcional a su frecuencia ν , es decir $E = h\nu$ donde h es conocida como la constante de Planck.

Durante las dos primeras décadas del siglo pasado hubo aportaciones al conocimiento de la mecánica cuántica con Bohr, Rutherford, Born, Heisenberg, entre muchos otros. Gradualmente se hizo evidente que los conceptos corpusculares y de onda, que en el mundo *macroscópico* parecen ser excluyentes, deben complementarse, más que excluirse uno del otro.

Ernest Rutherford (1871-1937), físico experimental, en 1911, lanza partículas alfa contra finas capas de diversos metales y cuenta las partículas emergentes, y los ángulos que forman las trayectorias. Usando el electromagnetismo clásico, infiere que la estructura del átomo tiene un centro masivo y con carga. Sin embargo, le inquietaba la estabilidad de su modelo atómico, ya que debería de acuerdo a la Teoría Electromagnética ser inestable.

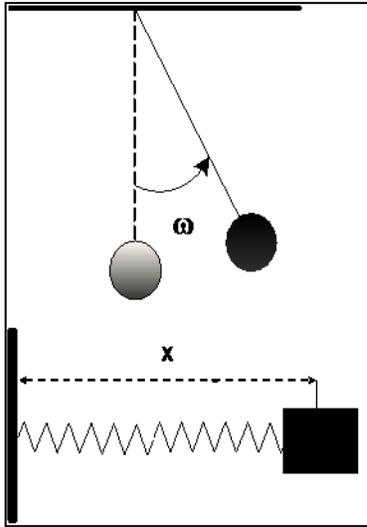
Niel Bohr nace en la ciudad de Copenhague en octubre de 1885, interesado en la estructura del átomo; complementando la idea el modelo atómico de Rutherford, plantea que el electrón exterior debe estar en movimiento circular en torno al núcleo para evitar el colapso que produciría la fuerza atractiva con el núcleo. Bohr apuesta a una nueva concepción física y razona que si la información que dan los átomos por sus espectros es un conjunto discreto de determinadas líneas, esto debe corresponder a una estructura del átomo discreta que debe implicar un conjunto de órbitas en las que el electrón no emite radiación.

Finalmente, una cita de Heisenberg en 1969, dice:

“...el progreso de la ciencia sólo exige de los que en ella cooperan el admitir y elaborar nuevos contenidos intelectuales. Cuando se pisa un terreno realmente nuevo puede suceder que no solamente haya que aceptar nuevos contenidos, sino que es preciso, además, cambiar la estructura de nuestro pensar si se quiere comprender lo nuevo...” (Lahera, 2004).

2.4.- Ondas, Luz e Interferencia

2.4.1.- Ondas Mecánicas



El *movimiento oscilatorio* puede observarse en un péndulo o en un resorte con masa, que se desplazan de su posición de equilibrio. También en la vibración de las cuerdas de una guitarra. Estos sistemas simples, como un péndulo que oscila y la masa con un resorte, pueden describirse a través de una sólo magnitud, se dice que tiene un *grado de libertad*.

a) En el péndulo la longitud permanece constante y el movimiento se da en un plano, pero restringido a un arco de circunferencia (un grado de libertad).

b) En el caso del resorte el desplazamiento en x se realiza en una sola dimensión (un grado de libertad).

Figura 2.4.- Péndulo y resorte, ejemplos de ondas mecánicas.

Dada su simplicidad es posible estudiarlos con detalle, así como realizar su análisis a través de la conservación de energía mecánica, considerando la energía potencial (gravitacional o elástica) y la energía cinética de cada una de las masas, si es que el *sistema es conservativo*.

Las *ondas mecánicas* son las ondas en los medios materiales, éstas se pueden describir por alguna magnitud física cuyo desplazamiento del valor de equilibrio varía con la posición en el sistema y el tiempo. Están referidas como partes móviles que son masas puntuales, sujetas a fuerzas de retorno, **figura 2.4**, (Crawford, 1994).

Si se imagina un objeto, como una cuerda, o una campana, por ejemplo. Cada uno de estos cuerpos contiene átomos que forman un *medio elástico*. Como resultado de una fuerza de restitución, la fuerza elástica, la perturbación regresa a su configuración de equilibrio, los átomos que son desplazados interactúan con otros más, y así el proceso de desplazamiento continúa y la energía se transfiere de átomo en átomo. La perturbación de un medio bajo la influencia de una fuerza de restitución es común en todas las *ondas mecánicas*.

2.4.2. Ondas longitudinales y ondas transversales

Existen dos tipos simples de ondas: *longitudinales* y *transversales*, hay también ondas de torsión y las ondas en el agua, que son combinación de las dos. Como en un resorte de la **figura 2.5**, cuando el medio se desplaza en dirección paralela a la dirección de propagación, la onda es longitudinal (“a lo largo”), por ejemplo las ondas de compresión en una campana, las ondas sonoras en general y ciertas ondas sísmicas son longitudinales.

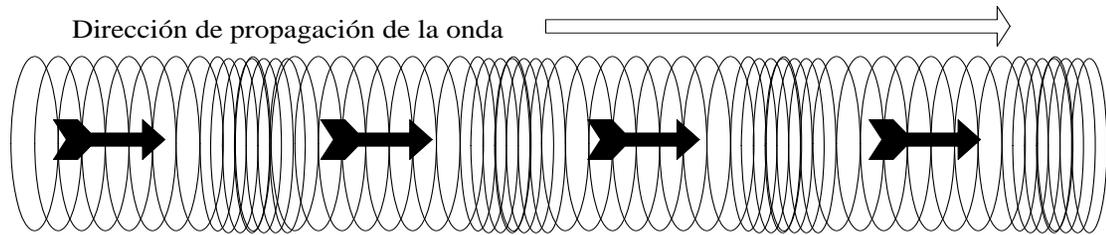


Figura 2.5.- Ondas longitudinales.

Si el extremo del resorte como en la **figura 2.6**, se desplaza hacia arriba y hacia abajo, se producirá una perturbación, ésta se moverá como un pulso a lo largo del resorte. En este caso, la perturbación se desplaza en dirección perpendicular a dirección de propagación, esta onda es transversal.

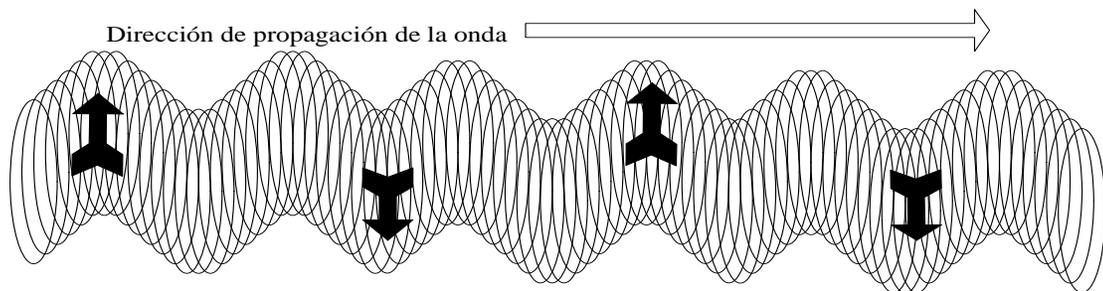


Figura 2.6.- Onda transversal.

Una onda pueden caracterizarse a través de cuatro magnitudes: **amplitud**(A), la **longitud de onda** (λ), la **frecuencia** (ν), el **periodo** (T) y la velocidad de propagación (v). Por simplicidad se ilustran algunas de estas magnitudes en una onda transversal, **figura 2.7**.

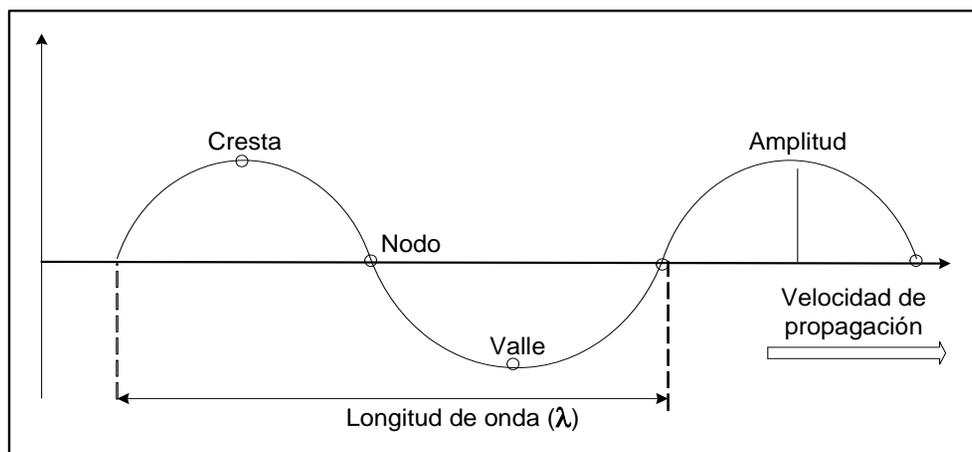


Figura 2.7- Magnitudes que definen una onda.

El periodo (T) se define como el tiempo para realizar un recorrido completo, u oscilación. Su inverso ($\frac{1}{T}$) es la **frecuencia** ν , que es el número de oscilaciones completas por unidad de tiempo. El desplazamiento máximo con respecto a la posición

de equilibrio es la amplitud (A). La *longitud de onda* (λ) es la distancia entre dos crestas o valles adyacentes como se muestra en la **figura 2.7**. La velocidad de propagación (v) de una onda puede obtenerse del producto de $v\lambda$.

2.4.3.- Reflexión, refracción y reflexión total interna

Las leyes básicas de la óptica geométrica son las *leyes de reflexión* y las *de la refracción*. Ambas, pueden explicarse a través de varios modelos, entre los más utilizados están los de rayos o el ondulatorio, debido a la simplicidad del primero se utiliza casi siempre en el bachillerato.

Las leyes de la reflexión son:

1. El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. $\theta_i = \theta_r$
2. El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal a la superficie se encuentran en el mismo plano.

Como se muestra en la **figura 2.8**:

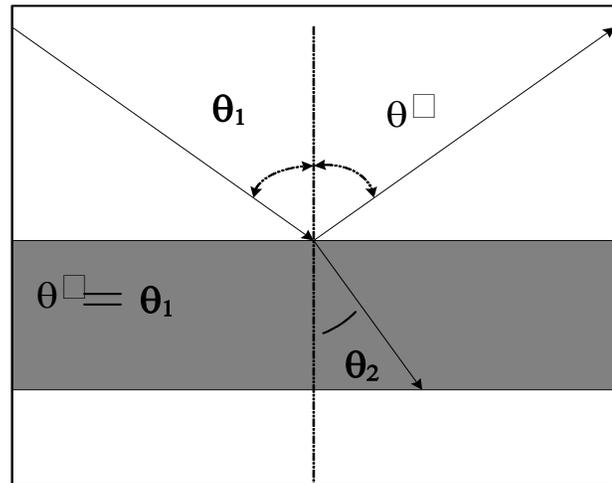


Figura 2.8.- El ángulo de reflexión θ_r , es igual al ángulo de incidencia θ_i . Esto es cierto si y sólo si la reflexión es especular.

Las leyes de la refracción son, figura 2.9:

1. Ley de Snell: $n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2$
2. El rayo incidente, el rayo refractado y la normal a la superficie se encuentran en el mismo plano.

La trayectoria de un rayo refractado entre dos medios es exactamente reversible (Tippens, 2005).

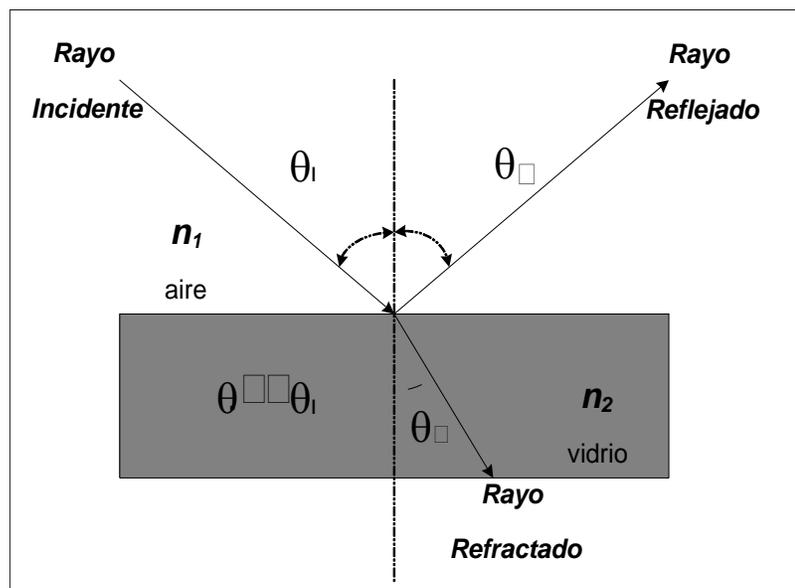


Figura 2.9.- Rayos incidente, reflejado y refractado de la luz que alcanza la superficie aire-vidrio. El ángulo de refracción θ_2 es menor que el ángulo de incidencia θ_1 .

Para 1620 Snell, había estudiado el fenómeno de la refracción de la luz y analizado un gran número de medidas de los ángulos de incidencia y de refracción para distintos medios transparentes, concluyó que había una relación constante entre las funciones seno de estos ángulos, **ecuación 2.1**. Esta constante es característica de dos medios, y por lo tanto, para cada par de sustancias tiene un valor diferente. El valor de esta constante es igual al cociente $\frac{v_1}{v_2}$, entre las velocidades de la luz en uno y otro medio, éste se conoce como índice de refracción.

$$n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2 \dots \dots \dots (2.1)$$

Índice de refracción está dado por la **ecuación 2.2**.

$$n = \frac{c}{v} \dots \dots \dots (2.2)$$

Si sustituimos n por $\frac{c}{v}$ para cada una de las velocidades en cada medio en la **ecuación 2.1**, se puede escribir la ley de refracción como en la **ecuación 2.3**.

$$\frac{c}{v_1} (\text{sen} \theta_1) = \frac{c}{v_2} (\text{sen} \theta_2) \dots \dots \dots (2.3)$$

Dividiendo entre c se obtiene la **ecuación 2.3**:

$$\frac{\text{sen} \theta_1}{v_1} = \frac{\text{sen} \theta_2}{v_2} \dots \dots \dots (2.4)$$

La **ecuación 2.4**, es la ley de Snell.

En general, cuando un rayo pasa de un medio transparente a otro, parte de la luz se refleja y parte se transmite, por eso la intensidad del rayo reflejado y el refractado son menores que la del rayo incidente.

Reflexión total interna

Cuando un rayo de luz pasa de un medio transparente a otro y el primer medio tiene un índice de refracción n más grande que el segundo, puede producirse el fenómeno denominado reflexión total interna, en el cual la luz no se transmite al segundo medio, toda se refleja dentro del primer medio. Este fenómeno solo se produce para ángulos de incidencia superiores a un cierto ángulo crítico, θ_c , cuando $\theta_2 = 90^\circ$, lo cual implica que $\text{sen} \theta_2 = 1$.

Geométricamente lo que pasa es que el rayo refractado sale a 90° de la normal a la superficie que separa a los dos medios transparentes. Si $\theta_c = \theta_1$, usando la ley de Snell se tiene que: $\text{sen} \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$, lo cual permite calcular este ángulo crítico para dos medios con índices de refracción conocidos.

La reflexión total interna se utiliza en fibras ópticas para transmitir la luz a través de ellas. En la **figura 2.10**, podemos ver este fenómeno con un chorro de agua y un láser. En una fibra óptica el material interno tiene un índice de refracción más grande que el medio que lo rodea, que generalmente es aire.

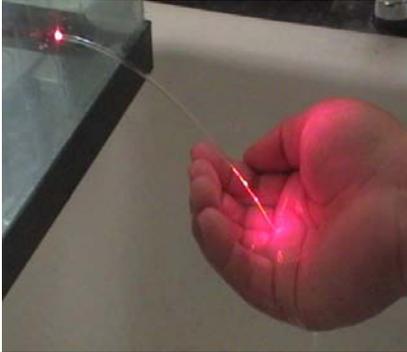


Figura 2.10.- La reflexión interna total es un fenómeno que sólo ocurre cuando la luz pasa de un medio con mayor índice de refracción a uno con menor índice de refracción. Se produce cuando un rayo de luz incide tiene un ángulo mayor al ángulo crítico.

La reflexión total interna es responsable de los destellos de luz que se observan en un diamante tallado y juega un papel importante también a la hora de formar el arco iris a través de los fenómenos de refracción, reflexión interna total y de nuevo refracción producida en gotas de agua de lluvia, **figura 2.11**.

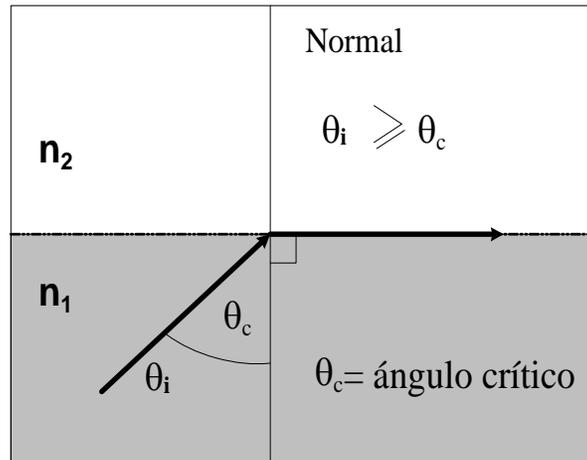


Figura 2.11.- Diferentes índices de refracción y ángulo crítico.

2.4.4. Interferencia

El fenómeno de interferencia de la luz puede explicarse con el modelo ondulatorio. Por simplicidad se explicará este fenómeno con una onda armónica, ésta es una función que contiene un seno o un coseno. En la **figura 2.12**, se muestra el desplazamiento de una onda armónica donde, **A** es la amplitud y **T** es el periodo.

La **ecuación 2.5**, muestra la función de una onda que se mueve hacia la derecha con amplitud **A**, frecuencia angular ω y ϕ es el ángulo de fase.

$$x = A \cos(\omega t + \phi) \dots\dots\dots(2.5)$$

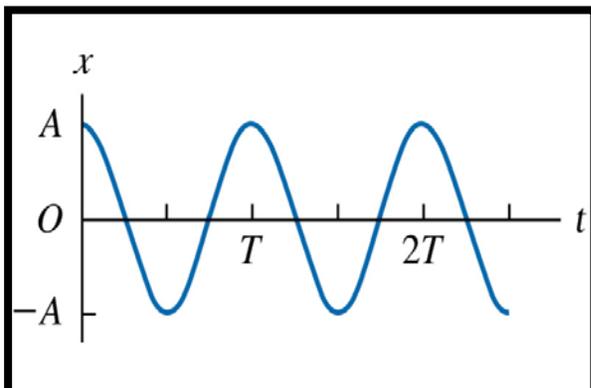


Figura 2.12.- Onda armónica en un cierto instante de tiempo, **A** es la amplitud y **T** es el periodo.

Si hay varias ondas armónicas como las de la **figura 2.13**, con la misma amplitud y frecuencia, pero diferente fase se pueden superponer entre ellas. Si la diferencia de fase es nula, es decir, si ambas están en fase, la resultante tiene una amplitud doble y se denomina **interferencia constructiva**. Pero si la diferencia de fase es de π radianes = 180° , las ondas están desfasadas en oposición y se anulan; a este tipo de superposición se denomina **interferencia destructiva** (Tipler, 1995).

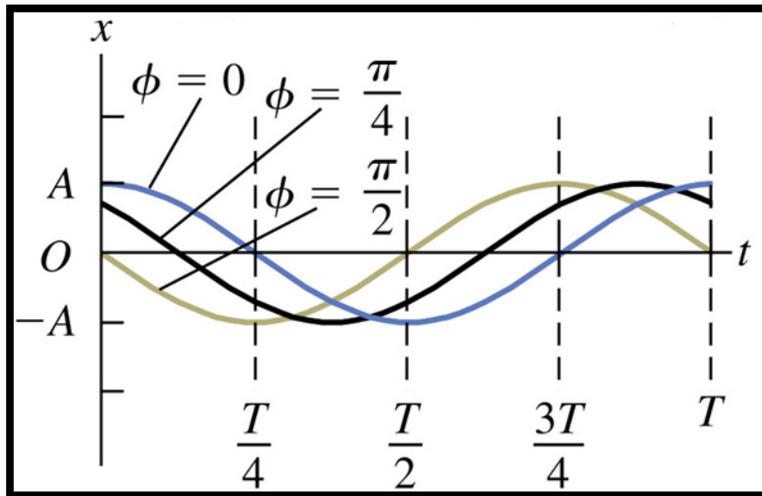


Figura 2.13.-Desplazamiento en función de la posición para tres ondas armónicas que tienen la misma amplitud (A), frecuencia (ν) y longitud de onda (λ) pero difieren en ángulo de fase (ϕ).

Cuando se arroja dos piedras al agua las ondas que produce cada una pueden superponerse y formar un patrón de interferencia. En este patrón los efectos de las ondas se pueden incrementar, reducir o neutralizar **figura 2.14**. Cuando la cresta de una onda se superpone a la cresta de otra, los efectos individuales se suman, el resultado es una onda de mayor amplitud se **refuerza** (interferencia constructiva), y cuando la cresta de una onda se superpone al valle de otra, los efectos individuales se reducen, esto es una **cancelación** (interferencia destructiva). La interferencia es un fenómeno que se presenta en todo tipo de ondas cómo: ondas en el agua, ondas sonoras o las ondas electromagnéticas como la luz.

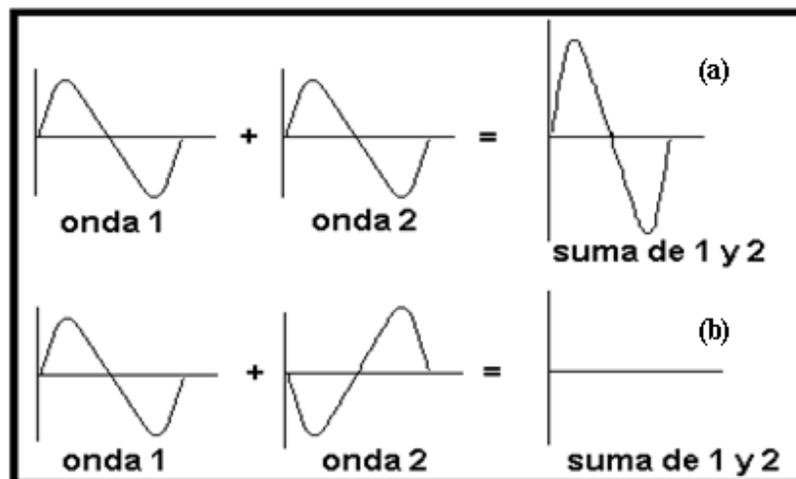


Figura 2.14.- Interferencia constructiva (a) e interferencia destructiva (b).

2.4.5.- Difracción

La difracción tiene lugar siempre que un frente de onda atraviesa un obstáculo o abertura del tamaño menor o del orden de la longitud de onda (λ) de la luz incidente. De acuerdo con el *principio de Huygens*, después de atravesar el obstáculo o la abertura, **figura 2.15**, cada punto del frente de onda se convierte en un centro emisor puntual, los cuales interfieren constructiva o destructivamente para formar el patrón de difracción: zonas luminosas y zonas oscuras. Su forma, depende de la geometría de la ranura u orificio.

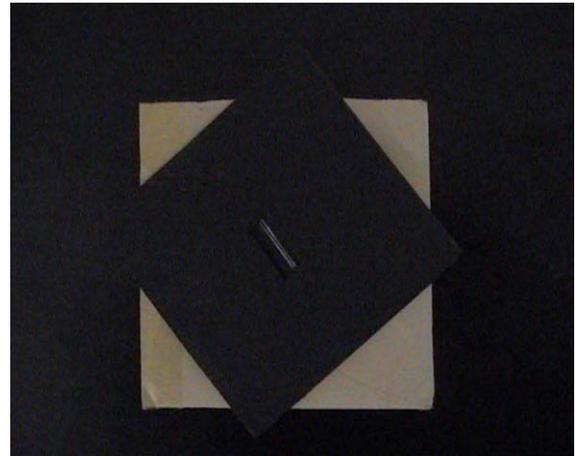


Figura 2.15.- Una ranura delgada para observar el fenómeno de difracción de la luz construida fijando dos cartoncillos en una porta diapositivas.

El experimento de Young

Puede utilizarse una pantalla **P** en donde se hacen dos pequeños orificios muy próximos **b** y **c**, que se iluminan con un foco **F** en **a** de luz monocromática, **figura 2.16**. Se coloca una segunda pantalla **P'**, se observa que la luz procedente de **b** y **c** no la iluminan uniformemente a **P'**, sino que se produce en ella una serie de franjas brillantes y oscuras, llamadas franjas de interferencia (constructiva o destructiva) o patrón de difracción.

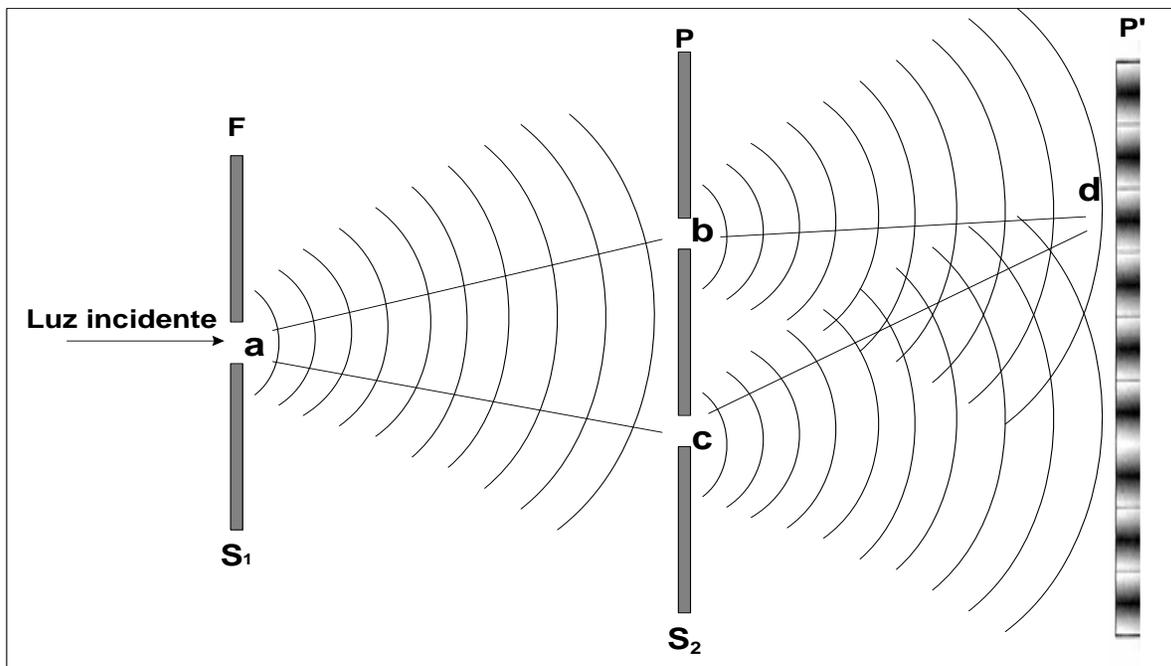


Figura 2.16.- Interferencia de las dos ondas en que se descompone una que llega a una rendija doble. El resultado son zonas reforzadas, nulas e intermedias. En el caso de la luz, se ven franjas brillantes, oscuras y luminosidad intermedia.

Es posible obtener la *longitud de onda* λ de la fuente luminosa (monocromática) si se conocen: **D** la distancia de los focos a la pantalla, **a** la distancia entre focos **b** y **c**, y se mide δ que es la distancia entre dos franjas brillantes o dos franjas oscuras con la **ecuación 2.6**:

$$\delta = \frac{D\lambda}{a} \dots\dots\dots(2.6)$$

2.5.- Las ondas electromagnéticas

En el siglo XIX son explicadas teóricamente y es Maxwell quien establece que la luz es una onda electromagnética, además la velocidad de la luz aparece en sus ecuaciones, que resumen todos los fenómenos eléctricos y magnéticos, como uno sólo.

Las características de toda onda electromagnética son, **figura 2.17**:

1. *Son ondas transversales y son generadas por campos eléctricos y magnéticos que oscilan en el tiempo y que son perpendiculares entre sí.*
2. *Pueden propagarse en medios materiales y el vacío.*
3. *Todas viajan en el vacío a la velocidad **c** de la luz.*

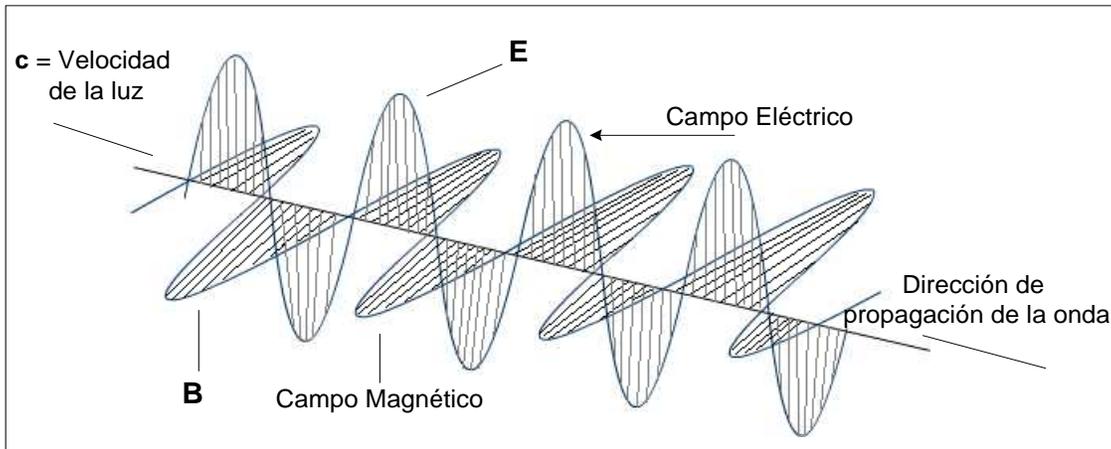


Figura 2.17.- Una onda electromagnética.

En 1887, veintitrés años después de los trabajos de Maxwell, Heinrich Rudolf Hertz, emprendió la tarea de mostrar que una corriente eléctrica oscilante emite ondas electromagnéticas. El método de Hertz era relativamente sencillo, el emisor constituido por dos esferas conectadas a una bobina, que comunica a las esferas una gran cantidad de carga de signo opuesto. Su diferencia de potencial llega a ser tan grande que salta la chispa entre ellas, oscilando las cargas de una a otra hasta que se alcanza el equilibrio. Encontró que en el receptor se reproducía la oscilación, lo que ponía de manifiesto la existencia de una radiación electromagnética, aún denominada hertziana (Solbes, 1996). En la actualidad, las ondas hertzianas se emiten con antenas (básicamente dos varillas conductoras conectadas a un generador de corriente alterna).

Maxwell había descubierto la solución a uno de los más grandes misterios del universo: la naturaleza de la luz. Si se ponen a vibrar cargas eléctricas con frecuencias del orden de 4.3×10^{14} a 7×10^{14} hertz (vibraciones por segundo). La onda electromagnética resultante activa las “antenas eléctricas” de la retina del ojo. La luz no es otra cosa que ondas electromagnéticas, cuyas frecuencias están comprendidas en este intervalo (400nm-700nm). El extremo bajo de este intervalo se ve rojo, y el extremo alto se ve violeta. Maxwell comprendió que toda radiación, cualquiera que sea su frecuencia, se propaga con la misma rapidez que la de la luz. Pero, la teoría electromagnética de Maxwell, que había explicado con gran éxito la fenomenología de la luz, parecía tropezar ahora con problemas al aplicarse a fenómenos asociados a la radiación de cuerpo negro, los espectros de emisión y al efecto fotoeléctrico.

2.5.1.- El espectro electromagnético

El espectro electromagnético está compuesto por una diversidad de ondas: radio, microondas, infrarrojo, luz visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma. Como una onda electromagnética viaja a la velocidad de la luz c ésta puede caracterizarse en términos de su longitud de onda λ frecuencia ν quedando, **ecuación 2.7**.

$$c = \nu\lambda \dots\dots\dots(2.7)$$

Como puede verse en la **figura 2.18**, la parte del espectro electromagnético que corresponde al visible es muy pequeña, aproximadamente desde los 400 nm hasta los 700 nm. Además, cada tipo de onda puede caracterizarse en términos de la energía que transporta y que está relacionada directamente con su frecuencia o longitud de onda, **figura 2.19**. Una frecuencia alta (longitud de onda pequeña) implica un transporte de energía alta y una frecuencia baja (longitud de onda grande) un transporte bajo de energía.

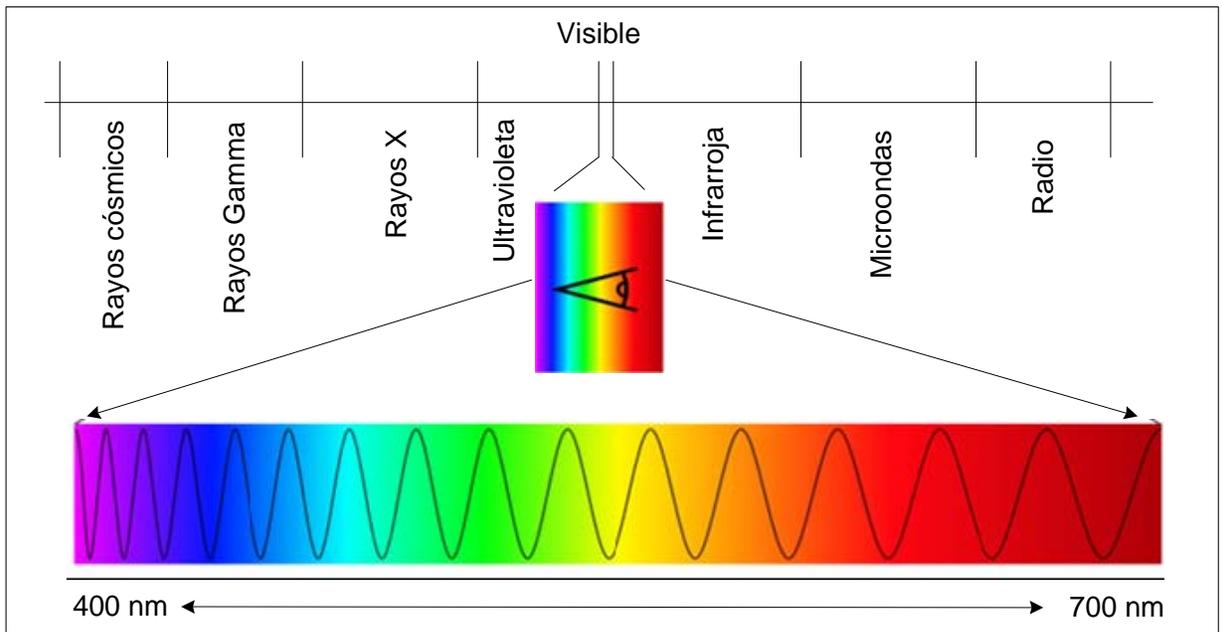


Figura 2.18.-. Espectro electromagnético.

Radiación	λ (m)	ν (Hz)	E (J)
Rayos gamma	< 10 pm	>30.0 EHz	>19.9 x 10 ⁻¹⁵
Rayos X	< 10 nm	>30.0 PHz	>19. x 10 ⁻¹⁸
Ultravioleta Extremo	< 200 nm	>1.5 PHz	>993 x 10 ⁻²¹
Ultravioleta Cercano	< 380 nm	>789 THz	>523 x 10 ⁻²¹
Luz Visible	< 780 nm	>384 THz	>255 x 10 ⁻²¹ J
Infrarrojo Cercano	< 2.5 μ m	>120 THz	>79.5 x 10 ⁻²¹ J
Infrarrojo Medio	< 50 μ m	>6.00 THz	>3.98 x 10 ⁻²¹ J
Infrarrojo Lejano	< 1 mm	>300 GHz	>199 x 10 ⁻²⁴ J
Microondas	< 30 cm	>1.0 GHz	>1.99 x 10 ⁻²⁴ J
Ultra Alta Frecuencia Radio	<1 m	>300 MHz	>1.99 x 10 ⁻²⁵ J
Muy Alta Frecuencia Radio	<10 m	>30 MHz	>2.05 x 10 ⁻²⁶ J
Onda Corta Radio	<180 m	>1.7 MHz	>1.13 x 10 ⁻²⁷ J
Onda Media (AM) Radio	<650 m	>650 kHz	>4.31 x 10 ⁻²⁸ J
Onda Larga Radio	<10 km	>30 kHz	>1.98 x 10 ⁻²⁹ J
Muy Baja Frecuencia Radio	>10 km	<30 kHz	<1.99 x 10 ⁻²⁹ J

Figura 2.19.-. Clasificación de las ondas electromagnéticas.

2.5.2.- Fuentes generadoras de ondas electromagnéticas

Las fuentes de radiaciones electromagnéticas que usa el ser humano van desde las generadas por las líneas de alta tensión, radio, televisión hasta las de un radar, **figura 2.20**. Estas radiaciones creadas por el hombre pueden alcanzar niveles de energía y longitudes de onda perjudiciales para la salud humana. Estos efectos serán específicos de cada tipo de radiación, según la frecuencia que lleven asociada.

1.- Las **ondas de radio** se generan a causa de la aceleración de electrones en circuitos eléctricos oscilantes. En la década de 1890 Marconi las utilizó en la telegrafía sin hilos. El desarrollo de válvulas de vacío, posibilitó el uso en la radio y, posteriormente en la televisión. Las ondas de radio tienen longitudes de onda mayores de 1 m.

2.- Las **microondas** se generan también con dispositivos electrónicos y su uso se inició en la Segunda Guerra Mundial con el desarrollo del radar. Actualmente se utiliza en hornos de microondas. Las microondas pueden considerarse como ondas cortas de radio, con longitudes de onda típicas, en la zona de 1mm a 1m.

3.-El **infrarrojo** es producido por emisiones moleculares. Tiene aplicaciones en la industria, la medicina, la astronomía. La radiación infrarroja, que tiene longitudes de onda mayores que la de lo visible desde 0.7 μm hasta 1 mm aproximadamente, se emite comúnmente por átomos o moléculas cuando cambian su movimiento vibratorio o rotatorio.

4.- El **espectro visible** es producido por emisiones atómicas y moleculares y su importancia es evidente en la visión y en los instrumentos ópticos. Los límites de la longitud de onda de la región visible van desde 400 nm (el violeta) hasta 700 nm (el rojo). La luz se emite a menudo cuando los electrones de los átomos cambian su nivel de energía; por esta razón, estas transiciones en el estado del electrón se llaman transiciones ópticas.

5.- Los rayos **ultravioletas** también emitidos por átomos y moléculas. Por la magnitud de su energía producen muchos efectos químicos y, por ello, se pueden utilizar en la esterilización de instrumentos. La importancia de la capa de ozono reside en su capacidad de absorberlos, evitando los efectos peligrosos para la vida.

6.- Los **rayos X** se generan por emisiones atómicas o por radiación de frenado (cuando los electrones rápidos son fuertemente desacelerados, por ejemplo, al chocar contra un blanco metálico).

7.- Los **rayos gamma** son las más penetrantes entre las radiaciones electromagnéticas y la exposición a una radiación gamma intensa puede tener un efecto perjudicial sobre el cuerpo humano. Estas radiaciones pueden emitirse en las transiciones de un núcleo atómico de un estado a otro y también puede ocurrir en las desintegraciones de ciertas partículas elementales.

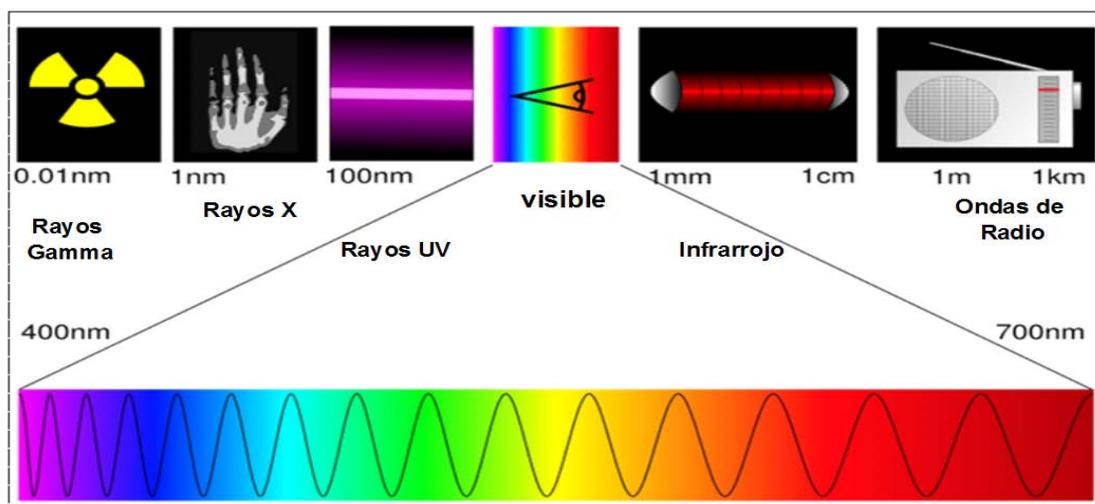


Figura 2 20.-.Fuentes de radiación electromagnética que se manipulan comúnmente.

Con base en la clasificación anterior, si las radiaciones de alta frecuencia penetran el cuerpo humano, pueden producir en las células un daño grave e irreversible.

Las radiaciones más peligrosas pueden encontrarse en centrales nucleares, hospitales, centros militares, centros de investigación muy especializados y deben tenerse medidas preventivas adecuadas.

La **figura 2.21**, muestra algunas fuentes de radiación electromagnética y algunas medidas de seguridad.

TIPO DE ONDA	FUENTE	MEDIDAS DE SEGURIDAD
ULTRAVIOLETA	<ul style="list-style-type: none"> • El Sol • Arco de la soldadura • Fotocopiadoras 	<ul style="list-style-type: none"> • Caretas en trabajos de soldadura • Gorras • Lentes para fotocopiadoras
VISIBLE	<ul style="list-style-type: none"> • El Sol • Fuentes luminosas de potencial alto 	<ul style="list-style-type: none"> • Gorras • Gafas
INFRARROJO	<ul style="list-style-type: none"> • Fuentes incandescentes • Estufas • Radiadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Barreras aislantes de fuentes de calor
MICROONDAS	<ul style="list-style-type: none"> • Hornos de microondas • Secadoras 	<ul style="list-style-type: none"> • Encerrar las fuentes generadoras
RADIOFRECUENCIAS	<ul style="list-style-type: none"> • Televisión • Radio • Teléfonos móviles • Antenas de radio 	<ul style="list-style-type: none"> • Vigilancia médica constante para descartar un posible efecto de este tipo de radiación.

Figura 2.21.- Fuentes de radiación electromagnética y algunas medidas de prevención de riesgos a la salud humana.

2.6. Espectros de Emisión

En 1885 se produce una fructífera coincidencia, Niels Bohr nace en Copenhague y Balmer publican un artículo en la revista científica alemana *Annalen der Physik*, proporcionando la “fórmula de las líneas del espectro del hidrógeno”, (Lahera, 2004). La **figura 2.22** muestra el espectro de emisión del hidrógeno, que es un espectro de líneas (discreto) y la **figura 2.23** tiene algunas medidas del espectro de la luz blanca, 1 amstrong es:

$$\text{Å} = 10^{-10} \text{ m}$$



Figura 2.22.- Espectro de emisión del átomo de hidrógeno.



Figura 2.23.- Colores y mediciones del espectro de luz blanca entre 400nm y 700nm.

Este espectro resulta ser como las huellas digitales del hidrógeno y posteriormente se encontraron los espectros de emisión de otros elementos, resultando distintos para cada elemento. La **ecuación 2.8**, es la fórmula que proporciona la frecuencia de cada línea:

$$\nu = K \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \dots \dots \dots (2.8)$$

Donde $K = 3, 4, \dots \infty$.

Los trabajos de **Kirchhoff** en 1861 y del químico Robert Bunsen, considerados como los creadores del espectroscopio, condujeron al descubrimiento de nuevos elementos: rubidio (Rb) y cesio (Cs).

Los elementos químicos en estado gaseoso y sometido a temperaturas elevadas producen espectros discontinuos en los que se aprecia un conjunto de líneas que corresponden a emisiones de sólo algunas longitudes de onda.

El conjunto de líneas espectrales que se obtiene para un elemento es siempre el mismo, incluso si el elemento forma parte de un compuesto complejo, y cada elemento produce su propio espectro diferente al de cualquier otro elemento. Esto significa que cada elemento tiene su propia firma espectral.

El estudio de los espectros de líneas de diferentes elementos químicos forzó el desarrollo de nuevas teorías que fueran capaces de explicar los resultados experimentales. En un cuerpo sólido caliente su espectro de radiación térmica es continuo, dependiendo de la temperatura. Si se quiere elevar la temperatura de tal cuerpo veríamos dos cosas:

- Cuanto más elevada es la temperatura, mayor radiación térmica se emite en otras longitudes de onda (el cuerpo a medida que aumenta su temperatura resplandece).
- Cuando más eleva su temperatura, más corta será su longitud de onda de aquella parte del espectro que irradia más intensamente (el color predominante del cuerpo caliente cambia de un rojo oscuro al amarillo-naranja brillante y al blanco vivo). Puesto que las características del espectro de un cuerpo caliente dependen de la temperatura, podemos calcular la temperatura, tanto para un metal de acero candente o una estrella, a partir de la radiación que emiten. El ojo ve principalmente el color que corresponde a la emisión más intensa en la región del visible.

La radiación emitida por un cuerpo depende también de las características del material; por ejemplo de lo que está hecho, su forma y la naturaleza de su superficie. Para una superficie de tungsteno plana pulida a 2000 K emite una radiación de 23.5 W/cm^2 , mientras en el molibdeno la cantidad correspondiente es de 19.2 W/cm^2 . En cada caso aumenta en tanto la superficie es rugosa.

Estrella	λ máxima (nm)	Apariencia
Sirio	240	Azul-blanca
El Sol	500	Amarilla
Betelgeuse	850	Roja

Figura 2.25.- Longitudes de onda a las cuales tienen sus valores máximos las radiaciones espectrales de tres estrellas.

2.6.1. El núcleo atómico de Rutherford

En 1909, Hans Geiger y Ernest Marsden estuvieron trabajando en la Universidad de Manchester bajo la supervisión de Rutherford en la dispersión de partículas alfa sobre una lámina delgada de metal. Ellos encontraron que alrededor de 1 de 8000 partículas α (núcleos de helio) eran reflejadas y se dispersaban en un ángulo mayor de 90° , **figura 2.26**.

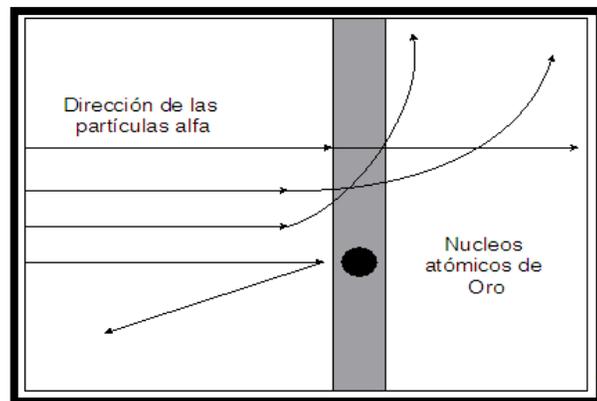


Figura 2.26.- Dispersión de α -partículas.

Hasta este descubrimiento científico, se pensaba que el átomo consistía de una nube positiva de baja densidad con pequeños electrones incrustados en ella.

En su experimento Rutherford, lanza partículas alfa (emitidas por sustancias radiactivas como el uranio) contra finas capas de diversos metales, cuenta las partículas emergentes y los ángulos que forman las trayectorias antes y después del choque. Usando el electromagnetismo clásico infiere la siguiente estructura para el átomo, éste debe tener una parte central muy densa (núcleo) rodeado de electrones, mucho más ligeros y situados en la parte externa. Una partícula α masiva viajando a 10000 km/s no debería ser rebotada, Rutherford decía, (Lahera, 2004):

“...recuerdo que dos o tres días después del experimento vino Geiger con gran excitación, diciendo: Hemos logrado obtener el retroceso de algunas partículas alfa. Esto es lo más increíble que me ha sucedido en mi vida. Casi tan increíble como si usted disparase una bala contra un papel de seda y el proyectil se volviese contra usted. Al considerar el fenómeno, llegué a la conclusión de que el retroceso debía ser el resultado de una simple colisión, y al hacer los cálculos era imposible obtener aquel orden de magnitud a no ser que se considere un sistema en que la mayor parte de la masa del átomo se encuentre concentrada en un pequeño núcleo... Fue entonces que tuve la idea del átomo formado por un núcleo masivo centrado y con carga”.

Actualmente se sabe que el núcleo es muy pequeño, alrededor de 10^{-15} m de diámetro. Si el núcleo fuera del tamaño de un chícharo, el electrón estaría orbitando alrededor de un kilómetro a lo lejos. Por arriba del 99.9% de la masa del átomo está concentrada en el núcleo. Esto significa que el núcleo es inmensamente denso.

2.6.2. El átomo de hidrógeno de Bohr.

En 1911, Niels Bohr revisó un artículo enviado por Rutherford, quien describe su nueva visión del núcleo atómico. Bohr quedó impresionado. El escribió...”si nosotros adoptamos la visión de Rutherford, veremos que los experimentos sugieren que el átomo de hidrógeno contiene un sólo electrón fuera del núcleo positivamente cargado”.

Pero había un gran problema, toda partícula cargada acelerada radia y de acuerdo a las leyes de electromagnetismo clásico el electrón debe estar perdiendo energía. En el modelo del átomo de Rutherford, el electrón estaría como un satélite orbitando alrededor de la Tierra. El modelo del átomo de hidrógeno de Rutherford sería inestable en la misma forma y como el electrón radia energía viajará en espiral hacia el núcleo.

Bohr hizo la audaz sugerencia que la física clásica no se aplica al átomo. El argumentó que sólo ciertas orbitas del electrón son permitidas. Un electrón puede existir en esta órbita permitida sin perder energía. El llamó a estos *orbitales de estados estacionarios*, **figura 2.27**.

Bohr dijo que los electrones sólo emiten energía cuando saltan de un nivel permitido a otro, esta energía es emitida como radiación. La línea espectral de una estrella es causada por electrones haciendo transiciones entre orbitas permitidas, o niveles de energía. Hay un electrón en el átomo de hidrógeno. Cuando el electrón está en el nivel más bajo posible, se dice que el hidrógeno está en su **estado base**. En esta órbita el

electrón no puede perder cualquier energía. Este es el estado preferido del átomo de hidrógeno (Solbes, 1996).

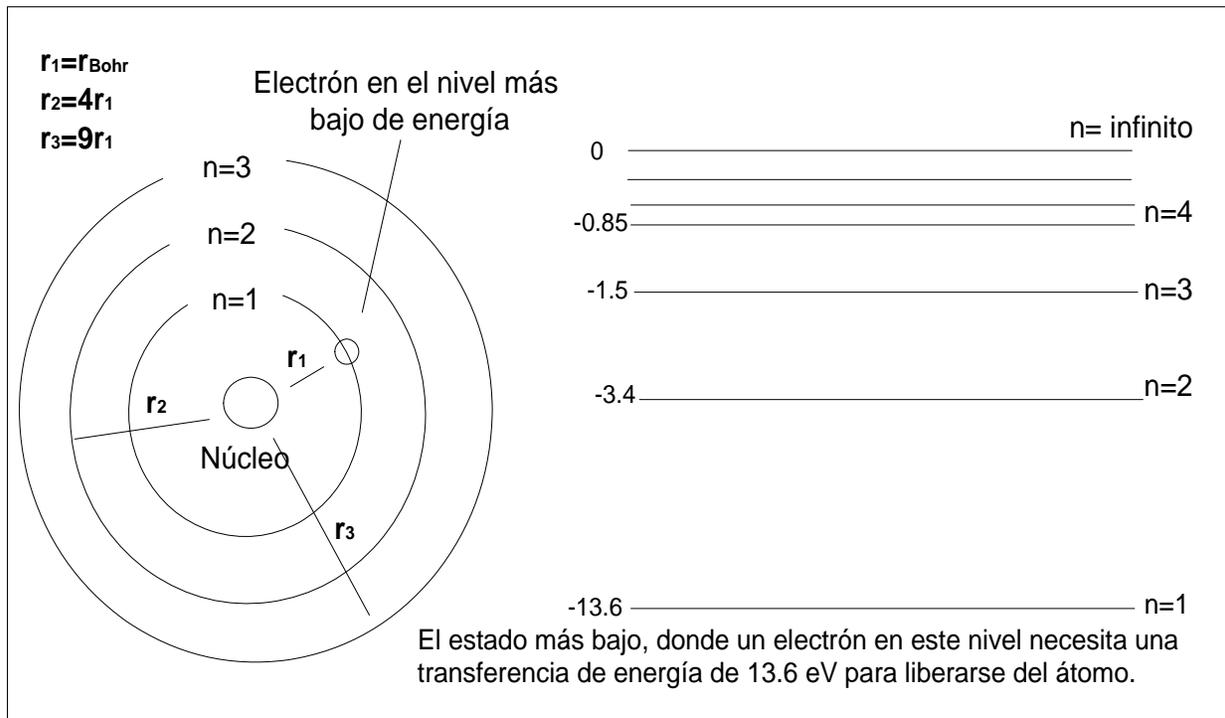


Figura 2.27.- Orbitas permitidas y niveles de energía en el átomo de hidrógeno de Bohr.

El electrón puede moverse a niveles de energía más altos. Este proceso es llamado **excitación**. Cuando los electrones están en un nivel más alto, estos pueden caer a un nivel más bajo, emitiendo radiación. La energía de la radiación emitida es igual a la transferida por el electrón, por ejemplo la diferencia de energía dos estados se muestra en la **figura 2.28**.

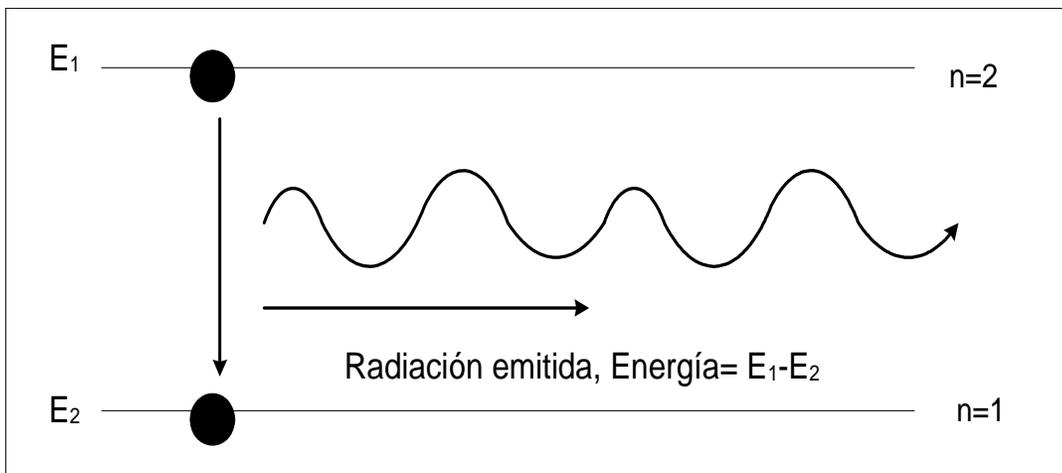


Figura 2.28.- Transiciones electrónicas.

Lo crucial del modelo de Bohr es que un electrón sólo puede moverse de un estado permitido a otro por ganancia o pérdida de exactamente la cantidad correcta de energía. Ningún paso intermedio está permitido. Así lo explica Bohr (en su conferencia en el acto de entrega del premio Nobel en diciembre de 1922):

“...La cuestión del posterior desarrollo de la teoría cuántica fue mientras tanto situada en una nueva visión por el descubrimiento del núcleo atómico por Rutherford (1911). Como hemos visto este descubrimiento pone de manifiesto que con las concepciones clásicas era completamente imposible comprender las propiedades más esenciales de los átomos. Una vez, por tanto, decididos a buscar un enunciado de los principios de la teoría cuántica pudimos inmediatamente informar de la estabilidad en la estructura atómica y las propiedades observadas de las sustancias daban testimonio...” (Lahera, 2004).

Esta formulación fue propuesta años antes por Bohr en 1913 mediante dos postulados:

1.- Entre los posibles estados concebibles de un sistema atómico existe un cierto número de los llamados estados estacionarios en los que, a pesar del hecho de que el movimiento de las partículas en estos estados obedece a las leyes de la mecánica clásica en una gran medida, ocurre una peculiar estabilidad mecánicamente inexplicable, de tal manera que cualquier cambio permanente en el movimiento del sistema debe consistir en una transición completa desde un estado estacionario a otro.

2.- Mientras que en contradicción con la teoría clásica electromagnética ninguna radiación tiene lugar desde el átomo en los mismos estados estacionarios, un proceso de transición entre dos estados estacionarios puede conllevar la emisión de radiación electromagnética, que tendrá las mismas propiedades que si fuera emitida de acuerdo con la teoría clásica cuando una partícula cargada realiza una vibración armónica con frecuencia constante. Esta frecuencia no tiene ninguna relación simple con el movimiento de las partículas del átomo, pero cumple con la **ecuación 2.9**.

$$h\nu = E_1 - E_2 \dots \dots \dots (2.9)$$

Donde h es la constante de Planck y $E_1 - E_2$ son valores de la energía del electrón en los estados estacionarios que forman el estado inicial y final del proceso de radiación. A la inversa, la medición del átomo con ondas electromagnéticas de esta frecuencia puede conducir a un proceso de absorción, mediante el cual el átomo es transformado al contrario desde el último estado estacionario al anterior.

2.7.- Fuentes de Luz

Durante el día la fuente principal de la luz es el Sol y existen otras fuentes comunes como una flama de gas, una fogata, los focos incandescentes (con filamento de tungsteno), etc. Por ejemplo, un foco incandescente de 100 Watts, que produce una luz blanca-amarilla, puede alcanzar una temperatura de 2850 K y la luz de una vela, que es rojiza, sólo alcanza los 1900 K.

La incandescencia se puede obtener de dos maneras, la primera es por combustión de alguna sustancia, ya sea sólida como una antorcha de madera, líquida como en una lámpara de aceite o gaseosa como en las lámparas de gas. La segunda es pasando

una corriente eléctrica a través de un hilo conductor muy delgado, como ocurre en los focos caseros, que al elevarse la temperatura se emite luz. Tanto de una forma como de otra, se obtiene luz y calor. En general la eficiencia de este tipo de lámparas es baja, debido a que la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor. La producción de luz mediante la incandescencia tiene la ventaja, que la luz emitida puede contener todas las longitudes de onda que forman la luz visible.

Actualmente se están utilizando los focos ahorradores que son lámparas fluorescentes, éstas son tubos de descarga con una capa fosforescente en su superficie interna, la cual es la responsable de la emisión de luz. A diferencia de los focos incandescentes, los focos ahorradores convencionales producen un *espectro discontinuo*, en lugar de una mezcla de colores del *infrarrojo* al *ultravioleta*, éstas las lámparas presentan picos de color, especialmente en las zonas azules y verdes. Aunque el ojo no percibe estos picos, ellos producen variaciones de color. Al utilizar un tubo fluorescente común, el promedio de temperatura es 6300 K. Existen más de 30 tipos de fuentes fluorescentes, cada cual con características de color ligeramente distintas. *El fluorescente cálido blanco*, el tubo estándar de luz fluorescente para oficinas que causa la menor distorsión de colores alcanza los 3200 K y es la más utilizada.

2.7.1.- Cuerpos luminosos en la naturaleza

En lo que toca a la Naturaleza existe el fenómeno de bioluminiscencia, que es la emisión de “luz fría” y visible por parte de algunos seres vivos. Se observa en varios organismos: luciérnagas, bacterias, medusas y algunos peces: este es un proceso bioquímico que convierte en luz la energía contenida en las uniones químicas de compuestos orgánicos, **figura 2.29**. Sin embargo, este proceso tiene poca eficiencia (relación entre el número de moléculas que reaccionan y el número de fotones que se emiten) y el ojo humano a veces no puede detectarlo.

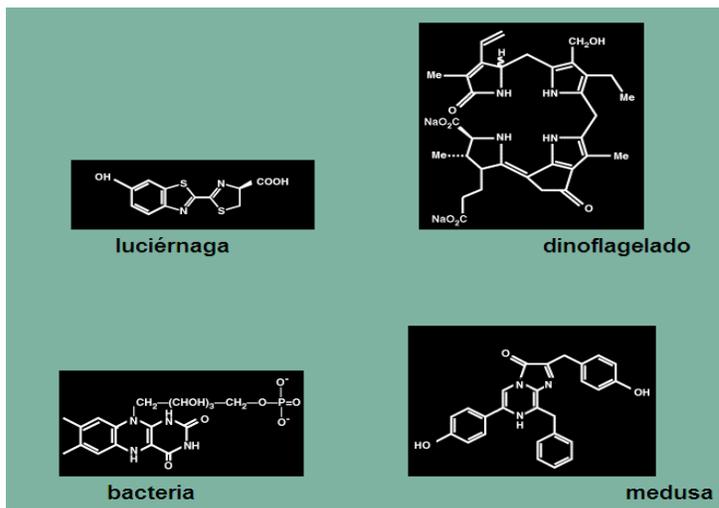


Figura 2.29.- La reacción completa se produce en menos de un milisegundo y se mantiene mientras el organismo permanezca excitado.

Existen fotos de satélite que muestran grandes poblaciones de bacterias bioluminiscentes, que pueden ser las responsables de los mares fosforescentes, **figura 2.30**. Sin embargo, por su corta duración es difícil investigar el origen de esta fosforescencia (Live Science, 2008).

Además, bajo ciertas condiciones algunos peces se vuelven luminiscentes cuando nadan, pero su aspecto es oscuro cuando están quietos. Los cardúmenes de estas especies pasan inadvertidos al permanecer relativamente inmóviles, pero cuando están en riesgo se iluminan súbitamente al moverse con rapidez y crean una especie de fuegos artificiales marinos.

En tierra firme, casi todos los seres que emiten luz son de vida nocturna, **figura 2.31**. La emisión de la luz de un ser vivo, es producido por un componente químico denominado **luciferina**, **figura 2.32**, que reacciona con una enzima, la luciferasa. Al oxidarse, el compuesto químico pasa a un estado de alta energía, desprende entonces un fotón (visible) y así vuelve a su estado de baja energía, más estable que el de alta. De esta manera se produce la luz. Esta oxidación del sustrato enzimático es común en los peces abisales. En la luciérnaga se registra una activación de la luciferina por el ATP (adenosintrifosfato, molécula que almacena energía), previa a la oxidación por el oxígeno.

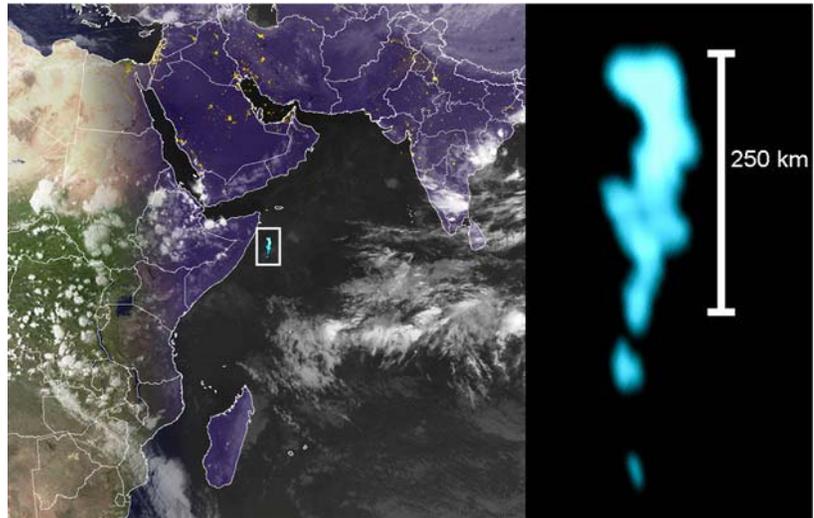


Figura 2.30.- Imagen de satélite en una región de la costa de Somalia.

La bioluminiscencia en un ser vivo puede servir para varios propósitos: atraer, distraer o confundir a sus presas, como es el caso de algunos animales marinos. Otras especies emplean la luminiscencia para adquirir un aspecto terrible que ahuyenta a sus depredadores. Esto convierte a la luminiscencia, dependiendo del caso en un arma ofensiva o defensiva. La bioluminiscencia puede tener aplicaciones prácticas, como el desarrollo de biosensores capaces de detectar concentraciones de moléculas orgánicas.



Figura 2.31.- Un grupo de hongos bioluminiscentes, recogidos en el parque turístico estatal Valle Ribeira, cerca de São Paulo, Brasil, emanan un suave resplandor verde cuando oscurece (www.olgui.com).

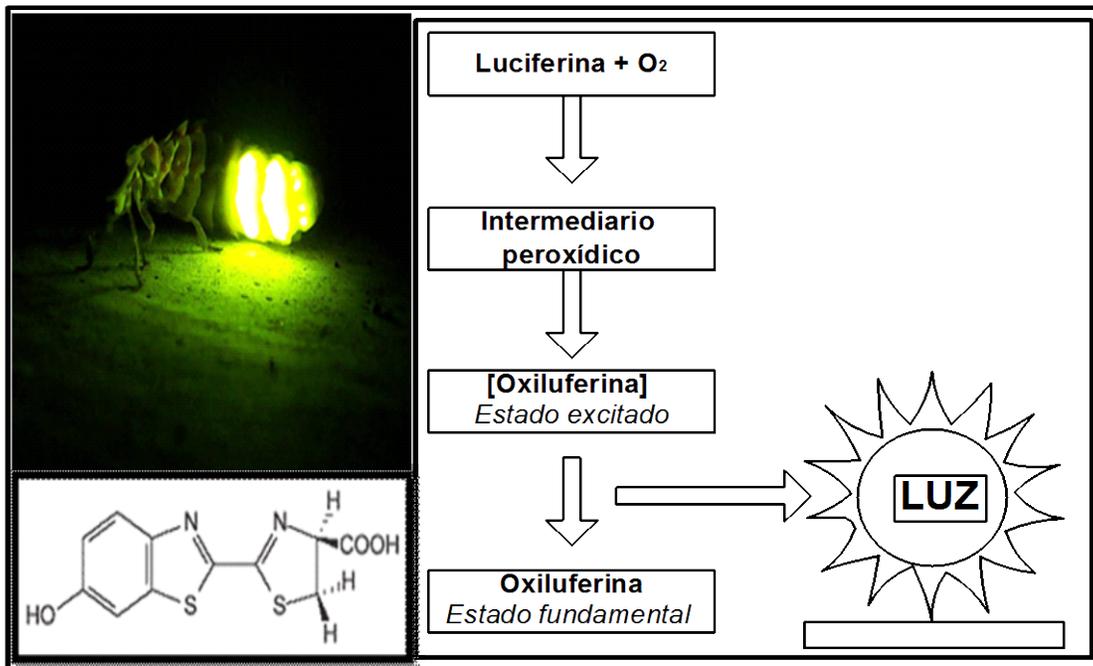


Figura 2.32.- Una luciérnaga y la estructura molecular de la luciferina (izquierda) y la reacción de la luciferina (derecha).

En las reacciones de bioluminiscencia, en general, la luciferina se oxida (reacción impulsada por la enzima luciferasa) con el oxígeno molecular, formando un peróxido intermediario que se rompe en seguida, lo que genera moléculas-producto, una de ellas en estado excitado o de alta energía; cuando esa molécula regresa al estado fundamental, se emite un fotón (luz), **figura 3.32**, (www.cienciahoy.org.ar).

2.7.2.- Las estrellas como fuentes de luz

Las estrellas medianas, como el Sol, consumen hidrógeno dentro de sus núcleos para producir helio. Estrellas más masivas pueden transformar el helio en carbono, nitrógeno y oxígeno.

La vida de las estrellas es finita; las estrellas se forman, evolucionan y mueren; algunas veces se enfrían y otras estallan. La vida de las estrellas depende de la cantidad de materia que poseen. Entre más materia tienen, a mayor velocidad consumen su combustible y viven menos. Una estrella como el Sol vivirá alrededor diez mil millones de años, pero otras menos masivas sólo viven un millón de años. Dependiendo de su tamaño, las estrellas terminan su vida de diferente forma, algunas estallan y arrojan el material de que están compuestas a todo el espacio. La materia expulsada por miles de generaciones estelares viaja al espacio, mezclándose con otras nubes que a la larga dan origen a nuevas estrellas. Por eso se afirma, que los seres vivos que viven en el planeta Tierra somos polvo de estrella.

El Sol forma parte de un conglomerado estelar llamado Galaxia, está integrada por más de cien mil millones de estrellas, miles de planetas, cuerpos menores, gas y polvo. La luz tarda alrededor de 80 000 años en recorrer la Galaxia de lado a otro, **figura 2.33** (www.astronoo.com/.../galaxieM83NGC5236.jpg.)



La información que tenemos sobre el Universo llega a través de la radiación electromagnética: ondas de radio, microondas, luz visible, etc. El Sol produce luz visible, además radiación ultravioleta, ondas de radio, rayos X, etc. La luz de otras galaxias viaja millones de años por el cosmos antes de llegar a nosotros.

Figura 2.33.- Nuestra galaxia, es una rueda enorme y espiral de estrellas, de un diámetro de 80 000 años luz.

2.7.3. Fuentes incandescentes

Algunas características fotométricas de una lámpara son: *la intensidad luminosa, el flujo luminoso* y la eficiencia. Las lámparas incandescentes, **figura 2.34**, están formadas por un filamento de tungsteno que se calienta por *efecto Joule*, alcanzando temperaturas tan elevadas que empieza a emitir luz visible en la región del visible. Para evitar que el filamento se oxide y destruya, se rodea con una ampolla de vidrio al vacío o con un gas.

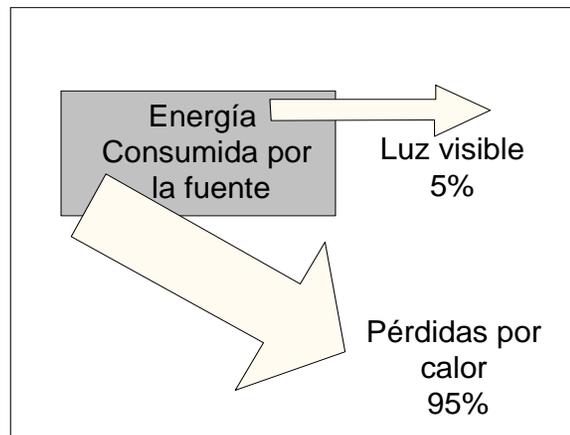
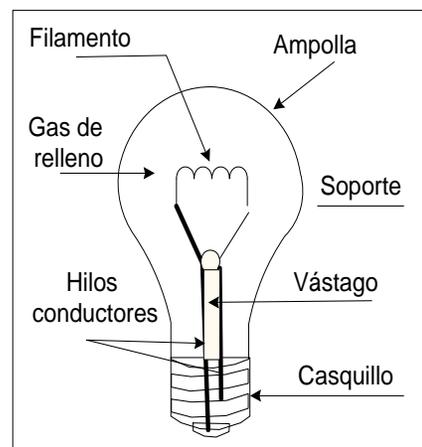


Figura 2.34.- Rendimiento de una lámpara incandescente (foco)

Las lámparas incandescentes comunes tienen una duración aproximada de 1000 horas, una potencia entre 25 y 2000 W y unas eficacias entre 7.5 y 11 lm/W para las lámparas de vacío y entre 10 y 20 para las rellenas de gas inerte, **figura 2.35**. En la actualidad predomina el uso de las lámparas con gas, reduciéndose el uso de las de vacío a aplicaciones ocasionales en alumbrado general con potencias de hasta 40 W, **figura 2.36**.

Figura 2.35.- Foco común y corriente.



Características	Lámparas con gas (inerte)	Lámparas de vacío
Temperatura del filamento	2500 °C	2100 °C
Eficacia luminosa de la lámpara	10-20 lm/W	7.5-11 lm/W
Duración	1000 horas	1000 horas
Causa de pérdidas de energía	Convección y radiación	Radiación

Figura 2.36.- lámparas con gas y vacío.

2.7.4. Fuentes fluorescentes

La fluorescencia es la emisión de luz producida por un estímulo externo, generalmente la presencia de un haz de luz que se interrumpe al eliminarse el estímulo, **figura 2.37**. Las pinturas que se emplean en las calles o en las señales de tránsito y que reflejan la luz cuando reciben luz son fluorescentes.

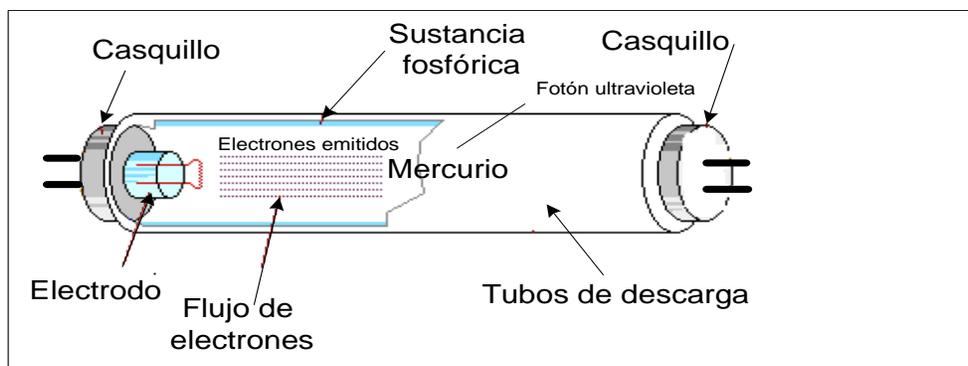


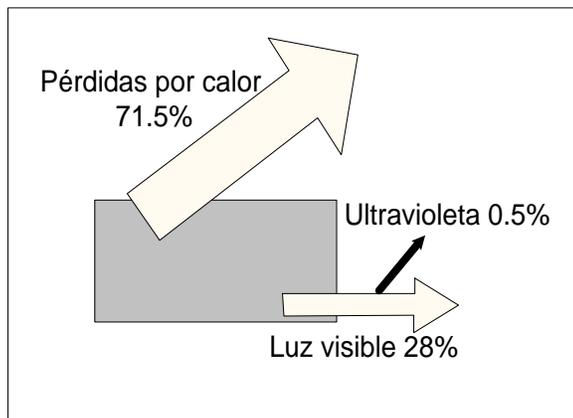
Figura 2.37.- Lámpara fluorescente.

Las lámparas fluorescentes que se utilizan para iluminar son lámparas de vapor de mercurio a baja presión (0.8 Pa). En estas condiciones, en el *espectro de emisión* del mercurio predominan las radiaciones ultravioletas en la banda de 253.7 nm. Para que estas radiaciones sean útiles, se recubren las paredes interiores del tubo con polvos fluorescentes que al llegar la radiación ultravioleta los excita para producir radiación en el visible. De la composición de estas sustancias dependerán la cantidad, calidad de la luz y las cualidades cromáticas de la lámpara.

Las lámparas fluorescentes se caracterizan por carecer de ampolla exterior. Están formadas por un tubo, normalmente cilíndrico, cerrado en cada extremo con un casquillo de dos contactos donde se alojan los electrodos. El tubo de descarga está relleno con vapor de mercurio a baja presión y una pequeña cantidad de un gas inerte que sirve para facilitar el encendido y controlar la descarga de electrones. La eficiencia de estas lámparas depende de muchos factores: potencia de la lámpara, tipo y presión

del gas de relleno, propiedades de la sustancia fluorescente que recubre el tubo, temperatura ambiente. La eficiencia oscila entre los 38 y 91 lm/W dependiendo de las características de cada lámpara, **figura 2.38**.

Figura 2.38.- Rendimiento de una lámpara fluorescente.



El rendimiento en color de estas lámparas varía de moderado a excelente según las sustancias fluorescentes empleadas, **figura 2.39**.

Apariencia de color	Temperatura (K)
Blanco cálido	3000
Blanco	3500
Natural	4000
Blanco frío	4200
Luz día	6500

Figura 2.39.- Temperaturas de algunas lámparas fluorescentes.

Las lámparas fluorescentes necesitan para su funcionamiento la presencia de elementos auxiliares. Para limitar la corriente que atraviesa el tubo de descarga utiliza balastros y un sistema de encendido o arranque. Hay lámparas fluorescentes compactas que llevan incorporada la balastro y el sistema de arranque.

2.7.5.- Fuentes fosforescentes

La fosforescencia también es una emisión de luz provocada por un estímulo externo, pero la diferencia de la fluorescencia sigue presente por un corto tiempo aun después de haber eliminado el estímulo. Las señales reflejantes que se emplean en lugares oscuros para señalar vías de acceso o evacuaciones, o para indicar un accidente de tránsito son fosforescentes.

Cuando son excitados, ciertos cristales y también algunas moléculas orgánicas permanecen en su estado de excitación por un periodo prolongado. Sus electrones alcanzan órbitas superiores y se quedan "pegados". Como resultado hay un retardo entre el proceso de excitación y el proceso de desexcitación. Y los materiales que tienen esta propiedad se dice que son fosforescentes. Una pantalla de televisión es

ligeramente fosforescente; en ella el resplandor decae más bien pronto, pero con un retardo suficiente como para que las exploraciones sucesivas de la imagen se combinen una tras otra. En algunos apagadores fosforescentes caseros, el resplandor crepuscular puede durar más de una hora o en algunas figuras de plástico que se exponen por unos minutos a la luz, pueden brillar durante algunas horas, **figura 2.40**.



Figura 2.40.- Figuras de plástico con pintura fosforescente (izquierda) permanecen por un tiempo emitiendo luz después de dejar una lámpara iluminándolas (derecha).

2.7.6.- El antecedente del láser: el máser

El concepto básico de la física cuántica es el **cuanto** de energía, introducido por Planck posteriormente, Einstein introduce el concepto de emisión estimulada. Los primeros dispositivos prácticos que hacían uso del concepto de emisión estimulada no se dieron sino hasta 1954, año en el cual de manera paralela varios científicos construyeron un amplificador de microondas llamado **MÁSER** (*Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*). Después, los científicos intentaron lograr una longitud de onda cada vez menor, pronto se dieron cuenta que producir una emisión estimulada en la región de la luz visible era muy diferente que la requerida para el MÁSER. Por lo que se produce la idea del **LÁSER** (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*). Theodore H. Mainman investigador de los Laboratorios Hughes en California en 1960, construyeron el primer láser.

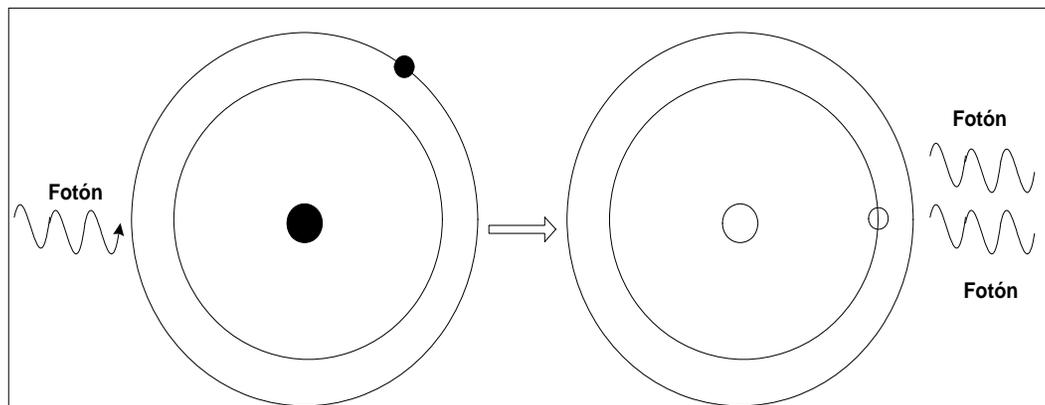


Figura 2.41.- Emisión estimulada.

La **figura 2.41** muestra la emisión estimulada, en la cual tenemos la interacción entre un fotón y un átomo que inicialmente se encuentra en su estado excitado. Como resultado de esta interacción el átomo pasa a su estado base emitiendo en el proceso un fotón que tiene las mismas características de dirección y de fase del fotón inicial. Por lo tanto, decimos que la radiación electromagnética que resulta es coherente. Es así como, el germen que dio origen al desarrollo posteriormente del láser fue dado a la vida cuando el fenómeno de emisión estimulada fue propuesto (Ruiz, 2003).

2.7.7.- El láser

La construcción del láser representó uno de los inventos más revolucionarios al nivel científico y tecnológico del siglo XX. ¿De qué manera funciona este versátil instrumento? Ya que es posible detectar un solo átomo con él o cortar una placa de acero como si fuera una barra de mantequilla. Las primeras ideas sobre *emisión estimulada* de radiación fueron establecidas por Einstein en 1917 (un átomo puede absorber un fotón si su energía $h\nu$ corresponde a la diferencia entre dos estados de energía permitidos).

Este fenómeno se denomina *emisión estimulada* y los dos fotones están en fase. Como normalmente los electrones se encuentran en el estado más bajo, los fotones incidentes se absorberán. Para obtener luz amplificada por emisión estimulada se deben cumplir dos condiciones, se considera un flujo de fotones S , propagándose a lo largo de una cavidad cilíndrica de longitud L , tal que como se muestra en la **figura 2.42**.

Se supone que dicha cavidad tiene N átomos por unidad de volumen, de los cuales una cantidad N_2 se encuentra en estado excitado y N_1 en estado base, que se representan como puntos blancos y negros. Esto es el número total de átomos por unidad de volumen N está dado por la **ecuación 2.10**.

$$N = N_1 + N_2 \dots \dots \dots (2.10)$$

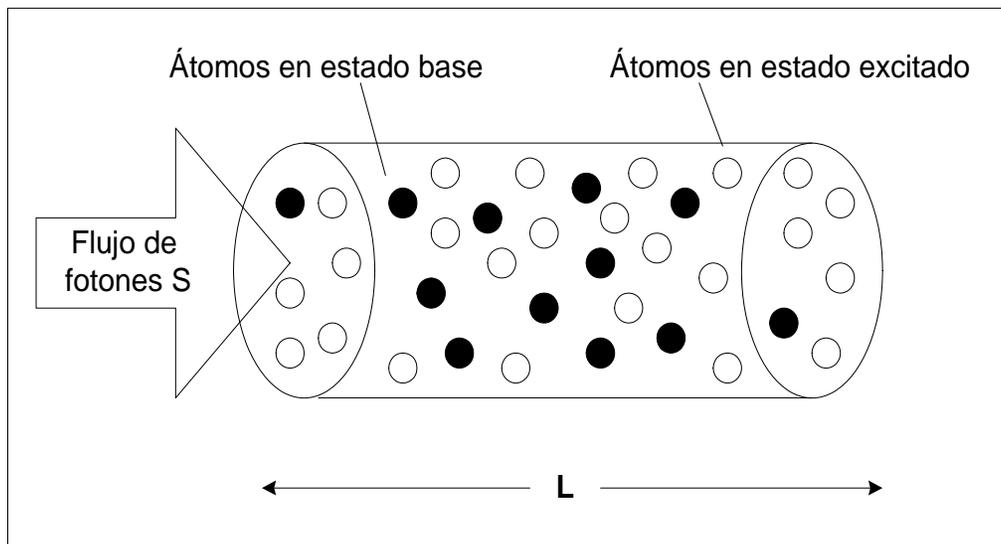


Figura 2.42.- Flujo de fotones propagándose en una cavidad cilíndrica.

Al propagarse el flujo de fotones por la cavidad y entrar en interacción con átomos que estén excitados, ocurrirá el proceso de emisión estimulada, por lo que se requiere:

- a) Los átomos del material utilizado deben excitarse previamente al estado superior para que la emisión predomine.
- b) El estado superior debe ser metaestable (los electrones deben permanecer en él más tiempo de $10^{-8}s$ normales) a fin que la transición al estado inferior tenga lugar por emisión estimulada y no sea espontáneamente.

Este proceso provocará la amplificación del flujo inicial de fotones S , esto quiere decir que se introduce al sistema un flujo inicial de fotones S_i , que nos proporciona en su salida un flujo final de fotones S_f mayor que el flujo inicial S_i , **figura 2.43**.

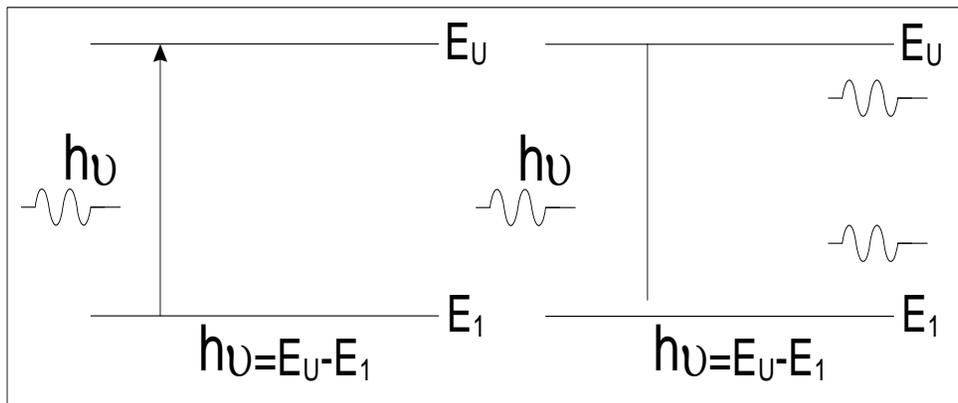


Figura 2.43.- Emisión estimulada.

El problema es conseguir que la mayoría de los átomos que se encuentran en la cavidad amplificadora pasen de su estado base, que es el estado normal de cualquier átomo cuando no se encuentra perturbado, a un estado excitado.

Para lograr esta inversión es necesario un sistema de bombeo que proporcione la energía suficiente para la conversión. Hay varios sistemas de bombeo (óptico y eléctrico), los dos logran hacer la inversión de la población de átomos.

Con base en lo anterior podemos describir de la siguiente manera la forma en que opera un láser.

- Tenemos una cavidad amplificadora con un sistema de bombeo, al cual se le colocan en sus extremos un par espejos planos (resonador óptico), Uno de los espejos es 100% reflejante y el otro 90%.
- Así entonces, cualquier fotón que sea emitido en una dirección diferentes a la definida por el eje óptico del resonador óptico se perderá, y los otros serán amplificados por el proceso de emisión estimulada e inmediatamente se generara un enorme flujo de fotones confinados por el resonador óptico, que viajan a lo largo del eje óptico, **figura 2.44**.

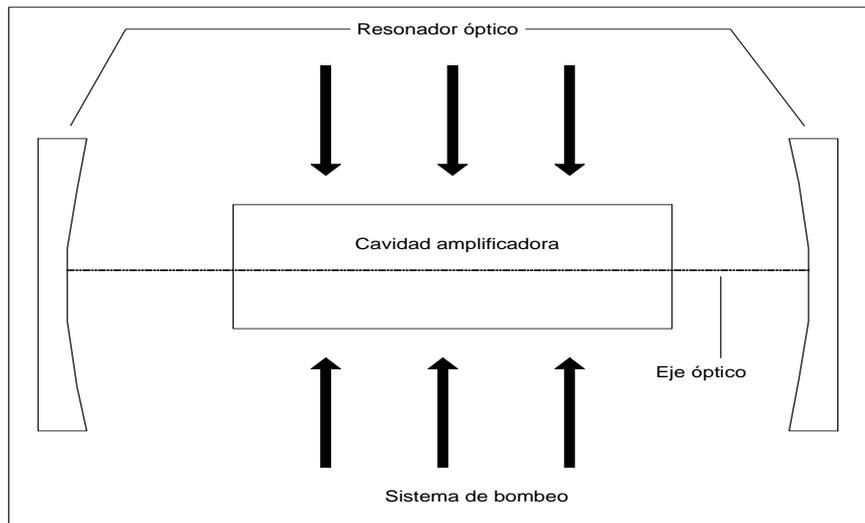


Figura 2.44.- Muestra el oscilador óptico, donde la línea punteada indica el eje óptico del sistema para lograr el efecto que conocemos de láser.

Si el resonador óptico no estuviera, después del disparo del sistema de bombeo los átomos que fueron excitados pararía a su estado base debido al proceso de emisión espontánea, emitiendo fotones en todas direcciones y perdiendo la energía recibida por el sistema de bombeo (Aboites, 2003). Algunas aplicaciones de los diferentes tipos de láseres se resumen en la **figura 2.45**.

Argón Ionizado	En fotoimpresión y litografía. Estudio de la cinética de reacciones químicas. En la oftalmología para la fotocoagulación y soldadura de pequeñas áreas del ojo.
CO₂	En la industria metal-mecánica, plástica y textil. Son usados en el endurecimiento de metales así como en cortes, soldadura y perforaciones.
Gas Dinámico	En la industria naval y aeroespacial para el corte de placas metálicas con alta precisión y también en la industria bélica.
Líquidos Orgánicos	Existen más de 200 líquidos orgánicos que pueden ser usados como medio activo de un láser. Se pueden obtener longitudes de onda de emisión desde el ultravioleta, y realizar estudios de espectroscopia y excitación o absorción selectiva.
Semiconductores (diodos láser)	Debido a su solidez y a sus reducidas dimensiones, estos láseres encuentran aplicaciones en cualquier área tecnológica y científica que demande un láser de no muy alta intensidad.

Figura 2.45.- Aplicaciones de algunos tipos de láseres.

2.7.8.- Hologramas

La holografía es una técnica mediante la cual el frente de onda luminoso proveniente de un objeto es primero registrado y posteriormente reconstruido. Ésta brinda una reproducción fiel del frente de onda original, por lo que la holografía es capaz de registrar la imagen de un objeto conservando los efectos estereoscópicos (tercera dimensión), **figura 2.46**.



Figura 2.46.- Aplicaciones de la holografía en los billetes. El nuevo billete de doscientos pesos, contiene una franja holográfica en la parte izquierda de la cara de Sor Juana Inés de la Cruz.

Muchas veces los hologramas son presentados como fotografías tridimensionales. La fotografía y la holografía son técnicas para registrar imágenes y tienen distintas técnicas. La diferencia más importante entre la holografía y la fotografía, es que la holografía permite registrar la fase de la onda que llega al medio de registro y la fotografía no. A pesar de que ya existían los fundamentos teóricos desde principios del siglo pasado hacer hologramas, fue hasta 1949 que el ingeniero húngaro Dennis Gabor obtiene el primer holograma. La holografía se retrasó aproximadamente 15 años, debido a que no existían fuentes de luz muy coherentes, que se necesitaban para realizar las fotografías holográficas. Fue a principios de los años sesentas que se construyeron los láseres de Helio-Neón que trabajan con longitudes de onda de 633 nm.

Con los láseres de He-Ne, Emmet Leith y Juris Upatniecks obtuvieron un nuevo tipo de holograma que lleva sus nombres. Posteriormente, Yuri Denisiuk desarrollo un nuevo esquema de registro holográfico que tiene la característica que la reconstrucción del frente de onda se puede realizar con una fuente de luz blanca.

Al mirar un holograma el espectador tiene la impresión de ver, a través de una placa de vidrio un objeto realmente existente y puede observarlo desde diferentes ángulos. El holograma refleja las zonas de luz y sombra, y la textura del material resulta visible, lo que acrecienta la impresión de relieve. En realidad el objeto no existe en la placa holográfica, pero crea la ilusión óptica de su presencia ya que el holograma envía al espectador ondas luminosas idénticas a las que reflejaría el objeto real. A continuación se muestran en la **figura 2.47**, algunas diferencias entre la fotografía y la holografía (Serra, 2008).

Fotografía	Holografía
1. Resolución del material baja.	1. Resolución del material alta.
2. Se utiliza para iluminar el objeto cualquier fuente de luz normal.	2. Se utiliza para iluminar el objeto un láser.
3. Se usa una lente para formar la imagen en el medio de registro.	3. No usa una lente y no se forma la imagen en el medio de registro. Lo que se forma en el mismo es un patrón de interferencia.
4. Almacena la información relacionada con la intensidad.	4. Almacena la información relacionada con la intensidad y con la fase.
5. Los puntos individuales brillantes y oscuros son la imagen.	5. Las áreas brillantes y oscuras son franjas de interferencia microscópicas que no son la imagen del objeto.
6. Se obtiene un negativo y la foto se hace a partir del negativo.	6. Se obtiene directamente el holograma
7. La foto resultante es una imagen plana o bidimensional del objeto sin paralaje.	7. La imagen resultante en el holograma es tridimensional.

Figura 2.47.- Diferencias fundamentales entre la fotografía y la holografía.

Con el surgimiento de los hologramas reconstruibles con luz blanca y su desarrollo posterior, se abrieron grandes posibilidades para su utilización como medio de enseñanza por la característica de producir una imagen tridimensional que constituye un duplicado óptico de un objeto.

2.8. Fotones

2.8.1.- Hipótesis de Planck *“Radiación de cuerpo negro”*

“Una nueva teoría no se impone porque los científicos se convengan de ella, sino porque los que siguen abrazando las ideas antiguas van muriendo poco a poco y son sustituidos por una nueva generación que asimila las nuevas ideas desde el principio”, (Pozo, 2004).

Max Planck

En 1887 Max Planck comenzó a trabajar el espectro de emisión del cuerpo negro. El espectro de un cuerpo negro no depende de la naturaleza del cuerpo, sólo de su temperatura. Años antes, Wilhelm Wien había logrado combinar la formulación de Maxwell con las leyes de la termodinámica para tratar de explicar la emisividad del cuerpo negro, pero sus predicciones experimentalmente no coincidieron. Impresionado por la elegancia con que Wien desarrollo su trabajo, Planck intentó modificarlo y generalizarlo para ajustar los datos experimentales, usó como truco de cálculo una fragmentación de la energía transferida por los osciladores en paquetes, cuyo tamaño pensó reducir para recuperar la forma continua del flujo de energía entre los osciladores.

Si bien este resultado permitió resolver el problema de la *radiación de cuerpo negro*, la verdadera magnitud del significado de los paquetes de energía, los *cuantos* pasaron

desapercibidos. Planck un físico conservador que admite la relación $E = h\nu$ sólo para que su teoría funcione y concuerde con los datos experimentales. Más tarde escribiría:

“...Que la energía se vea forzada a permanecer reunida en determinados paquetes elementales...era la hipótesis puramente formal, para que la teoría funcionara, y yo no le presté mucha atención”.

Durante varios años después de la publicación del trabajo de Planck no se hizo nada respecto a la hipótesis de la cuantización que se había introducido.

2.8.2.- Ecuación de Einstein “el efecto fotoeléctrico”

En 1905, Albert Einstein publicó un trabajo llamado: “Sobre un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de la luz”, más conocido como el trabajo sobre *el efecto fotoeléctrico*. Einstein prueba la existencia de paquetes de energía, que denominó *cuanto* y que después se llamaría *fotón*. Un fotón incidente puede arrancar un electrón de un metal, por conservación de energía se tiene que **ecuación 2.11**.

$$h\nu = h\nu_0 + E \dots\dots\dots(2.11)$$

Donde $h\nu$ es la energía del fotón incidente, $h\nu_0$ energía de extracción del *electrón* y E es la energía cinética de ese fotoelectrón.

Planck había considerado que la energía de las partículas que forman las paredes de la cavidad que producen la radiación de cuerpo negro solo podía ser emitida o absorbida en múltiplos enteros de un cuanto o elemento de energía. Llegando a esta hipótesis mediante un artificio matemático sin sustento físico, para poder obtener la distribución que había encontrado usando argumentos empíricos de naturaleza puramente termodinámica. Fue Einstein quien dio significado físico a esta hipótesis de la cuantización de la energía. Einstein analizó las propiedades termodinámicas de la radiación de cuerpo negro y encontró que respecto a la teoría del calor, la radiación de baja intensidad se comporta como si consistiera de cuantos de energía independiente, cada uno de magnitud igual a la propuesta por Planck es decir la constante de Planck h multiplicada por la frecuencia correspondiente ν . A Planck no se le ocurrió suponer que la radiación electromagnética tuviera un carácter discreto.

Ya había sido propuesta por Newton la idea de que la luz estaba compuesta por corpúsculos. Pero también, hay fenómenos como la interferencia y la difracción que solamente se pueden explicar si la radiación es de naturaleza ondulatoria. Es así como Einstein con su trabajo planteó la solución a los fenómenos que no podían ser explicados considerando las ideas clásicas sobre la luz, al menos que se considerara que la luz son cuantos discretos de energía, tales fenómenos eran la fluorescencia y el efecto fotoeléctrico.

El efecto fotoeléctrico es un proceso en el que pueden emitirse electrones de la superficie de un metal, sin embargo la emisión de electrones también puede lograrse:

Calentando lo suficiente al metal para que la energía térmica permita que los electrones salgan de la superficie (emisión térmica).

1. Colocando un campo eléctrico lo suficiente grande como para extraer los electrones de la superficie del metal (emisión por campo).
2. Lanzando una partícula sobre el metal, de tal forma que su energía cinética sea transferida a los electrones, lo que les permite abandonar la superficie (emisión secundaria).
3. Haciendo incidir luz sobre la superficie del metal, en cuyo caso los electrones emergentes se denominan fotoelectrones (emisión fotoeléctrica).

Llamaremos $h\nu_0$ a la energía de enlace electrón-metal. Para que exista emisión, la energía absorbida por electrón deberá ser mayor o igual a $h\nu_0$ para que éste se emita. También se conoce $h\nu_0$ como la función trabajo, o energía mínima para extraer al electrón de la superficie. La luz la que se encarga de proporcionar dicha energía mínima. Entre más energía absorba el electrón (por encima de $h\nu_0$), su energía cinética de emisión será mayor, de acuerdo al principio de conservación de la energía.

Con respecto al fenómeno del efecto fotoeléctrico Einstein escribió en su trabajo: "La concepción usual, de que la luz está distribuida continuamente en el espacio en que se propaga, encuentra dificultades muy serias cuando uno intenta explicar los fenómenos fotoeléctricos". De acuerdo con el concepto de que la luz incidente, consiste de cuantos de energía de magnitud igual al producto de la constante de Planck h por la frecuencia de la luz ν . Sin embargo, uno puede concebir la expulsión de electrones por la luz de manera siguiente:

Cuantos de luz penetran la capa superficial del cuerpo, **figura 2.48.**, y su energía se transmite, por lo menos en parte, en energía cinética de los electrones. La manera más sencilla de imaginar esto es que un cuanto de luz entrega toda su energía a un solo electrón; suponiendo que esto le sucede. Un electrón al que se le ha impartido *energía cinética* dentro del cuerpo habrá perdido parte de esta energía al tiempo que llega a la superficie. Einstein explicó este fenómeno como la colisión de dos partículas de naturaleza diferente: el fotón y el electrón del átomo y predijo de esta manera que la energía cinética máxima que debe tener un electrón emitido por un metal debe aumentar al aumentar la frecuencia de la radiación incidente.

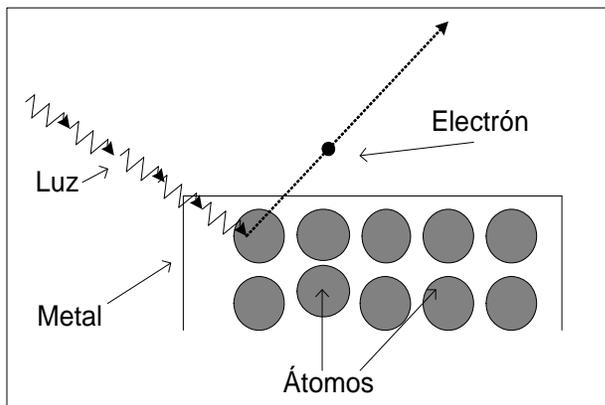


Figura 2.48.- Explicación de Einstein del efecto fotoeléctrico. Un fotón de la radiación es absorbido por un electrón de un átomo y como consecuencia es expulsado.

Este hecho se muestra en la **Figura 2.49**, donde las líneas corresponden al Bario (Ba), al Plomo (Pb) al mercurio (Hg), al bismuto (Bi) y al paladio (Pd). Considerando por ejemplo al Hg para frecuencias menores que no se emite ningún electrón del metal. Al aumentar la frecuencia de la radiación incidente, el electrón va adquiriendo cada vez

más energía cinética ya que habrá chocado con fotones más energéticos y éstos le habrán transferido su energía.

Notamos que la mínima energía es característica de cada metal y como lo sugirió Einstein está relacionada con el trabajo necesario para que el electrón abandone su superficie. Observamos que en esta descripción la intensidad de la radiación no interviene para nada. Las predicciones indican además, que para cada metal la línea correspondiente tiene que ser una línea recta.

Es más, las rectas que corresponden a distintos metales deben ser paralelas. Einstein encontró que la inclinación de estas rectas es universal, o sea la misma para todas las sustancias y está relacionada con la constante de Planck. Estas predicciones hechas por Einstein son justamente las que se habían encontrado anteriormente de resultados experimentales y sugieren una explicación de todas las observaciones que parecían ser paradójicas en el contexto de Maxwell. Como sabemos la constante de Planck es la pendiente de estas rectas, la **ecuación 2.12**, representa las pendientes de estas líneas.

$$E_{max} = h\nu - h\nu_0 \dots\dots\dots (2.12)$$

Así que $h\nu$ debe tener unidades de energía y h unidades de energía por tiempo, re arreglando, la **ecuación 2.13**, queda:

$$h\nu = E_{max} + h\nu_0 \dots\dots\dots (2.13)$$

También, se puede expresar de la siguiente forma considerando la energía de enlace del electrón (ω), **ecuación 2.14**:

$$h\nu = E_{max} + \omega \dots\dots\dots (2.14)$$

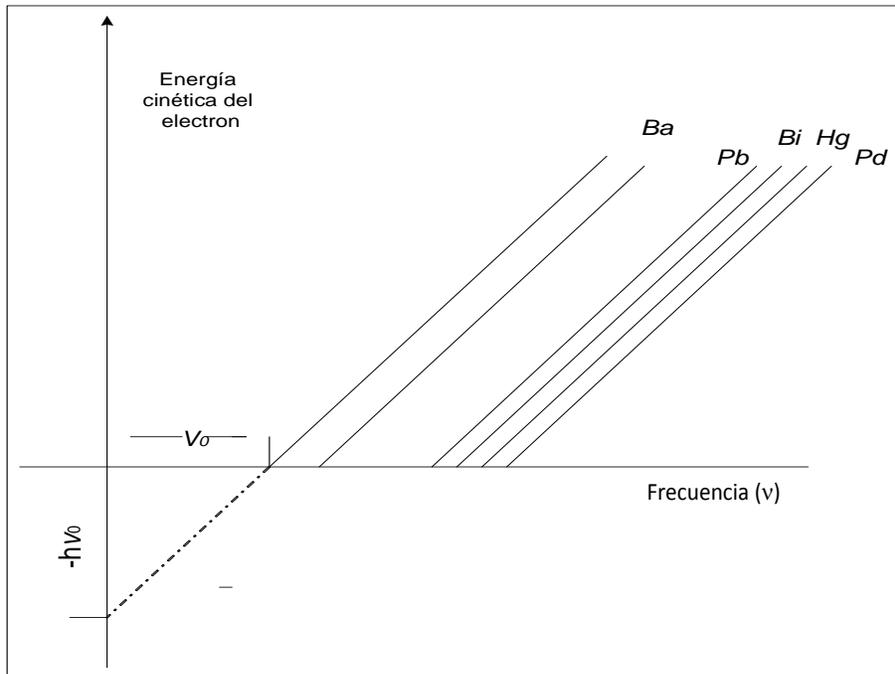


Figura 2.49.- Líneas que corresponde al Bario (Ba), al Plomo (Pb) al mercurio (Hg) y al paladio (Pd).

A medida que aumenta el potencial de frenado V , menos electrones llegan al cátodo y la corriente disminuye. Al final, cuando V iguala o sobrepasa cierto valor V_0 del orden de unos cuantos volts, ningún electrón incide sobre el cátodo y la corriente cesa.

La existencia del efecto fotoeléctrico no debe sorprendernos; después de todo, las ondas luminosas transportan energía, y parte de la energía que absorbe el metal se puede concentrar de algún modo sobre algunos electrones y transformarse en energía cinética. Sin embargo, cuando examinamos más detalladamente el proceso encontramos que el efecto fotoeléctrico puede difícilmente interpretarse con tanta sencillez, **figura 2.50**.



Uno de los aspectos particulares que mayor confusión creó este fenómeno, fue el que al distribuir la energía en los electrones emitidos (fotoelectrones) es independiente de la intensidad de la luz. Un haz de luz intenso da lugar a más fotoelectrones que un haz débil que tenga la misma frecuencia, aunque la energía media de los electrones sea la misma, depende de la frecuencia.

También se observa, dentro de los límites de la precisión experimental ($10^{-9}s$, aproximadamente), que no hay retraso de tiempo entre la llegada de la luz a la superficie metálica y la emisión de los fotoelectrones. Estas observaciones no se pueden comprender partiendo de la teoría electromagnética de la luz.

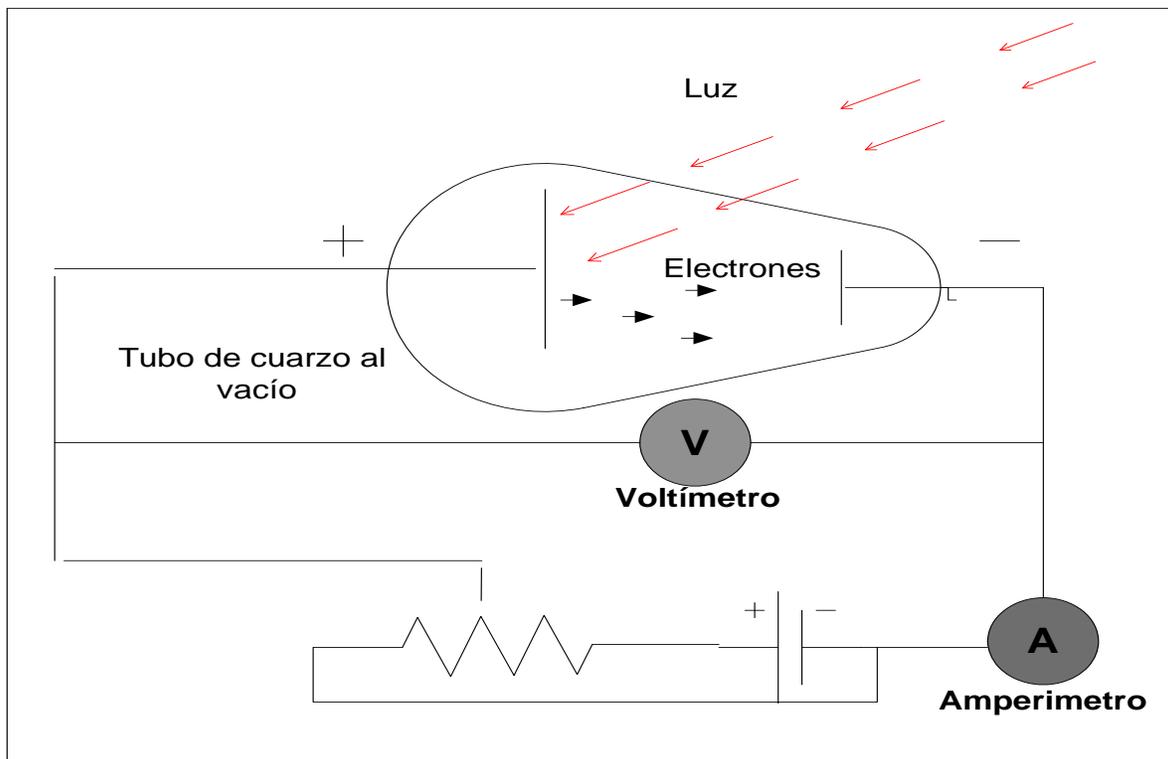


Figura 2.50.- Muestra un tubo al vacío contiene dos electrodos conectados a un circuito externo, con la lámina metálica cuya superficie va a ser irradiada como el ánodo. Algunos de los fotoelectrones que emergen de la superficie irradiada tienen energía suficiente para alcanzar el cátodo, a pesar de su polaridad negativa, y constituyen la corriente que se mide en el amperímetro del circuito.

Hay que tomar en cuenta dos situaciones para poder entender el dilema planteado por el efecto fotoeléctrico:

1.- En el efecto fotoeléctrico las ondas electromagnéticas, se comportan como partículas, fotones, con energía $h\nu$, **ecuación 2.15**.

$$\varepsilon_f = h\nu \dots\dots\dots (2.15)$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$$

Que son los que inciden sobre un electrón de la superficie.

2.- La frecuencia debe ser lo suficientemente alta para que la energía del fotón logre vencer la energía de enlace del electrón ω . La frecuencia límite ν_0 para la cual puede darse la emisión, sería aquella donde la energía del fotón sea exactamente ω , **ecuación 2.16**.

$$h\nu_0 = \omega \dots\dots\dots (2.16)$$

La **ecuación 2.17**, puede ahora interpretarse a partir de estas dos consideraciones como un simple balance de energía:

$$\varepsilon_f = E_{max} + \omega \dots\dots\dots (2.17)$$

La energía del fotón, además de arrancar al electrón de la superficie, le daría energía cinética para abandonarla. Las consideraciones que resuelven el problema violan las consideraciones de la teoría ondulatoria:

- a) Se presupone la existencia de partículas para algo considerado clásicamente como una onda: la radiación electromagnética.
- b) Además se indica que la energía de esa partícula es proporcional a la frecuencia de la onda.
- c) La velocidad a la que se mueven los fotones la de la misma luz y, de acuerdo con la teoría de la relatividad, ello es imposible a menos que su masa en reposo sea nula. Si el fotón se detuviese su masa sería cero. Es decir los fotones sólo existen en tanto se mueven a la velocidad de la luz. Cuando el fotón colide (choque) con un electrón, puede transferir toda su energía $h\nu$ a éste, pero queda aniquilado, desaparece.
- d) La existencia de una frecuencia umbral para la fotoemisión es entendible si comparamos con un hecho similar, donde las ondas electromagnéticas de longitudes de onda larga no produzcan ningún efecto, mientras que ondas de longitud de onda corta sí.

Por otro lado, cuando casualmente Heinrich Hertz (1857-1894) observó por primera vez el efecto fotoeléctrico, fue por casualidad cuando realizaba sus investigaciones para demostrar la naturaleza electromagnética ondulatoria de la luz. Tratando de demostrar que la luz era una onda, paradójicamente observó un fenómeno que muestra la luz como si estuviera compuesta por partículas. J. J. Thomson en 1899, demostró que el efecto inducido por la luz ultravioleta consistía en electrones. Además, en 1902, Philipp Lenard, hizo el crucial descubrimiento de que la energía del fotoelectrón depende de la

frecuencia, y crece si ésta crece. En 1905 Albert Einstein hace una analogía termodinámica entre la radiación y un gas de partículas clásicas que no interactúan y plantea su hipótesis del cuanto de luz:

“La radiación monocromática se comporta termodinámicamente como si consistiera de cuantos de energía mutuamente independientes de magnitud $h\nu$ ”

El siguiente paso que tomó le valió el premio Nobel en 1921, el principio heurístico:

“Si la radiación monocromática se comporta como un medio discreto consistente de cuantos de energía $h\nu$, es sugestivo preguntarse si también las leyes de la generación y conversión de la luz están constituidas como si la luz consistiera de cuantos energéticos de este tipo”.

Es decir la hipótesis del fotón es una aseveración acerca de una propiedad cuántica de la radiación electromagnética, el efecto fotoeléctrico le dio interpretación que la gráfica de E_{max} contra ν resultarían como las de la **figura 2.51**, de donde podría medirse la constante de Planck.

De igual manera parece extraño, que la energía del fotoelectrón dependa de la frecuencia de la luz empleada. A frecuencias por debajo de cierta frecuencia crítica, característica de cada metal en particular, no se emite ningún electrón. Por encima de este umbral de frecuencia, los fotoelectrones tienen un margen de energía que va de cero a un determinado valor de máximo, y este máximo de energía aumenta linealmente con la frecuencia. Para altas frecuencias tenemos fotoelectrones con máximos elevados de energía y para frecuencias bajas tenemos máximos bajos de energía.

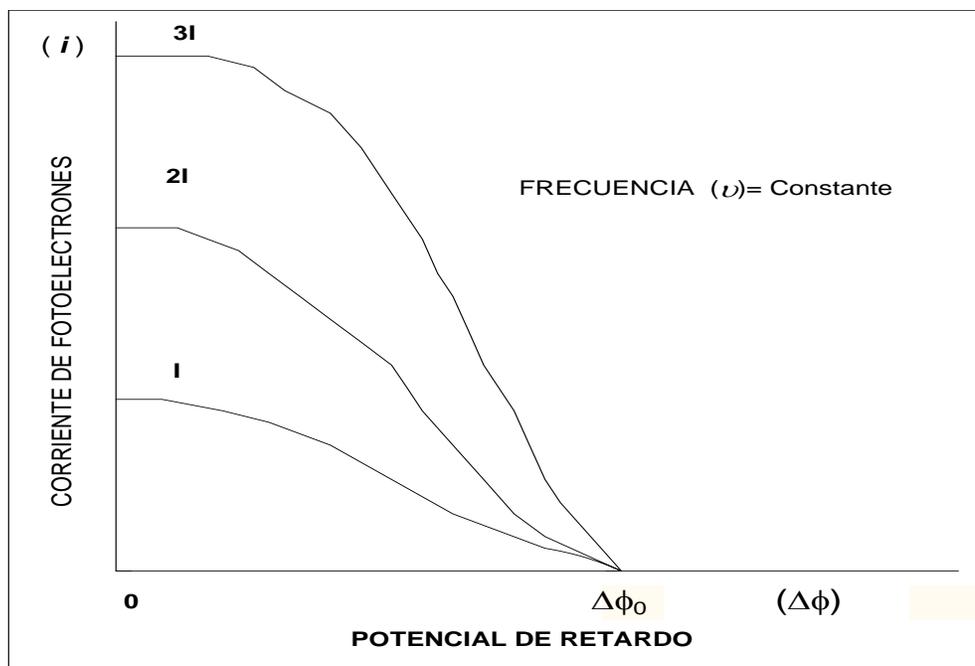


Figura 2.51.- La corriente de fotoelectrones es proporcional a la intensidad de la luz para todos los voltajes de frenado. El potencial de frenado $\Delta\phi_0$ es el mismo para todas las intensidades de luz de una frecuencia dada ν .

De este modo, la luz azul tenue produce electrones con más energía que los que produce la luz roja brillante, aunque ésta produce mayor número de ellos. En la **figura 2.52**, se muestra la relación entre la máxima energía del fotoelectron en función de la frecuencia de la luz incidente ($E_{max} = h\nu - h\nu_0$) para una superficie de sodio.

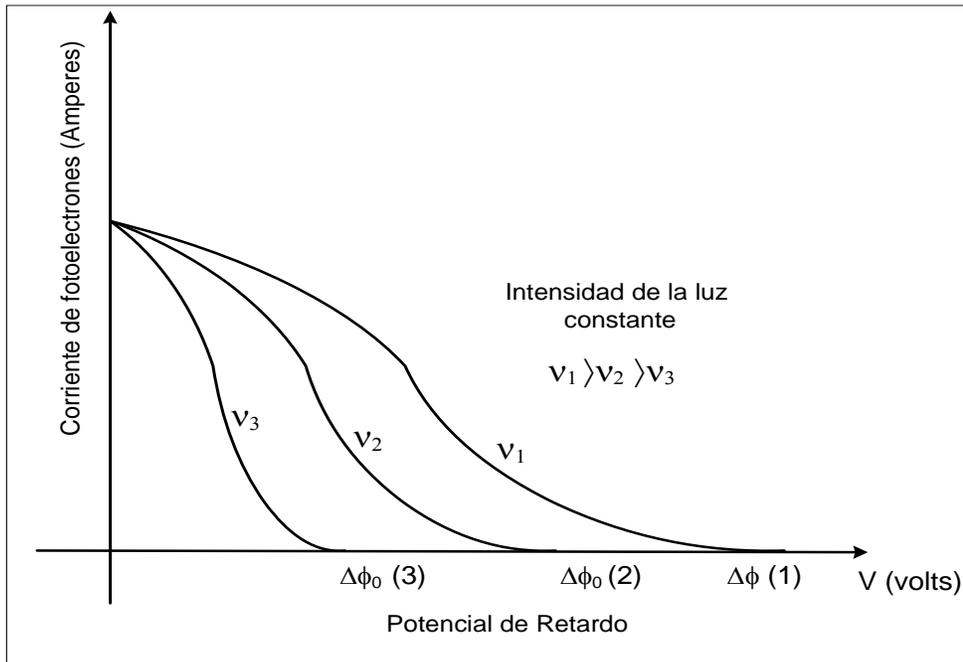


Figura 2.52.- El voltaje de extinción V_0 depende de la frecuencia de la luz cuando el potencial de frenado es $\Delta\phi_0 = 0$, la corriente fotoeléctrica es la misma para la luz de una intensidad dada, independientemente de la frecuencia.

Donde E_{max} , representa la energía máxima de los fotoelectrones y ν , es la frecuencia de la luz incidente (Beiser, 1992). Como ν_0 es el umbral de frecuencia por debajo del cual no hay fotoemisión y h es una constante. Resulta evidente que la relación entre E_{max} y la frecuencia ν implican una relación proporcional que se puede expresar como en la **ecuación 2.18**. En la **figura 2.53**, hay una representación de la Energía máxima de los fotoelectrones:

$$E_{m\acute{a}x} = h(\nu - \nu_0) = h\nu - h\nu_0 \dots \dots \dots (2.18)$$

Donde ν_0 es el umbral de frecuencia por debajo del cual no hay fotoemisión

La teoría electromagnética de la luz explica una gran cantidad de fenómenos, a pesar de que está en completa oposición con el efecto fotoeléctrico. Albert Einstein encontró que la paradoja que presenta el efecto fotoeléctrico podía resolverse si se tenía la idea de Max Planck propuesta cinco años antes y que intentó explicar las características de la radiación que emiten los cuerpos a temperaturas suficientemente elevadas como para ser luminosos y desarrolló una fórmula del espectro de esta radiación (el brillo

relativo de los diversos colores presentes) en función de la temperatura del cuerpo, que concordaba con los datos experimentales.

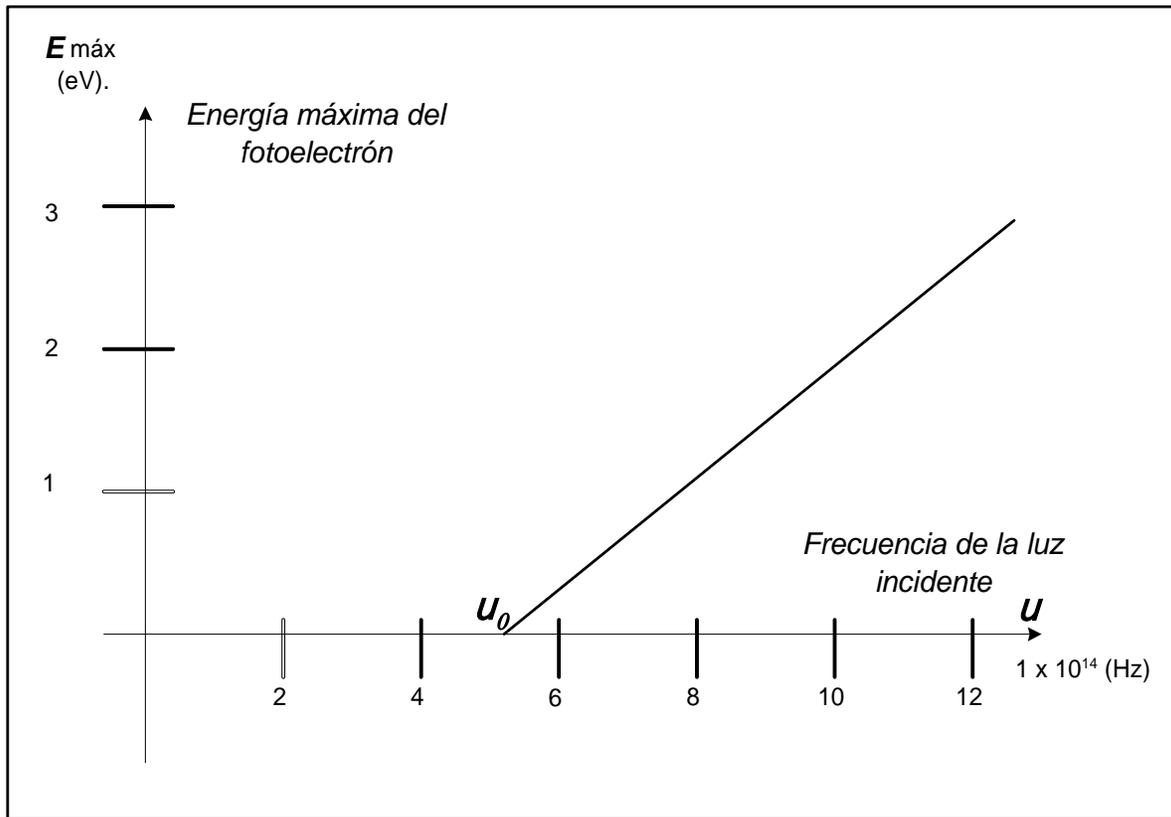


Figura 2.53.- Efecto fotoeléctrico. Hallwachs descubrió que la luz es capaz de arrancar electrones de una superficie siempre que su frecuencia supere un cierto umbral ν_0 relacionado con la energía que liga a los electrones.

Planck supuso que la energía electromagnética que produce un objeto caliente emerge de él en forma intermitente, pero no dudó de que su propagación a través del espacio fuese continua en forma de ondas electromagnéticas. Einstein propuso que la luz no solamente se emitía en forma de cuantos, sino que también se propaga como cuantos individuales. De acuerdo con esta hipótesis, el efecto fotoeléctrico se puede explicar fácilmente, (Solbes, 1996). La fórmula empírica se puede escribir como:

$$h\nu = W + E_c \dots \dots \dots (2.19)$$

Donde:

$h\nu =$ energía del fotón incidente

$W =$ el trabajo de extracción del electrón

$E_c =$ la energía cinética del electrón liberado

La teoría cuántica de la luz es sorprendentemente satisfactoria para explicar *el efecto fotoeléctrico*. Predice correctamente que la máxima energía del fotoelectrón depende

de la frecuencia de la luz incidente y no de la intensidad, contrariamente a lo que sugiere la teoría ondulatoria, y explica porqué aún la luz más débil puede conducir a la emisión inmediata de fotoelectrones, en contra posición, otra vez, con la teoría ondulatoria. Esta no puede explicar porque existe un umbral de frecuencia tal que, cuando se emplea luz de frecuencia más baja, no se observan fotoelectrones, por muy intenso que sea el haz luminoso, lo cual se desprende lógicamente de la teoría cuántica.

Se han alterado o rechazado una cantidad de hipótesis físicas cuando se observa que no concuerdan con la experimentación, pero nunca hasta ahora se habían tenido que ingeniar dos teorías totalmente distintas para explicar un fenómeno físico único. En este caso, la situación es totalmente diferente de la mecánica relativista y newtoniana, pues esta última se transforma en una aproximación de la primera. No hay manera de poder deducir la teoría cuántica a partir de la ondulatoria y viceversa.

En cada caso en particular, la luz muestra una naturaleza ya sea ondulatoria o corpuscular, pero nunca ambas a la vez. Las ondas electromagnéticas explican lo observado al propagarse la luz, mientras los fotones explican la observación según la cual hay transferencia de energía entre la luz y la materia.

En realidad, no tenemos otra alternativa que considerar a la luz como algo que se manifiesta como una partícula (fotón) o como una onda. En la **figura 2.54** se muestran valores de la función trabajo para algunos materiales.

Elemento	Función trabajo (eV)
Aluminio	4.08
Berilio	5.0
Cadmio	4.07
Calcio	2.9
Carbono	4.81
Cesio	2.1
Cobalto	5.0
Cobre	4.7
Oro	5.1
Hierro	4.5
Plomo	4.14
Magnesio	3.68
Mercurio	4.5
Níquel	5.01
Potasio	2.3
Platino	6.35
Selenio	5.11
Plata	4.73
Sodio	2.28
Urano	3.6
Zinc	4.3
<i>Handbook of Chemistry and Physics</i>	

Figura 2.54.- Valores de la función trabajo de algunos materiales.

CAPÍTULO III

PROPUESTA DE ENSEÑANZA

3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Los métodos de enseñanza de la física requieren una revisión profunda a todos los niveles, ya que los altos índices de reprobación muestran que la física es una materia incomprensible para los alumnos, que no se aplica en la vida diaria. Tomando en cuenta que generalmente se tiene un método tradicional, el profesor explica y el estudiante escucha.

Además, en el caso de los profesores, es común que sólo repasen sus apuntes o los contenidos de un libro, para después recitarlos en voz alta ante el grupo. Mientras que el estudiante permanece pasivo, sólo escucha y no construye de manera significativa ningún concepto. La memorización o la resolución de problemas, constituyen las principales preocupaciones del aprendizaje de este tipo de métodos.

La problemática general de la enseñanza de la física a nivel medio superior es muy compleja, ha sido abordada con estrategias o metodologías propias. Particularmente en la física los estudiantes tienen problemas en la adquisición de contenidos procedimentales, tan característicos de la disciplina. Por ejemplo, identifican los problemas con actividades cerradas o ejercicios numéricos como solución única, no reconocen que una variable puede tomar diferentes valores, están poco habituados a realizar predicciones, no todos son capaces de describir un fenómeno, son poco críticos con las medidas y no conocen técnicas de experimentación elementales (Hierrezuelo, 2002).

Cuando se quieren abordar temas de física moderna el problema es todavía más complicado, debido a la naturaleza de sus contenidos y la comprensión de estos conceptos por parte de los profesores, que generalmente los evitan o simplemente no los enseñan a los estudiantes. Estos se refieren a fenómenos que ocurren en los dominios alejados de nuestra experiencia común, (nivel macroscópico), el interior del átomo, (nivel microscópico). Además, que es difícil realizar experimentos o experiencias al nivel bachillerato que muestren los conceptos de física cuántica.

Es importante entonces preguntarse: ¿qué conocimientos previos y de física cuántica necesitan los estudiantes de bachillerato tener o estudiar a este nivel?, ya que en la época actual existen muchos dispositivos y aparatos que funcionan con principios cuánticos, por lo cual resulta importante que los alumnos del bachillerato comprenden al nivel básico estos conceptos.

La enseñanza de la física en el bachillerato está muy alejada tanto del lenguaje cotidiano como de la resolución de problemas auténticos, se basa en una enseñanza tradicional donde los alumnos se convierten en receptores pasivos de la información que proporciona el maestro, no se da la oportunidad al aprendizaje reflexivo donde se pueda indagar y profundizar en los temas de manera dirigida para comprender los contenidos que se pretenden revisar. La física que se enseña no produce empatía, sino

más bien aversión por esta disciplina. También se debe reconocer que muchos de los temas relacionados con la naturaleza de la luz son difíciles de abordar principalmente en la parte del comportamiento cuántico por parte de los maestros a nivel bachillerato, y se reduce a una secuencia histórica de acontecimientos o experimentos.

En buena medida la enseñanza tradicional se ve limitada principalmente a que los maestros no tienen las herramientas teóricas y experimentales (tanto de la disciplina como de la didáctica) para desarrollar su práctica docente de manera estratégica. Donde el alumno además de aprender física, aprenda a aprender y desarrolle actividades variadas, como: leer artículos de divulgación y científicos, realizar resúmenes para compartirlos y discutir con sus compañeros, diseñar las actividades experimentales propuestas, desarrollar proyectos caseros, manejar la información que los multimedios proporcionan de manera sistemática, organizada e integral, etc. Y así lograr que aprendan, no solo conceptos relacionados con la dualidad de la luz, sino además: procedimientos o actitudes hacia la física, aprenden a pensar científicamente y a pensar con modelos de la ciencia (Jiménez, 2003).

Existen varios problemas en la enseñanza de conceptos de física y de física moderna (cuántica) que deben tomarse en cuenta para la presente propuesta didáctica:

1. La enseñanza de temas de física moderna en el bachillerato es escasa o nula, las causas son dos básicamente: la poca comprensión de los conceptos por parte de los profesores de este nivel o a que nunca los estudiaron en la licenciatura, esto sucede porque los profesores de física son egresados de diferentes ingenierías, y en algunas no se ven temas de física moderna.
2. En los programas de bachillerato la enseñanza de fenómenos relacionados con la luz, son estudiados de manera aislada, sin la integración de las teorías *ondulatoria* y la *corpúscular*, sin actividades estructuradas que den continuidad a los conceptos.
3. La comprensión de que la luz puede comportarse a veces como una onda y otras como una partícula, requiere de un nivel de abstracción mayor, ya que implica que los alumnos comprendan que estos dos modelos son complementarios y no son excluyentes.
4. No existe equipo de laboratorio para diseñar actividades experimentales de física moderna, como por ejemplo: espectrómetros, sensores de luz, lámparas de descarga, monocromadores, espectrógrafo, fotomultiplicadores, fotoceldas, fuentes de alto voltaje, rejillas de refracción, láseres de diferentes longitudes de onda, etc.

Por lo cual, deben considerarse las habilidades cognitivas de los estudiantes y las habilidades para la docencia de los maestros.

Existe un debate sobre cómo realizar la práctica docente para la enseñanza de la física a todos los niveles. Por un lado, hay los que están convencidos que es más importante saber enseñar y los que consideran que es indispensable saber física, ya que no se puede enseñar lo que no se sabe. Sin embargo, esto debe estar balanceado se debe: saber enseñar y saber física.

Por otra parte, el estadio en el que se encuentran, generalmente los estudiantes de bachillerato es el de operaciones concretas, necesitan realizar experimentos (experiencias concretas) para poder comprender el mundo que los rodea, lo cual dificulta el estudio de los fenómenos al nivel microscópico.

Este trabajo se basa en el constructivismo, el aprendizaje significativo y los modelos didácticos; para instrumentar contenidos potencialmente significativos en un modelo estratégico, apoyados del uso de recursos didácticos, con la finalidad de que los estudiantes comprendan los fenómenos luminosos. Se escogió el estudio de la naturaleza dual de la luz, comportamiento: onda y partícula. Se parte de experimentos que pueden realizarse al nivel macroscópico (fenómenos ondulatorios) para ligarlos a los fenómenos luminosos, para después a través de experimentos, escogidos adecuadamente, para que puedan comprender su naturaleza corpuscular.

Algunas observaciones relacionadas con los fenómenos luminosos y que deben tomarse en cuenta son:

1. La luz es un fenómeno importante en el desarrollo de los seres vivos, ya que las plantas pueden aprovechar la energía que llega a nuestro planeta a través de la luz solar, para que posteriormente los demás seres vivos puedan aprovecharla.
2. La propagación rectilínea de la luz en un medio homogéneo se puede describir con ayuda del modelo de rayos, la trayectoria de un haz de la luz se describe con un trazo rectilíneo en el espacio. Este es un modelo sumamente sencillo, que permite explicar las leyes de la reflexión y refracción de la luz.
3. La luz está relacionada con los objetos que vemos, en general la mayoría son opacos, no emiten luz y sólo pueden verse si reflejan la luz que les llega de una fuente luminosa, como podría ser el Sol, una lámpara o una vela. Para que tenga lugar la percepción de un objeto con la vista, es necesario que la luz que es emitida por un objeto (fuente de luz) o reflejada (cuerpo opaco) llegue al ojo directamente.
4. El color es visto como una cualidad de las cosas, generalmente se considera que no existe relación entre el color y la luz con que son iluminados los objetos, la única relación que se reconoce es que con una intensidad baja se distinguen peor los colores.

Por lo cual, es necesario, desarrollar *material didáctico* para comprender cuándo la luz tiene un comportamiento ondulatorio y cuándo es corpuscular, este es el propósito del multimedia. Este material didáctico integra diversos recursos, centrandose su desarrollo en la parte experimental: prácticas de laboratorio, proyectos, construcción de dispositivos, lecturas, recursos computacionales dirigidos, imágenes fijas y móviles y evaluaciones. Se pretende que el aprendizaje de los conceptos sea significativo.

Partimos de que los alumnos pueden hacer un estudio de los fenómenos ondulatorios en cuerdas, resortes, cuba de ondas, etc., y caracterizarlos en términos de su *longitud de onda, frecuencia, periodo, velocidad de propagación, dirección de propagación, amplitud y transporte de energía*, para después relacionarlos con la luz como una onda electromagnética

Posteriormente, se propone el estudio de fenómenos cuánticos relacionados con la luz, que originaron la crisis de la física clásica: *los espectros atómicos y el efecto fotoeléctrico*. En este sentido es importante resaltar la importancia del concepto del fotón y los espectros discretos. Y también es necesario mencionar la cuantización de la energía que se plantea por primera vez en los estudiantes, al introducir el modelo atómico de Bohr.

3.2. OBJETIVO

El objetivo principal de este trabajo es mediante el *constructivismo*, el *aprendizaje significativo* y *las estrategias de aprendizaje* instrumentar un modelo (estratégico) que haga uso de *multimedios*, integrados en un *material didáctico* que ayuden a los estudiantes del nivel bachillerato a comprender conceptos relacionados con la naturaleza dual de la luz.

1. Diseñar un material que contribuya al proceso de enseñanza–aprendizaje de los conceptos relacionados con la naturaleza ondulatoria de la luz, primero, y cuántica después.
2. Proporcionar un material didáctico para que el profesor desarrolle actividades experimentales y proyectos que faciliten a los alumnos una comprensión más profunda de la naturaleza *onda-partícula* de la luz, haciendo énfasis en la *cuantización de la energía* y la comprensión del *efecto fotoeléctrico*.
3. Desarrollar un material que genere una serie de conceptos básicos para que los estudiantes puedan comprender el mundo actual y sus cambios tecnológicos, además desarrollar una cultura científica general que les permita actuar en sociedad como ciudadanos informados y críticos donde el conocimiento que adquieran les pueda servir para interpretar nuevas situaciones, resolver problemas, pensar y razonar para aprender.

3.3. MODELO ESTRATÉGICO

La propuesta de enseñanza surge del interés de lograr un aprendizaje significativo en los estudiantes, partiendo de las ideas previas en el caso que existan, para llevarlos a que evolucionen hacia ideas aceptadas por la ciencia, por lo que se elaboró un material didáctico con base en el modelo estratégico.

La propuesta de enseñanza estratégica tiene los siguientes tres objetivos fundamentales.

- a) Mejorar el conocimiento del estudiante con respecto a la física.
- b) Aumentar la conciencia del estudiante sobre las operaciones y decisiones mentales que realiza cuando aprende un contenido o resuelve una tarea.
- c) Favorecer el conocimiento y el análisis de las condiciones en las que se produce la resolución de un determinado tipo de tarea, o el aprendizaje de un tipo específico de contenido, con el fin de lograr la transferencia de las estrategias implicadas a situaciones semejantes.

Con esto se pretende desarrollar en el estudiante las habilidades que le permitan llegar a ser un aprendiz experto, autosuficiente y para toda la vida (Quezada, 2005).

Este modelo consta de las siguientes secciones: Introducción, Pre-Test, Presentación, Prácticas guiadas, Representaciones, Retroalimentación, Pos-Test, Criterios de Control y Proyectos Caseros, los cuales se describen a continuación:

INTRODUCCIÓN

- a) **Foco introductorio**, se trata de motivar al alumno explicando como el nuevo contenido debe ser estudiado mediante un experimento misterioso, una lectura interesante, un proyectos casero, etc., que ayude a atraer la atención de los estudiantes en la sección, cuidando que no afecten la evaluación diagnóstica.
- b) **Visión general**, durante la introducción a la sección, se describen los objetivos, se comparten las metas y una visión general de las actividades que ayude a los alumnos a ver la organización de toda la sección. Todas las introducciones en cada sección proporcionarán un marco conceptual para las actividades, a partir del cual los estudiantes comprenden que su tarea es usar toda la información. Además, la introducción les permite a los estudiantes relacionar los conceptos aprendidos en secciones anteriores.
- c) **Metas de la sección**, ayuda a los estudiantes a identificar los puntos importantes en cada actividad, es decir que deben de saber y qué podrán hacer cuando terminen la sección (5 secciones con 20 actividades) y poder avanzar a la siguiente.

PRE-TEST

Se hacen tres preguntas antes de comenzar cada sección como parte de una evaluación diagnóstica, se trata de relacionar cuerpos organizados de conocimientos anteriores. La habilidad de relacionar diferentes temas depende de la comprensión de los temas en sí mismos, por eso la evaluación diagnóstica mediante tres preguntas generadoras debe incluir tanto los temas específicos como las relaciones entre ellos. Esta etapa sólo se realiza al inicio de cada una de las 5 secciones.

PRESENTACIÓN

Para hacer las presentaciones más productivas, claras e interactivas, se muestran a los estudiantes ejemplos y modelos suficientes para desarrollar la comprensión. Se presenta información (lectura, película, etc.) relacionada con el contenido. Se comparan, imágenes fijas (fotos, gráficos, etc.) e imágenes móviles (videos y animaciones). Es aquí cuando se pide un resumen o mapa conceptual de la información proporcionada para su posterior discusión en equipo y poder con la guía del docente llegar relacionar de manera teórica los nuevos conceptos.

PRÁCTICAS GUIADAS

Durante la práctica guiada, se proporciona a los estudiantes la oportunidad para aplicar el nuevo contenido mediante la experimentación: Observan, miden, comparan,

prueban, manipulan y recolectan información. El docente monitorea cuidadosamente el progreso y retroalimenta el proceso que los estudiantes realizan. El docente cambia su función de proveedor de información y modelo; al de apoyo, mientras los alumnos cambian de receptores a examinadores de su propia comprensión con los ejemplos provistos por el docente. Procesan información (desarrollar habilidades en la recolección de datos) general que deben hacer en grupos pequeños de menos de 4 integrantes o de manera individual, para su posterior análisis.

REPRESENTACIONES

Después de que la actividad ha sido presentada o explicada, o una vez que los estudiantes ganaron experiencia con el procedimiento, la actividad continua cuando el docente presenta otras representaciones sobre el concepto estudiado mediante imágenes móviles (videos, animaciones, etc.) o imágenes fijas (gráficas, tablas, fotos, etc.). Prepara la información en otras representaciones de manera que el estudiante pueda procesarla. Comparan dicha información, para presentarla mediante diagramas, dibujos, mapas de conceptos, etc., y la interpretan mediante metáforas, analogías, o el uso de inferencias.

RETROALIMENTACIÓN

Durante su transcurso, los estudiantes trabajan la nueva habilidad o aplican el concepto por si mismos mediante la realización de tareas, revisión y ejercitación que proporciona el material didáctico. Repasar y recuperar datos o información en general, ayuda a los estudiantes a recordar datos aprendidos. El material didáctico puede ser consultado de manera individual o en grupos cooperativos, donde se incluye información suficiente para practicar de manera independiente. A diferencia de lo que sucede en las clases generalizadas, la retroalimentación en grupos pequeños puede ser individualizada y relacionada con la comprensión inmediata de los alumnos. Las explicaciones de los estudiantes son a veces más efectivas que la de los adultos, porque son propuestas en términos de que otros estudiantes pueden recuperar datos, conceptos o generalizaciones.

POST-TEST

Se busca que el estudiante desarrolle la habilidad de demostrar lo que sabe y poder avanzar a las otras secciones. Se realizan nuevamente las tres preguntas iniciales de la sección. Las preguntas son para alentar la integración, pidiendo a los estudiantes que conecten los conceptos para explicar de mejor manera los fenómenos estudiados y la aplicación de esos conceptos a nuevas situaciones. También se pide la presentación de informes experimentales y cuestionarios.

CRITERIOS DE CONTROL

La revisión y cierre de la sección son los criterios esenciales de control para identificar la integración de los contenidos estudiados, enfatizando los puntos importantes y proporciona la posibilidad de que el alumno se conecte con el nuevo aprendizaje y avance a la siguiente sección. Estos criterios son para determinar si el alumno maneja los conceptos base de la sección correspondiente y poder pasar a la otra sección. Una

evaluación sumativa mediante un cuestionario al final de cada sección es otro criterio de control, proporciona retroalimentación al docente y a los estudiantes acerca del progreso del aprendizaje. Este cuestionario es diseñado para evaluar adecuadamente conceptos y habilidades importantes.

PROYECTOS CASEROS

Finalmente, el propósito de esta actividad es realizar una serie de experimentos sencillos que contribuyan al desarrollo de habilidades en el manejo y análisis de datos experimentales y algunas aplicaciones cotidianas; que por falta de tiempo no se realizan. Si el estudiante ve alimentada su curiosidad y desea proseguir investigando sobre las ideas subyacentes en cada sección del material didáctico, estos experimentos sencillos con elementos disponibles en una casa, pueden ayudar a reforzar los conceptos de interés para los estudiantes.

3.3.1. Descripción de los procedimientos de aprendizaje

Los procedimientos de aprendizaje que se siguieron en este modelo son los más comunes y fueron considerados en cada una de las secciones del material para ayudar a organizar la información sugerida. Se describen a continuación:

1. **Repetición.** Representan los procedimientos más elementales y consisten en repasar el material propuesto varias veces.
2. **Tomar notas.** Puede ser de la lectura, videos, etc., que se proporciona o de las explicaciones. Recomendando que no sean notas textuales.
3. **Subrayar y marcar textos.** Subrayar las ideas principales y marcar lecturas con comentarios, preguntas, críticas o las observaciones que hayan surgido al leer la sección.
4. **Mapa conceptual.** Representa un recurso adecuado para organizar e integrar los conceptos básicos de un tema. Ayuda a la comprensión.
5. **Resúmenes.** Es una exposición abreviada en la que se identifican los elementos esenciales y relevantes del material estudiado y se dejan de lado los detalles.
6. **Creación de imágenes mentales.** Se toman como base las ideas principales de lo que se estudia para estimular el pensamiento e imaginar cualquier cosa con ellas. Mientras más creativo mejor. Otra forma de hacerlo es buscar la manera de organizar la información.
7. **Diagramas.** Es un esquema que representa las relaciones entre conceptos o temas clave. Existen diferentes tipos como: el árbol, radial y cuadro sinóptico.
8. **Agrupación de elementos o categorización.** Conlleva a la integración de elementos comunes para facilitar su aprendizaje. En ocasiones cada

grupo se nombra en término que englobe a todos los miembros, en cuyo caso dicho término sirve para recuperar la información.

9. Esquemas. Dirige la atención, permite entender visualmente lo que es difícil de expresar verbalmente; facilita el recuerdo, integra información fragmentada. Los esquemas deben corresponder a los puntos centrales del concepto y ser claros.

10. Analogías. Es la comparación explícita entre dos cosas. Se usa para facilitar la comprensión de la información nueva, comparándola con lo ya conocido.

En el siguiente capítulo (**Capítulo IV**) se describen las actividades instrumentadas con base en el modelo estratégico propuesto.

CAPÍTULO IV

MATERIAL DIDÁCTICO

4.1. APLICACIÓN DEL MODELO DE ENSEÑANZA

En este capítulo se presenta el *material didáctico*: los *multimedios*, los cuales se articularon en 5 secciones, que contemplan 20 actividades para ser trabajadas en grupos cooperativos o de manera individual. Los recursos son *textos* (lecturas científicas y de divulgación), *imágenes fijas* (fotos, gráficos, etc.), *imágenes móviles* (videos y animaciones) y *recolección de datos*. En el diseño y edición del multimedia se utilizaron los siguientes programas de cómputo:

- a) *Procesador de palabras*: **Word**.
- b) *Captura de datos*: **Logger Pro**.
- c) *Creación de una plataforma multimedia y animaciones*: **Flash 8**.
- d) *Creación de audio*: **Audacity**.
- e) *Creación de video*: **Camtasia studio**.
- f) *Diseño gráfico*: **ConceptDraw IV y Mindjet MindManager Pro 6**.
- g) *Edición de imágenes*: **Photoshop CS**.

La plataforma original es Windows sin embargo puede utilizarse al sistema operativo Linux. Las diversas herramientas de visualización pueden ser ejecutadas en cualquier computadora o en Internet, gracias a los archivos que genera **Flash 8** (.exe y .html) (Orós, 2008).

4.2.- DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES QUE INTEGRAN EL MATERIAL DIDÁCTICO

La mayoría de las prácticas guiadas fueron probadas en la **Práctica Docente I, II y III**. El material didáctico se sistematizó para usarse también como una **guía experimental**. Considerando que el laboratorio es una herramienta fundamental para el estudio de los fenómenos físicos, además que permite a los estudiantes utilizar instrumentos de medición, con lo cual es posible enseñar el manejo de datos experimentales, se pueden aclarar o discutir conceptos, es el lugar ideal para aprender a utilizar los conocimientos en situaciones reales (Riveros, *et al* 2004). Las secciones que integran esta propuesta pueden ser monitoreadas cuidadosamente por el docente y corresponden a las actividades que se muestran en la **figura 4.1**. Las 20 actividades propuestas del material didáctico se describen brevemente a continuación.

SECCIÓN I.-Ondas, luz e interferencia:

1. Ondas longitudinales y ondas transversales: *Resorte y cuba de ondas.*
2. La luz que viaja en diferentes medios: *Índice de refracción.*
3. Reflexión total interna: *Láser y agua.*
4. Interferencia y difracción de la luz: *Láser y pequeños obstáculos.*
5. Cualidades del sonido: *Instrumentos musicales y diapasón.*

SECCIÓN II.- Espectro electromagnético:

6. Dispersión de la luz: *Composición de la luz blanca.*
7. La atmósfera y las actividades agrícolas: *Sensor de luz UV.*
8. Recepción de ondas de radio: *Construcción de un radio cristal.*

SECCIÓN III.- Espectros de emisión:

9. Marcha de cationes: *Combustión de cloruros.*
10. Espectroscopia. *Construcción de un simple espectroscopio.*
11. Espectro de emisión: *Tubos de descarga.*
12. Los átomos: *Serie de Balmer para el átomo de hidrógeno.*

SECCIÓN IV.- Fuentes de luz:

13. Medición de la iluminación: *Sensor de luz y fuentes luminosas.*
14. Balance de energía: *Lámparas incandescentes y fluorescentes.*

SECCIÓN V.- Fococeldas:

15. Efecto fotoeléctrico: *Construcción de una fotocelda.*
16. Descarga de un electroscopio: *Electroscopio y luz ultravioleta.*
17. Circuitos fotoeléctricos: *Arreglo de fotoceldas en serie y en paralelo.*
18. Aplicaciones tecnológicas: *Motor fotoeléctrico.*
19. Aplicaciones tecnológicas: *Fotorresistencia.*
20. Medición del espesor óptico: *Construcción de un fotómetro.*

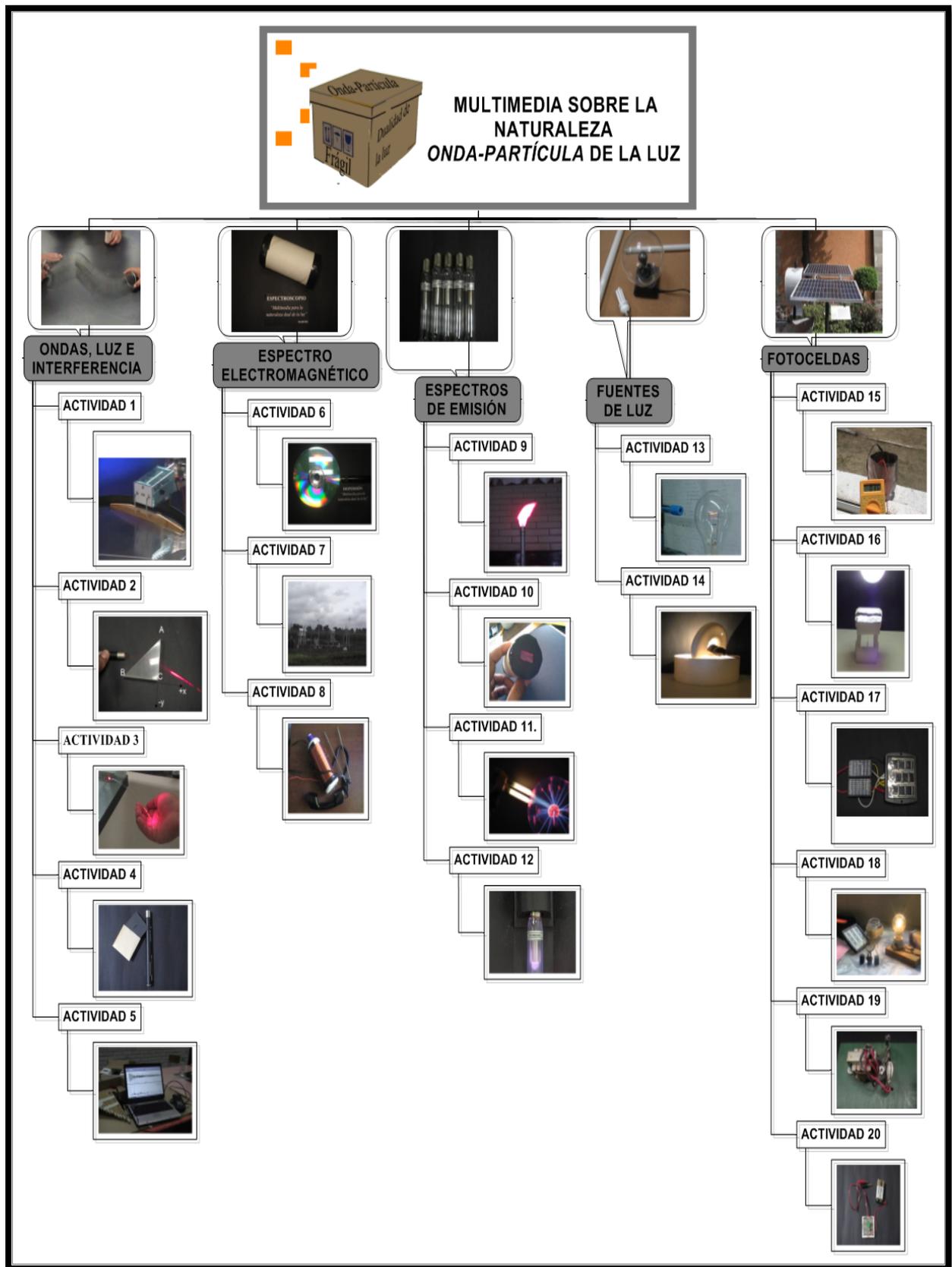


Figura 4.1.- Las 20 actividades integradas en el material didáctico.

La utilización de este material permitió identificar y estudiar el papel de algunos recursos tecnológicos en los modelos educativos, estos nunca sustituirán las clases presenciales y mucho menos la asesoría del maestro (Hierrezuelo, 2002).

Las características propias de la propuesta de enseñanza fundamentada en el *constructivismo* y en el *procesamiento de la información*, permitió proponer e implementar una gama amplia y variada de actividades didácticas, cuyos componentes fundamentales se apoyan en la experimentación directa, la discusión de los contenidos, el trabajo cooperativo y el uso de recursos como: la computadora, los sensores, el análisis de datos experimentales, la construcción de dispositivos, las animaciones computacionales, etc.

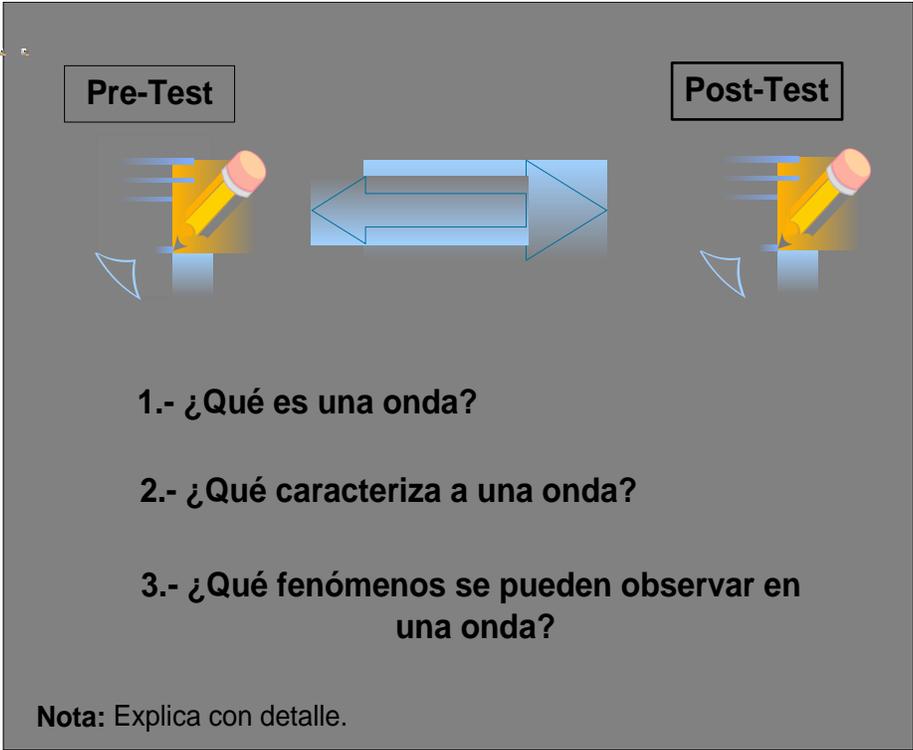
Esto significa que la aplicación didáctica de este trabajo está encaminada al mejoramiento de los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física y al desarrollo de propuestas interactivas que acerquen al estudiante a los temas de ciencia en general con el uso de otros recursos (como medios informáticos) disponibles en la actualidad (Gilbert, 1998).

SECCIÓN I: ONDAS, LUZ E INTERFERENCIA

a) INTRODUCCIÓN

Se abre la discusión con lecturas relacionadas con las cinco actividades de la **sección I**. Se les pide un resumen o mapa conceptual individualmente y después se trabaja en equipos de cuatro para concretar ideas con todo el grupo. La primera de estas lecturas es: **Lectura 1.- Gigantescas ondas sobre los cielos de Iowa.**

b) PRE-TEST



Pre-Test

Post-Test

- 1.- ¿Qué es una onda?
- 2.- ¿Qué caracteriza a una onda?
- 3.- ¿Qué fenómenos se pueden observar en una onda?

Nota: Explica con detalle.

c) PRESENTACIÓN

Se trabaja con ondas mecánicas en un resorte y en una cuba de ondas para distinguir el tipo de ondas en términos de su vector de propagación: longitudinales y transversales. Se caracteriza a una onda en términos de longitud de onda, frecuencia, periodo, amplitud, además de trabajar con los fenómenos de reflexión, refracción, difracción e interferencia, para poder contestar las preguntas generadoras.

d) PRACTICAS GUIADAS

Se desarrollan las cinco actividades que a continuación se describen. En ellas los estudiantes: observan, miden comparan, prueban, etc. Además, con la información que les proporcionan las actividades y otros recurso los estudiantes; identifican, interpretan, analizan, etc., los conceptos mencionados en la sección anterior.

ACTIVIDAD 1.- Ondas longitudinales y transversales: *Resorte y cuba de ondas*.

Se trabaja con los fenómenos de reflexión, refracción, difracción e interferencia de las ondas en el slinky (resorte metálico) y en la cuba de ondas además de las características de las ondas.



Figura 4.2.- Resorte elástico (Slinky).

OBJETIVO

1. Identificar las características de una onda (amplitud, periodo, longitud, frecuencia y velocidad de propagación) mediante la producción de ondas en diferentes medios (resortes, cuerdas y cuba de ondas).
2. Observar y relacionar conceptos de propagación de una onda: *reflexión*, *refracción* e *interferencia* de una onda.
3. Distinguir la diferencia entre interferencia y difracción de ondas.

MATERIAL

- 1 Resorte metálico (slinky), **figura 4.2.**
- 1 Lazos para tendedero e hilo para plomada
- 1 Cuba de ondas
- 1 Placas rectangular,
- 1 Regla de 30 cm
- 4 Diferentes tipos de obstáculos (bloques de madera o metal)
- 1 Transportador

1.1.- EXPERIMENTOS CON EL RESORTE METÁLICO

a) Propagación de una onda mecánica

- 1.- Sujetar el resorte por los extremos.
- 2.- Cerca de un extremo provocar deformaciones como se indica en la **figura 4.3.**
- 3.- ¿Qué sucede con la perturbación a lo largo del resorte?

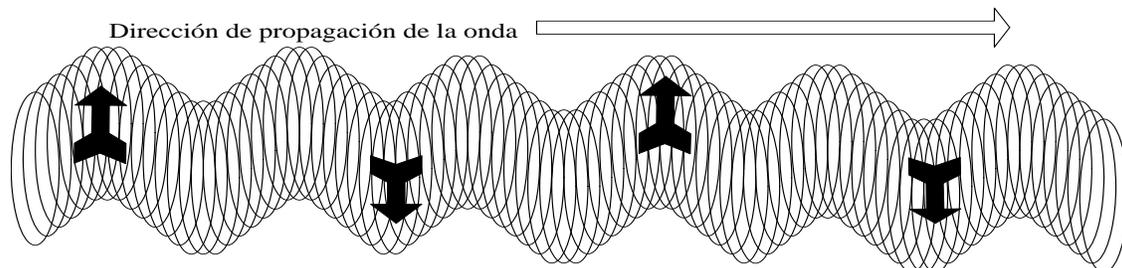


Figura 4.3.- Ondas Transversales

4.-Empujar hacia adelante el resorte como se indica en la **figura 4.4.**

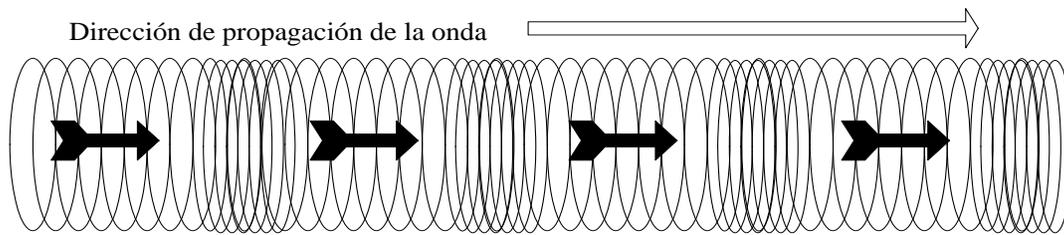


Figura 4.4.- Ondas longitudinales.

5.- ¿Qué sucede con la perturbación a lo largo del resorte?

b) Reflexión

1.- Sujetar un resorte por un extremo.

2.- En el extremo libre provocar una deformación hacia arriba para generar una cresta como se indica en la **figura 4.5.**

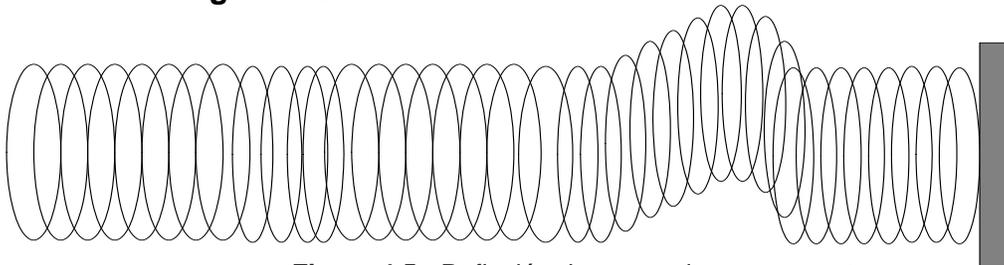


Figura 4.5.- Reflexión de una onda en un resorte.

3.- Explicar el comportamiento de la perturbación al reflejarse.

c) Refracción

1.-Unir el resorte con una cuerda y provocar una deformación en el extremo del resorte como se indica en la **figura 4.6.**

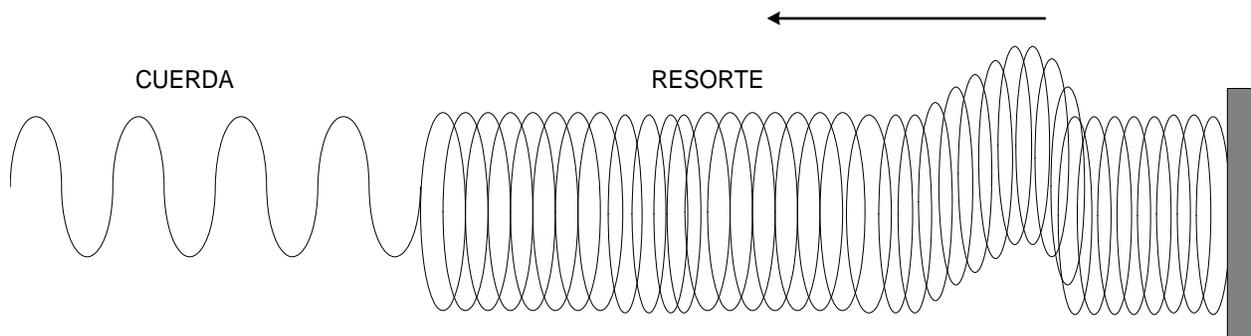


Figura 4.6.- Refracción de una onda en un resorte.

2.- ¿Cómo se comporta la perturbación al pasar de la cuerda al resorte?

d) Interferencia

1.- Provocar simultáneamente dos pulsos en los extremos de un resorte como indica la figura 4.7.

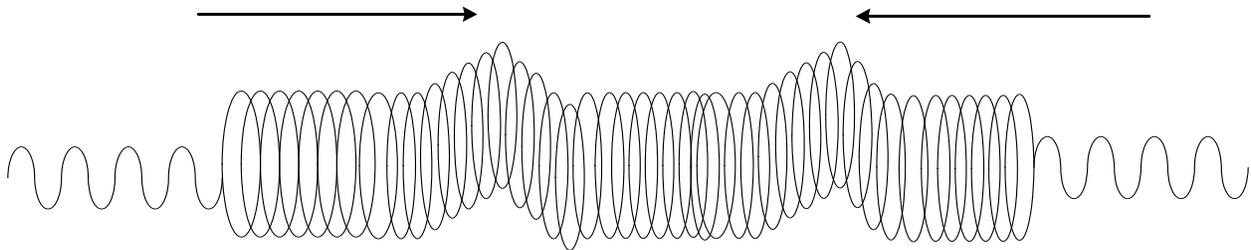


Figura 4.7.-Interferencia de ondas a través de un resorte.

2.- ¿Qué se observa cuando se encuentran las dos perturbaciones?

1.2.- EXPERIMENTOS CON LA CUBA DE ONDAS

a) Ondas en el agua.

1.- Iluminar por encima la cuba de ondas, figura 4.8, producir ondas manualmente mediante una placa rectangular con una frecuencia regular y registrar la frecuencia (ν).

2.- Distinguir perfectamente las crestas y los valles en la pantalla.

3.- Medir longitud de onda (λ) y la amplitud de la onda (A).

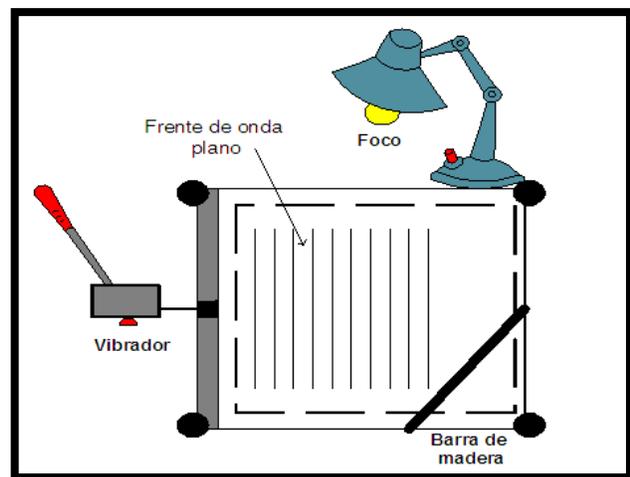


Figura 4.8.- Producción de ondas en una cuba de ondas.

b) Frentes de onda plano

1.- Observar el frente de onda y caracterizarlo (realizando dibujos) en términos de ν , λ , T , v de las ondas, figura 4.9.

Figura 4.9.- Cuba de ondas y un frente de ondas plano.

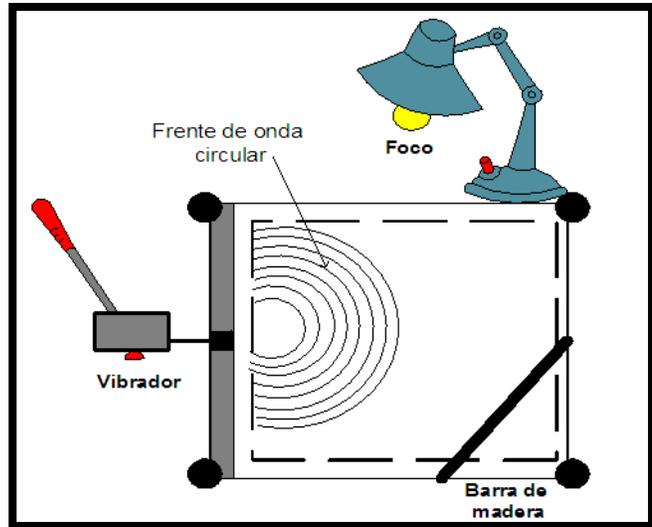


2.- Con varias frecuencias obtener lo anterior.

c) Frentes de onda circular

1.- Generar con un vibrador frentes circulares modificando la frecuencia y la amplitud de las ondas, **Figura 4.10**. Dibujar lo observado.

Figura 4.10.- Cuba de ondas y un frente de ondas circulares.



d) Interferencia

1.- Utilizar el generador de ondas plano (placa rectangular) para producir frentes de onda y colocar un reflector plano (barra de madera) a un ángulo de 45° respecto a los frentes de onda incidentes, **figura 4.11**.

2.- Observar los frentes de onda producidos, trazar los esquemas correspondientes y señalar su dirección de propagación.

3.- Analizar si existe alguna relación entre la dirección de propagación y el efecto que producen los obstáculos sobre las ondas

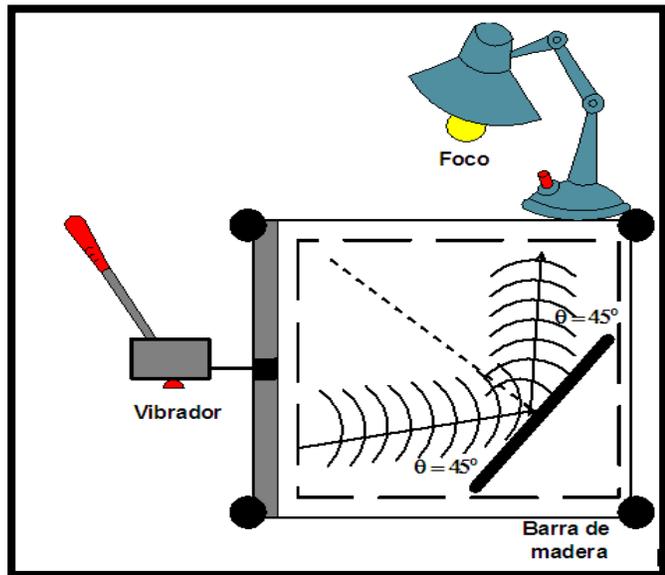


Figura 4.11.- Cuba de ondas y un bloque de madera.

e) Difracción de las ondas frente a una rendija estrecha. Diferencia entre difracción e interferencia.

1.- Construir con obstáculos una rendija de tamaño comparable con la longitud de onda del frente incidente, **figura 4.12**.

2.- Dibujar en el cuaderno los efectos producidos por la rendija al paso del agua.

3.- Cómo es el comportamiento de las ondas frente a dos rendijas.

4.- Explicar la diferencia entre interferencia y difracción

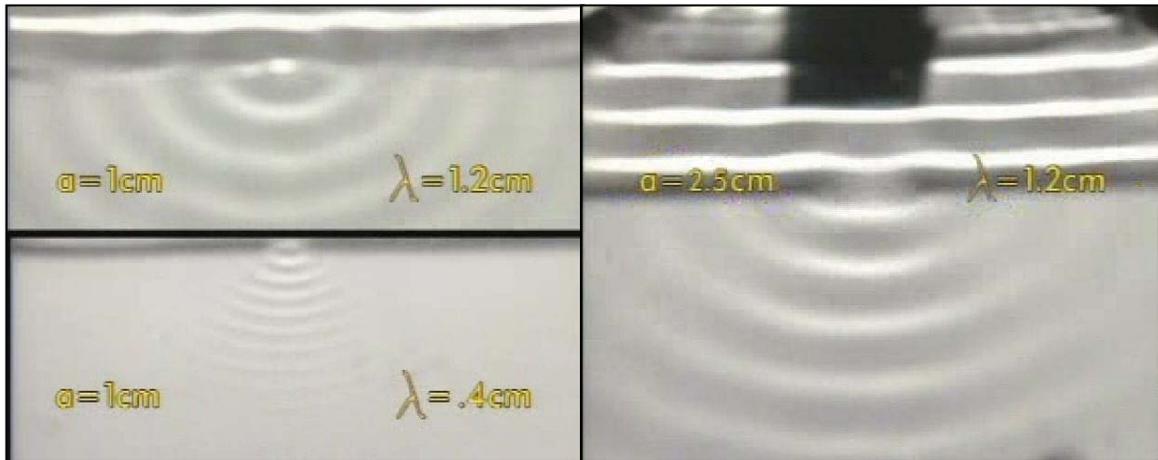
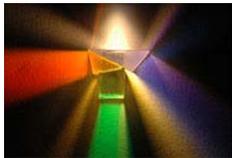


Figura 4.12.- Ondas que atraviesan diferentes tamaños de rendija (1 cm y 2.5 cm).

ACTIVIDAD 2.- Observación de la luz en diferentes medios: *Índice de refracción*



En esta actividad se determina con mediciones sencillas el índice de refracción de una sustancia. Además, de relacionar el seno del ángulo de incidencia con el seno del ángulo de reflexión.

Se proporciona a los alumnos para su discusión y análisis en equipo la lectura siguiente: **Lectura 2. La primera luz estelar.**

OBJETIVO

1. Determinar el índice de refracción de un prisma.
2. Explicar qué sucede cuando dos sustancias transparentes (una líquida y otra sólida) tienen el mismo índice de refracción y se sumerge la sólida en la líquida.

MATERIAL

- 1 Transportador
- 1 Prisma
- 4 Alfileres
- 1 Láser tipo apuntador
- 1 Tubo de vidrio Pyrex (10 cm de largo por 2 de diámetro)
- ½ Litro de aceite comestible (Nutrioli)
- 1 Vaso de precipitados de 1 litro (Pyrex).

2.1.- EXPERIMENTO CON UN TUBO DE VIDRIO PYREX QUE DESAPARECE (experimento para atraer la atención)

1.- Colocar dentro de un vaso de precipitados de 1 litro el tubo de vidrio Pyrex, como se muestra en la **figura 4.13**.

2.- Agregar el aceite (aceite comestible Nutreoli) hasta cubrir por completo el tubo.

3.- Explicar por qué el tubo de vidrio desaparece.

4.- El maestro previamente debe colocar un tubo de vidrio roto dentro del vaso con aceite y juega a que el líquido (aceite) es “mágico” y éste puede reparar los tubos de vidrio rotos.



Figura 4.13.- Recipiente con el tubo de vidrio Pyrex.

Inmediatamente sacar el tubo de vidrio que no está roto para simular que se repara, **figura 4.14**. Una manera de atraer la atención mediante una ilusión óptica, en donde parece el tubo desaparece dentro del vaso de precipitados con igual índice de refracción que el aceite.

Esta es una actividad demostrativa con carácter atractivo, se usa para inducir el razonamiento acerca de qué está pasando y por qué.



Figura 4.14.- Recipiente llenado con el aceite comestible.

2.2.- REFRACCIÓN DE LA LUZ CON UN PRISMA

1.- Colocar el prisma de tal forma que dos de sus lados coincidan con el eje x y el eje y , con un lápiz de punta fina se traza el contorno del prisma. Del lado de una cara, por ejemplo AB (cara de incidencia) hacer incidir un haz de luz láser (apuntador).

2.- Trazar la recta, que llegue a la cara AB del prisma se colocan en ella, dos alfileres (1 y 2), uno a 10 cm del prisma y el otro junto a la cara del mismo. Mirando a través del prisma por la cara emergente de modo que se vean los alfileres 1 y 2 alineados, se clavan otros dos alfileres (3 y 4), uno cerca de la cara emergente AC y el otro también a 10cm, **figura 4.15**. La posición de los alfileres traza la trayectoria del haz de luz láser.

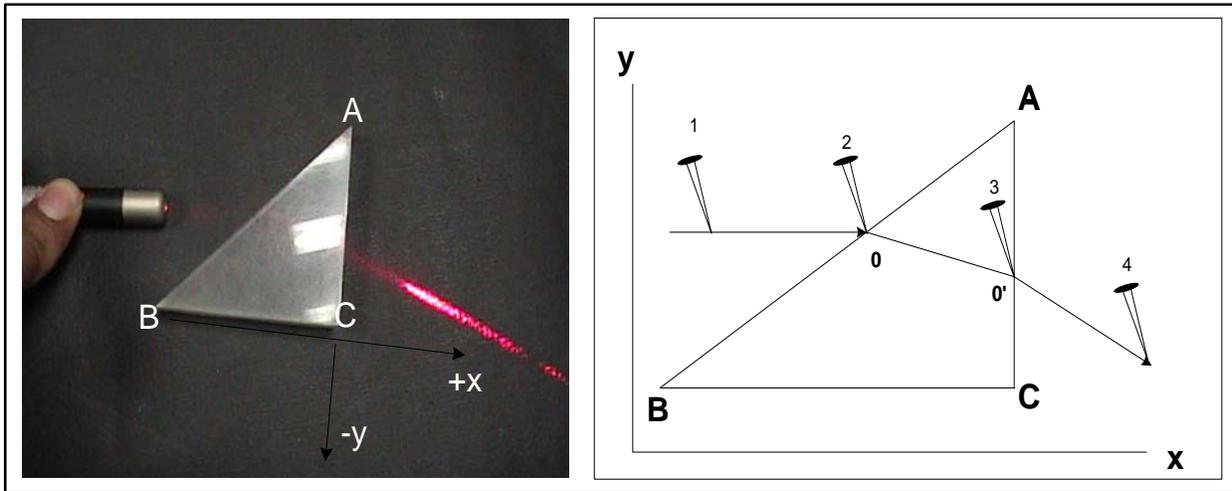


Figura 4.15.- Posición de los cuatro puntos en una hoja de papel con los alfileres y la trayectoria del haz de luz láser a través del prisma.

3.- Quitar el prisma y se prolonga la recta hasta que encuentre en **O** la cara incidente; luego se unen los puntos **O** y **O'** y por dichos puntos se trazan las normales a las caras del prisma. Con transportador se miden los ángulos de incidencia **i** y de refracción **r**.

4.- Calcular el índice de refracción **n** con la **ecuación 4.1**, comparar el resultado con el de la literatura para un material de acrílico.

$$n = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} \dots \dots \dots (4.1)$$

$$\text{Índice de refracción } n = \frac{\text{rapidez de la luz en el vacío}}{\text{rapidez de la luz en el material}} \dots \dots \dots (4.2)$$

$$n \text{sen} \theta = n' \text{sen} \theta' \dots \dots \dots (4.3)$$

FENÓMENO	EJEMPLO	CAUSA
Refracción de la luz en el agua, figura 4.17.	Los estanques y las albercas parecen menos profundos de lo que son.	Al pasar la luz del aire al agua, su rapidez disminuye.
Refracción de la luz en la atmósfera.	La refracción de la luz en el aire produce espejismos, figura 4.18.	La rapidez de la luz en el aire es sólo 0.03% inferior a su rapidez en el vacío.

Figura 4.16.- Fenómenos cuando la luz pasa de un medio transparente a otro.

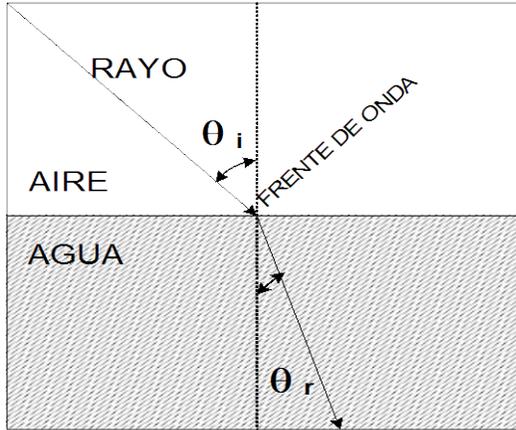


Figura 4.17.- Cuando una onda de luz pasa del aire al agua, su rapidez disminuye. Observar que el rayo refractado θ_r está más cerca de la normal que el rayo incidente θ_i .

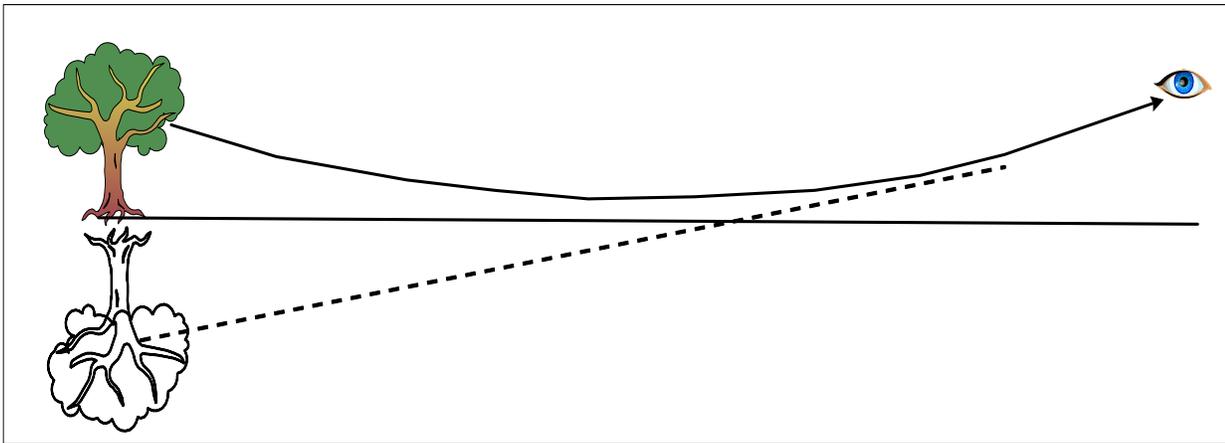


Figura 4.18.- La refracción de la luz en el aire produce un espejismo.

ACTIVIDAD 3.- Reflexión total interna: *Láser y agua*



El rayo de luz que viaja dentro del agua, al pasar de un índice de refracción mayor a un índice de refracción menor: vidrio-agua, no se refracta, se refleja totalmente hacia el agua bajo un cierto ángulo de incidencia (θ_c = ángulo crítico). Por ejemplo, bajo el agua en un lago o un estanque se ve el cielo, el agua se comporta como un espejo. Sin necesidad de meterse en el agua, basta mirar un vaso o jarrón transparente con agua en el ángulo apropiado para descubrir el mismo fenómeno. Se proporciona la siguiente lectura a los alumnos para su discusión: **Lectura 3.- Luz guía.**

OBJETIVO

1. Analizar experimentalmente las leyes de reflexión y refracción de la luz bajo diferentes condiciones así como en distintos medios por ejemplo agua y aire.
2. Identificar las condiciones en que se produce la reflexión interna total utilizando un chorrito de agua y un láser.

MATERIAL

- 1 Prisma de vidrio o acrílico
- 1 Cartulina blanca de 30 x 30 cm.
- 1 Láser tipo apuntador
- 1 Pecera pequeña (40 cm³) con una perforación en la parte inferior de 3 mm de diámetro
- 20 Litros de agua y un recipiente para agregar y recoger agua, puede ser una cubeta
- Cinta canela

3.1.- EXPERIMENTO CON UN HAZ DE LUZ LÁSER Y UN PRISMA

1.- Antes de hacer la reflexión interna total en el prisma, se sugiere hacer incidir un haz de luz en una tina con agua y una linterna a prueba agua. Apaga la luz, sumerge la linterna y dirígela hacia arriba en diferentes ángulos. A cierto ángulo (*ángulo crítico*) el haz se refleja totalmente y la tina se ilumina, **figura 4.19**.

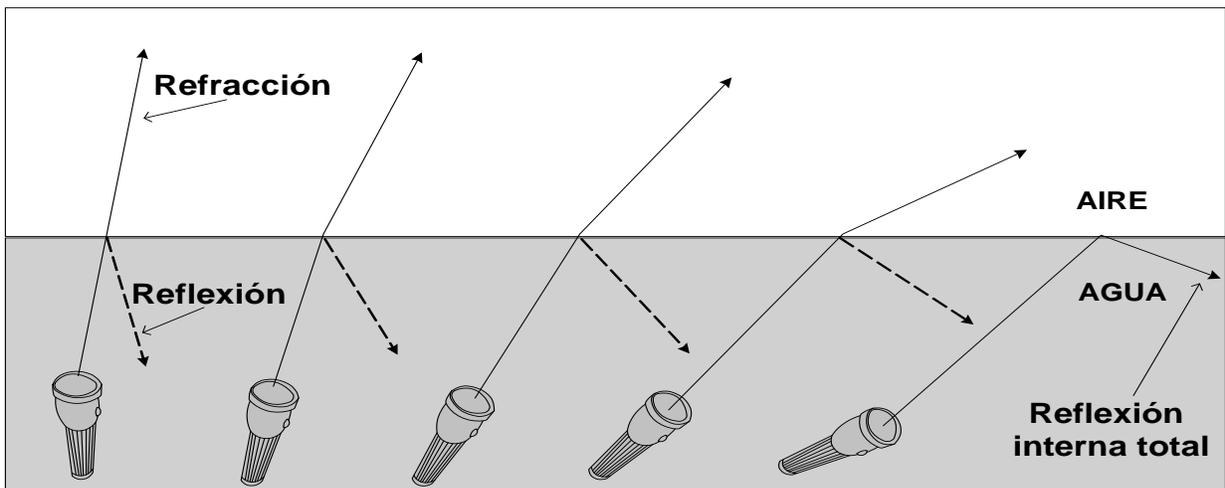


Figura 4.19.- Para ángulos por debajo del *ángulo crítico* parte de la luz se refracta y en parte se refleja. Más allá del ángulo crítico hay reflexión interna total.

2.- Con un prisma rectangular se puede incidir un haz de luz con el rayo láser y observar las refracciones y reflexiones que se producen cuando se varía el ángulo de incidencia, **figura 4.20**. ¿Sale siempre el rayo de luz por la otra cara del prisma?

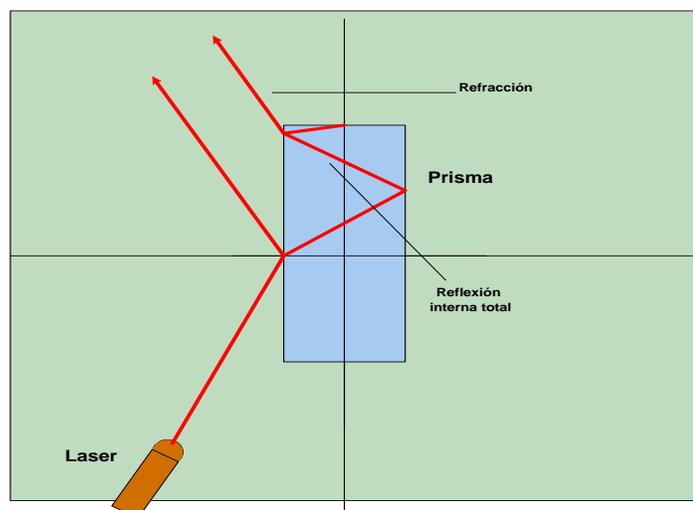


Figura 4.20- Reflexión interna total en un prisma rectangular.

3.2.- EXPERIMENTO CON UN HAZ DE LUZ LÁSER Y UNA PECERA LLENA DE AGUA

- 1.- Hacer un orificio de 3 mm en una pecera (20 litros), a 10 cm de su base, **figura 4.21** (se puede sustituir la pecera por una botella de plástico).
- 2.- Preparar un trozo de cinta canela ó masking tape que sirva para tapar el orificio.
- 3.- Agregar agua aproximadamente a la mitad del volumen total de la pecera, se debe tapar el orificio.
- 4.- Colocar la pecera sobre una mesa y poner en el suelo el recipiente colector de agua o en una tarja del laboratorio.
- 5.- Apuntar el láser en el extremo opuesto al orificio, a la misma altura que éste. Al encender el apuntador, procurar que la luz láser pase a través del agujero.
- 6.- Quitar el tapón de la pecera, retirar el masking tape para que el agua empiece a salir por el orificio y entonces encender el láser.
- 7.- La luz láser sigue el camino del chorro de agua. A medida que la cantidad de agua disminuye en la botella, el chorro de agua sale con menos presión. La luz del apuntador láser sufre una reflexión interna total dentro del chorro de agua y no sale de él. *Éste es el principio del funcionamiento de las fibras ópticas.*

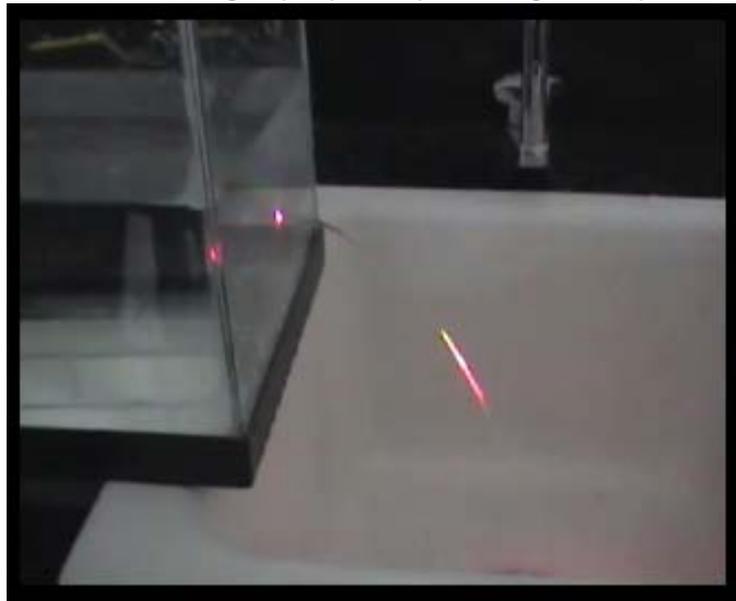


Figura 4.21.- Reflexión interna total en un chorro de agua.

ACTIVIDAD 4.- Interferencia y difracción de la luz: *El láser y pequeños obstáculos*



Con un apuntador láser es posible observar los fenómenos de interferencia y difracción, en rendijas muy delgadas, en pequeños agujeros o alambres de calibres muy delgados. Cuando se ilumina una rendija con luz monocromática se puede obtener un patrón de difracción.

OBJETIVO

1. Observar los patrones de difracción de la luz láser a través de una rendija.
2. Observar los patrones de interferencia cuando hay más de una rendija.
3. Diferenciar los fenómenos de difracción y de interferencia en una onda electromagnética (láser).

MATERIAL (rejillas caseras)

- 1 Apuntador Láser ($\lambda=650\text{nm}$)
- 1 Sujetador de Diapositivas
- Masking tape o diurex
- 30 cm de alambre calibre 32 o un cabello delgado
- 1 Cúter fino
- 1 Pantalla de cartulina negra
- 4 Alfileres
- 1 Cartoncillo o cartulina gruesa de 10 cm X 10 cm
- Papel aluminio (10 cm^2)

Antes de empezar con los experimentos, debe recordarse que la interferencia en ondas luminosas es igual para la interferencia en ondas de agua, **figura 4.22**. *Interferencia constructiva*, cuando la cresta de una onda se superpone con la cresta de otra y la *interferencia destructiva* es cuando la cresta de una onda se superpone con el valle de otra.

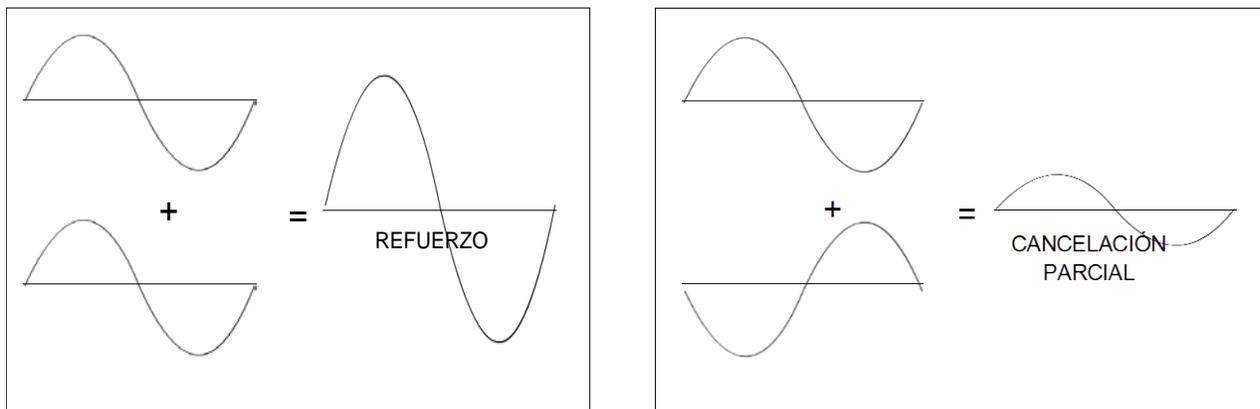


Figura 4.22.-Interferencia constructiva e interferencia destructiva.

Asímismo, cuando pasa un haz de luz por una rendija que tiene una abertura aproximadamente de la longitud de onda del haz de luz se pueden observar patrones de difracción. Cuando hay más de una rendija se presentan patrones de interferencia también. Esto es debido a que de ambas rendijas llegaban a la pantalla crestas con crestas (interferencia constructiva: más luz) y análogamente, las áreas oscuras se forman por las cresta de las ondas de una rendija que coinciden con los valles de las ondas de la otra rendija (interferencia destructiva: ausencia de luz), **figura 4.23**.

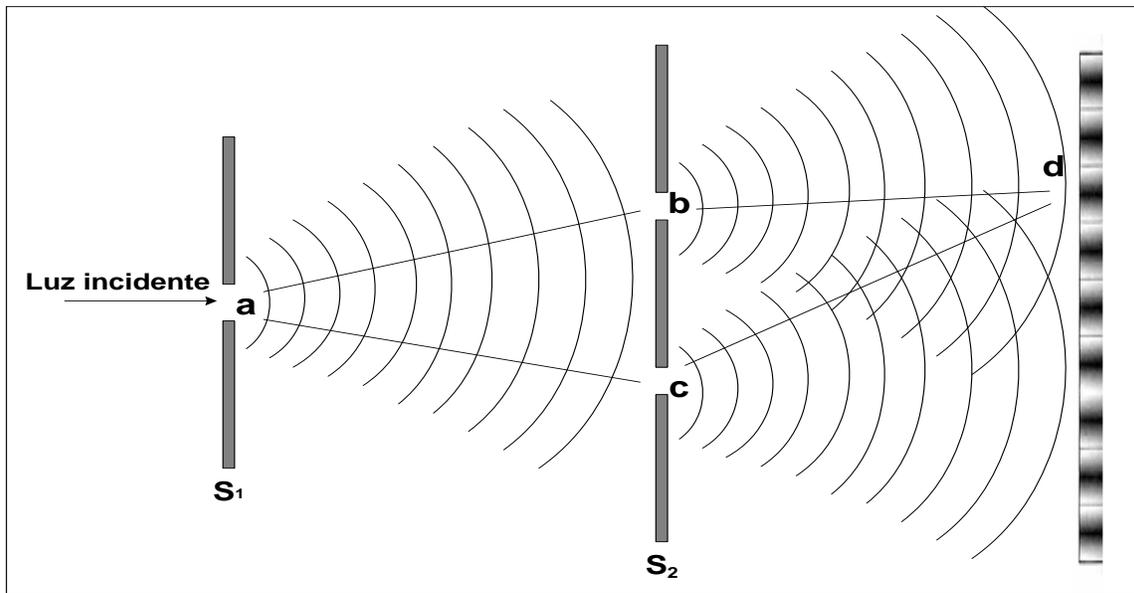


Figura 4.23.-La luz monocromática que atraviesa dos ranuras muy próximas se difracta.la pantalla se ilumina donde las ondas llegan en fase, y se ve oscuro donde las ondas llegan fuera de fase.

4.1.- EXPERIMENTO PARA OBTENER PATRONES DE DIFRACCIÓN CON UNA RENDIJA

1.- Cortar cuadritos de cartoncillo y montarlos sobre el porta diapositivas (reciclado) y colocar dos laminitas de aluminio que estén tan juntas que sea posible obtener una rendija de 0.1 mm, como se muestra en la **figura 24**.

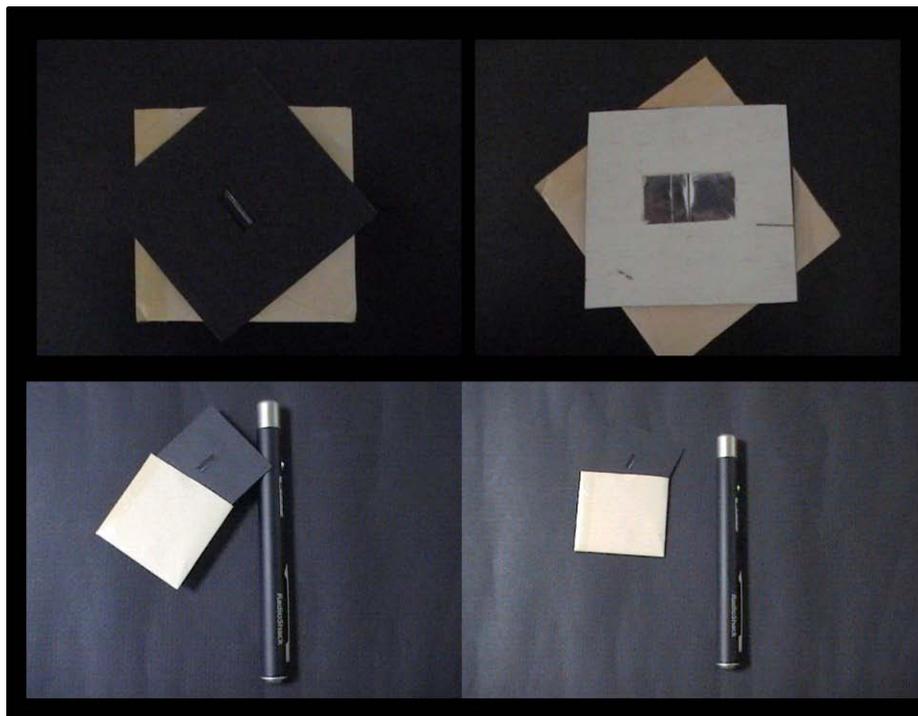


Figura 4.24.- Material utilizado para la construcción de la rendija de difracción.

2.- Se ilumina la rendija estrecha ($d=0.1\text{ mm}$), para que con el apuntador láser de longitud de onda de $\lambda=650\text{nm}$, produzca el patrón de difracción, **figura 4.25**.

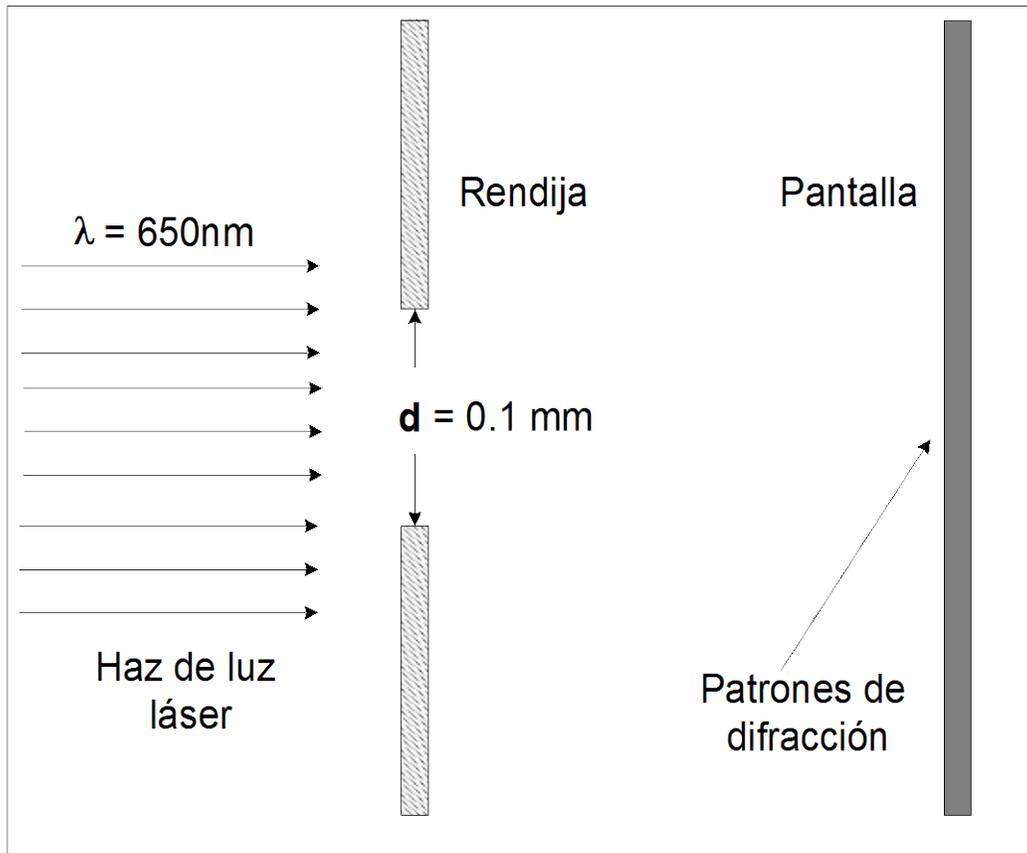


Figura 4.25.- Haz de luz láser de $\lambda= 650\text{nm}$ que pasa a través de una rendija de $d=0.1\text{ mm}$.

3.- A continuación se muestran algunos patrones de difracción tanto en una rendija de $d=0.2\text{ mm}$ de ancho como de un pequeño agujero de $d=0.5\text{ mm}$ de diámetro, **figura 4.26**.

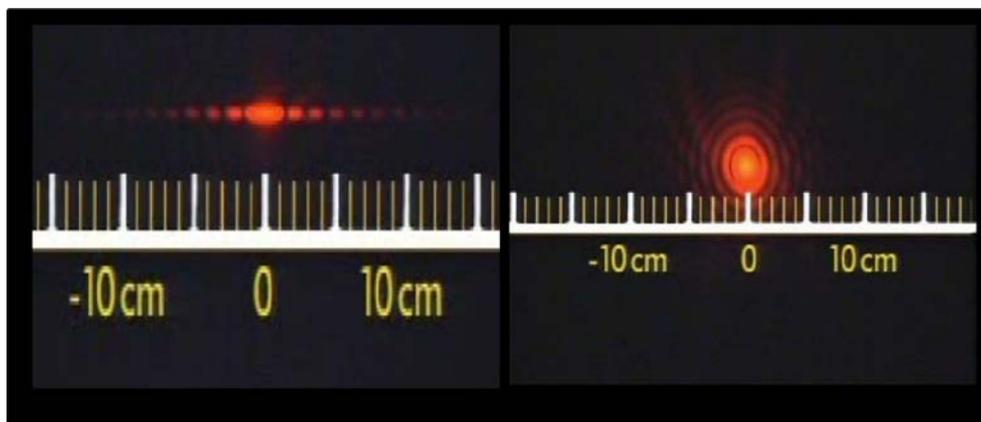


Figura 4.26.- Patrón de difracción en un rendija de 0.2 mm de ancho y patrones de difracción al hacer incidir luz láser en un agujero de 0.5 mm de diámetro.

ACTIVIDAD 5.- Características del sonido: *Instrumentos musicales y diapasón*



Son tres las características de los sonidos musicales: **tonalidad** (frecuencia), **sonoridad** (intensidad) y la **calidad** (timbre). Con esta práctica observamos dichas características. La sonoridad se verá reflejada en la pantalla mediante un aumento o disminución de la amplitud de la señal. El tono, por su parte, producirá un incremento o disminución de la frecuencia. En cuanto a la calidad o timbre, la modificación del perfil de la señal, depende de los armónicos que constituyen la frecuencia del instrumento, comparando un diapasón con tres instrumentos musicales, se podrán identificar las características de la forma para cada onda sonora.

OBJETIVO

1. Observar las características del sonido de tres instrumentos musicales y el diapasón.
2. Interpretar la información capturada con el sensor, la interfase y cada fuente sonora.
3. Analizar las características (timbre, tono e intensidad de la onda) en cada gráfica obtenida.

MATERIAL

- 1 Computadora
- 1 Sensor de sonido (micrófono),
- 1 Interfase de Vernier,
- 1 Diapasón 440 Hz
- 2 Instrumentos musicales (flauta y violín).
- Programa Logger Pro 3.4.1 y hoja de cálculo
- 3 metros de cuerda para plomada

5.1.- GRAFICAS DE DIFERENTES INSTRUMENTOS MUSICALES CON LA AYUDA DE UN SENSOR DE SONIDO.

1.- Se registran por separado los sonidos emitidos por diferentes instrumentos musicales, con la ayuda de un micrófono, la interfase, **figura 4.27** y la computadora. Todos los instrumentos deberán estar a la misma frecuencia para poder realizar el análisis de cada diagrama producido por cada instrumento.

Figura 4.27.- Interfase Logger-Pro que conecta el micrófono con la computadora.



2.- Mediante el espectro de frecuencias que se obtiene del análisis con el sensor y la interfase, se comprueba que el tono es el mismo para todos los sonidos y que las diferencias de calidad (timbre) entre instrumentos correspondan con distintas relaciones entre las energías de los armónicos.

3.- Se digitalizan sonidos emitidos por instrumentos musicales como: un violín, una flauta (quena) y el diapasón, **figura 4.28**. Se analizan los espectros en función del tipo de excitación. También se pueden observar los espectros de un tono puro, como en el caso del diapasón que produce una frecuencia de 440 Hz.

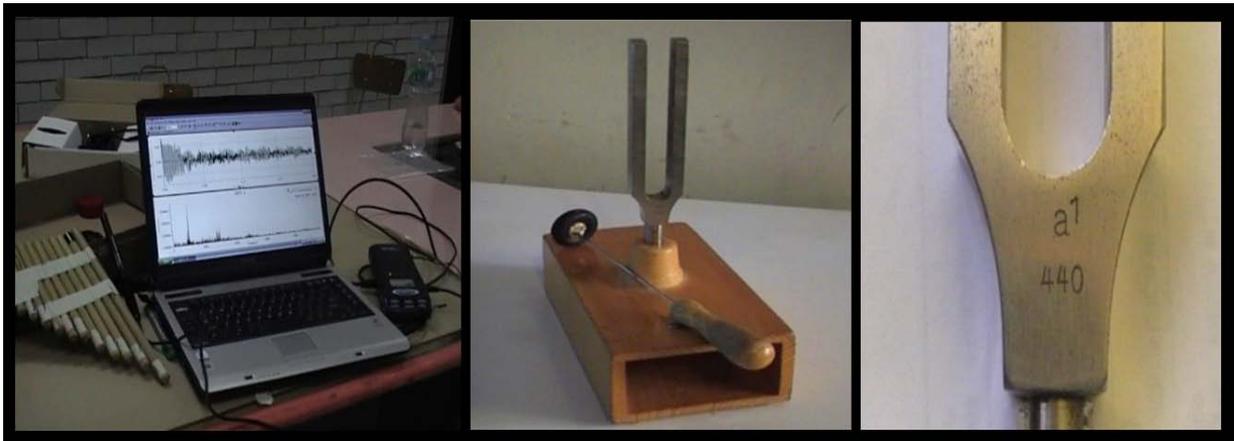


Figura 4.28.- Diapasón de 440 Hz e instrumentos musicales.

4.- En la **figura 4.29**, se observa la pureza de la tonalidad que produce el diapasón y la frecuencia predominante de 440 Hz.

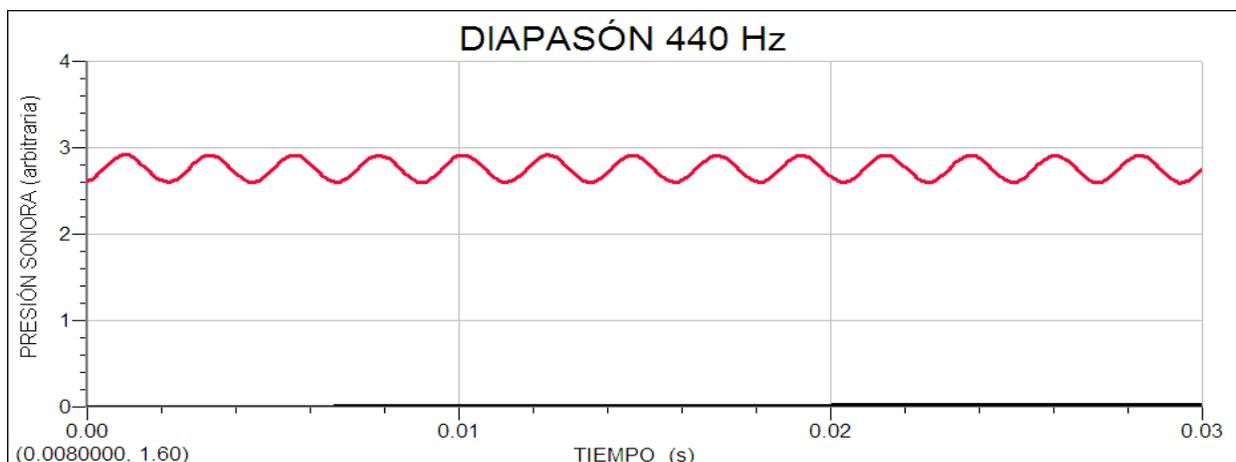


Figura 4.29.- Diapasón de 440 Hz.

5.- Las **figura 4.30** muestran la frecuencia del sonido producido por el diapasón. Los estudiantes comparan las características de cada gráfica, y relacionan la sonoridad, la tonalidad y la calidad del sonido. Por lo que las graficas proporcionan información para analizar conceptos como: frecuencia, intensidad, longitud de onda y amplitud.

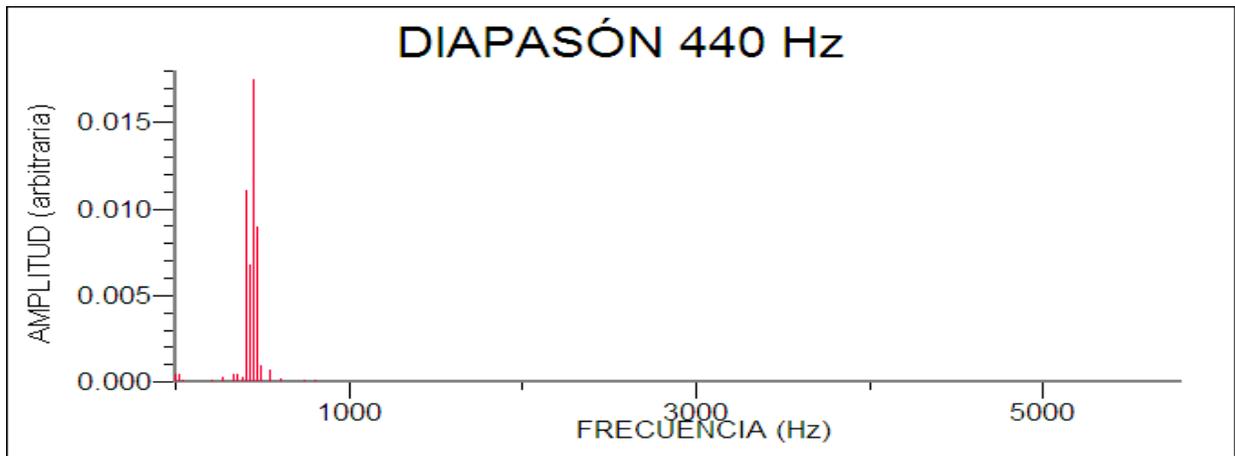


Figura 4.30.- Frecuencia característica del diapasón mediante.

6.- En la **figura 4.31** se puede observar la señal que caracteriza el timbre del violín y en la **figura 4.32**, la mayor amplitud de la frecuencia de 440 Hz para este instrumento.

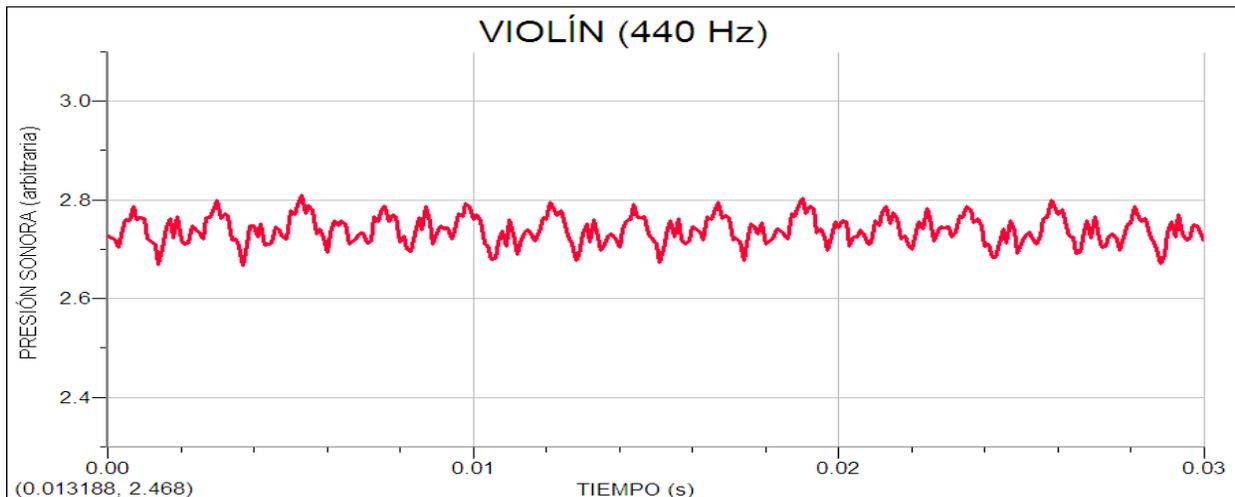


Figura 4.31.- Violín con un sonido de 440 Hz.

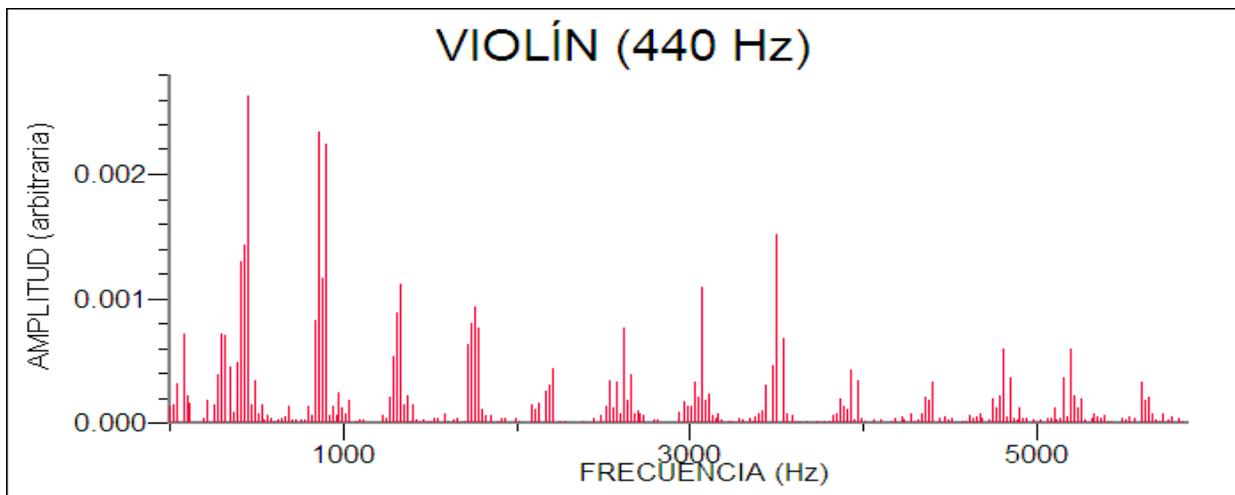


Figura 4.32.- Frecuencia característica del violín.

7.- En la **figura 4.33** se puede observar la señal que caracteriza el timbre de la flauta y en la **figura 4.34**, la mayor amplitud de la frecuencia de 440 Hz. La **figura 4.35**, muestra la colecta de datos en el salón de clase.

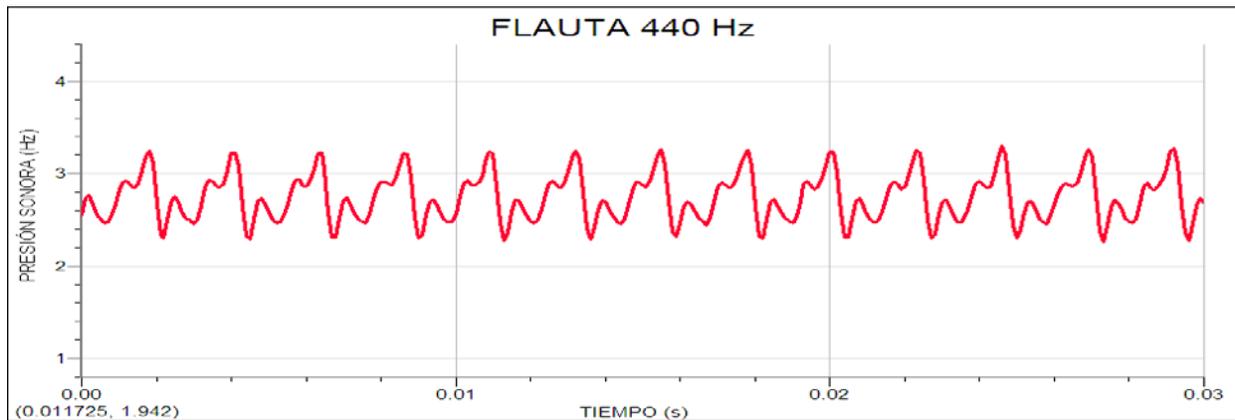


Figura 4.33.- Flauta con un sonido de 440 Hz.

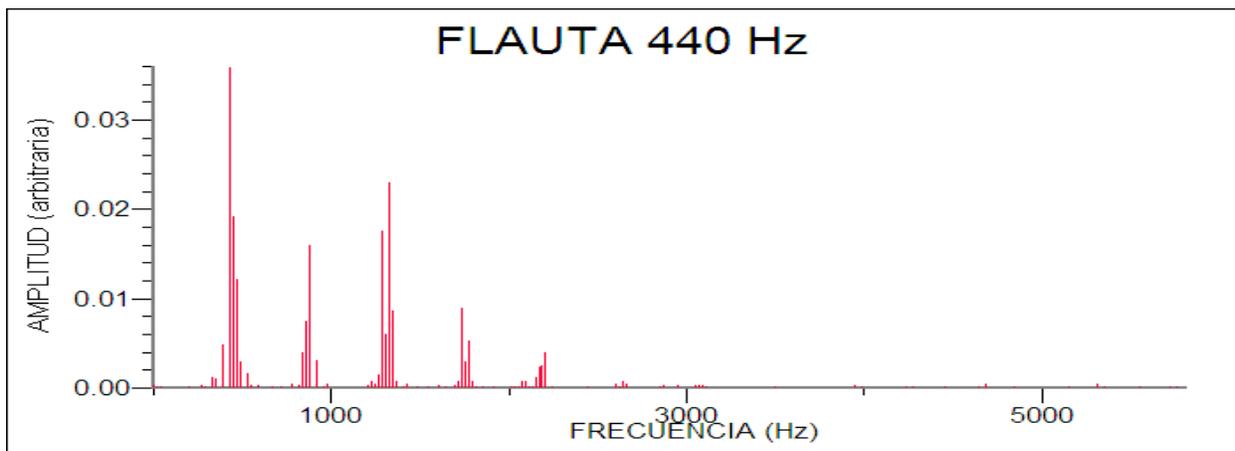


Figura 4.34.- Frecuencia característica de la flauta.

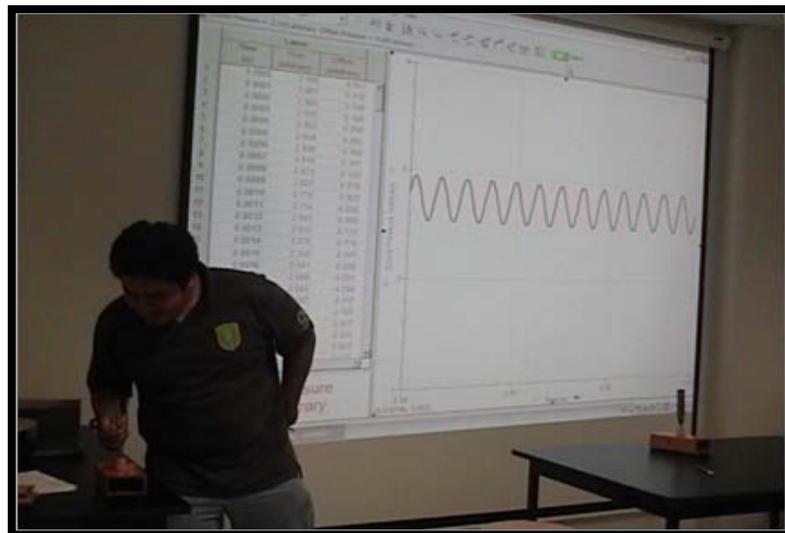


Figura 4.35.- Captura de datos de las diferentes fuentes sonoras por parte de los alumnos.

8.- Diferenciar las características de las gráficas producidas a la misma frecuencia pero con diferentes fuentes sonoras (instrumentos musicales y diapasón). Con base en la información obtenida se llena la siguiente tabla.

Nota musical	Número de ciclos	Tiempo del primer máximo	Tempo del último máximo	Δt (s)	Periodo (s)	Frecuencia calculada (Hz)
Diapasón						
Violin						
Flauta						

e) REPRESENTACIONES

La **figura 4.36** muestra los recursos que se integraron al material didáctico para la **Sección I. Ondas, Luz e Interferencia**. Aquí el uso de los multimedia es importante. Se desarrollaron videos, animaciones y lecturas relacionadas con las cinco actividades propuestas.

LECTURAS	VIDEOS	ANIMACIONES	INTERNET
1.- Gigantescas ondas sobre los cielos de Iowa	1.- Resorte	1.- Reflexión	http://intranet.frsfco.utn.edu.ar/gfi/v/temas/reflexion_interna_total/default.htm http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2007/11oct_undularbore.htm
2.- La primera luz estelar	2.- Cuba de ondas	2.- Refracción	http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2002/08feb_gravlens.htm
3.- Luz guía	3.- Difracción en una rendija	3.- Interferencia y difracción	http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2003/25jul_colloids.htm
	4.- Ondas estacionarias	4.- El láser	http://docencia.izt.uam.mx/mfg/laseres

Figura 4.36- Recursos de apoyo para la sección de ondas, luz e interferencia.

f) RETROALIMENTACIÓN

Todos los recursos están organizados y sistematizados en el material didáctico. Para ser usados individualmente, en equipos o con el maestro.

g) POST-TEST

Nuevamente se realizan las tres preguntas generadoras y se comparan las respuestas.

h) CRITERIOS DE CONTROL

Además de comparar el PRE-TEST y el POST-TEST, se consideran otros criterios de control para avanzar a la siguiente sección, estos se describen en el **Anexo A**.

i) PROYECTOS CASEROS

Se proponen los siguientes dos proyectos caseros, utilizando materiales de fácil acceso.

I.- Patrones de difracción con diferentes de rendijas u obstáculos

MATERIAL

- 1 Apuntador Láser ($\lambda=650\text{nm}$)
 - Masking tape o diurex
 - 30 cm de alambre calibre 32 o un cabello delgado
 - 1 Cúter
 - 1 Pantalla de cartulina negra
 - 1 Espejo de 15 x 15 cm (para hacer las rendijas)
 - 1 Cartoncillo o cartulina gruesa de 10 cm X 10 cm
1. Dibujar los patrones de difracción producidos por un cabello o en un orificio en un cartoncillo producido por una aguja de coser.
 2. El ancho de las rendijas debe ser menor a 0.5 mm.
 3. Trazar en un cuadro de espejo en el lado plateado grupos de rendijas con un cúter fino (2 ,3 y 4 rendijas) y hacerle incidir un haz de luz láser ($\lambda=650\text{nm}$), **figura 4.37**.
 4. La separación entre rendijas debe ser del orden del ancho de las rendijas ($d=0.5\text{mm}$).

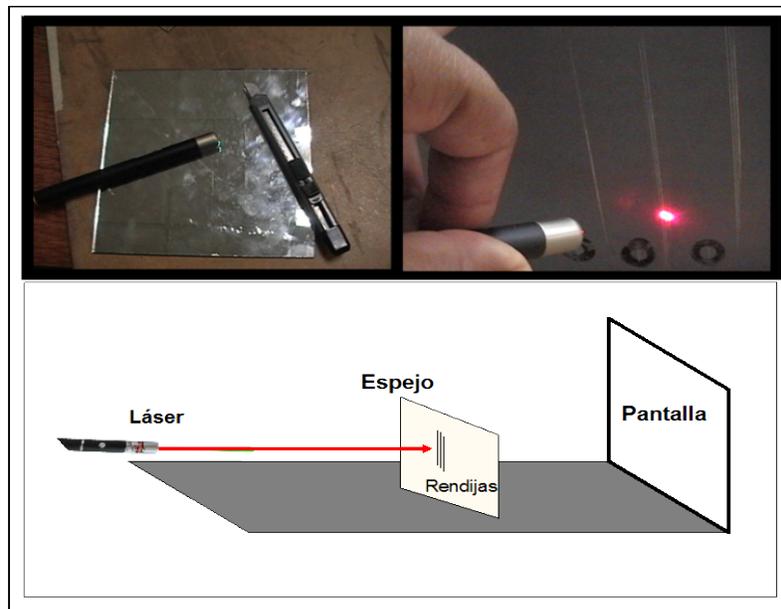


Figura 4.37.- Espejos de 10cm x 10cm, con grupos de rendijas trazadas con un cúter sobre el lado plateado del espejo.

II.- Ondas estacionarias con una cuerda y un motor que vibra.

MATERIAL

- 1 Motor
 - 2 Pilas triple A de 1.5 volts
 - Masking tape o diurex
 - 3 Metros de hilo para plomada
 - 1 Cúter
 - 1 tapón de corcho
 - 2 Clavo de $\frac{3}{4}$ o $\frac{1}{2}$ pulgada
 - 1 Corcho
 - 3 tornillos de $\frac{1}{2}$ pulgada , $\frac{1}{4}$ de pulgada y 1 pulgada
 - 1 soporte con pilas triple A (1.5 Volts)
1. Sujetar el motor a un soporte con pilas con masking tape y le amarramos una cuerda de aproximadamente 3 metros de largo, como se muestra en la **figura 4.38**.
 2. Insertar el corcho en el motor y así poder cambiar la fuerza en la tensión de la cuerda. Esto se logra al incertar en el corcho clavos ó tornillos de diferentes medidas.

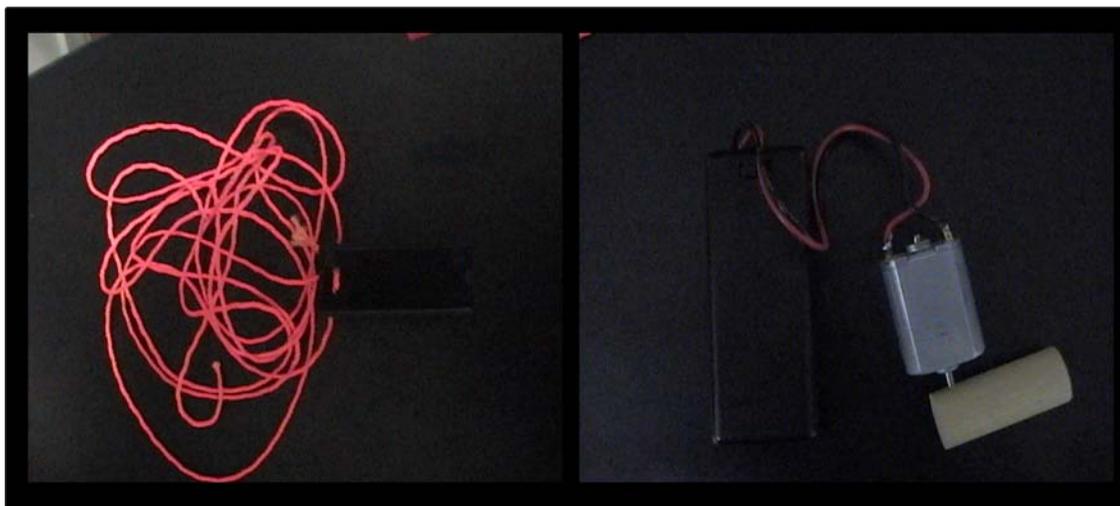


Figura 4.38.- Material utilizado en la construcción del generador de ondas estacionarias.

3. Encender el motor y cambiar la longitud de la cuerda hasta encontrar la frecuencia fundamental, como se muestra en la **figura 4.39**.
4. Se puede ir cambiando la masa para poder tener diferentes longitudes de la frecuencia fundamental a la que oscila la cuerda. Esto se puede hacer al insertar diferentes tornillo en el corcho ($\frac{1}{2}$ pulgada, $\frac{1}{4}$ de pulgada y 1 pulgada).
5. Se puede ir cambiando la masa incertando clavos de $\frac{1}{2}$ pulgada en el corcho que está unido al sistema motor-pilas, como se muestra en la **figura 4.40**.

6. Al cambiar las diferentes masas la longitud de la frecuencia fundamental cambia.

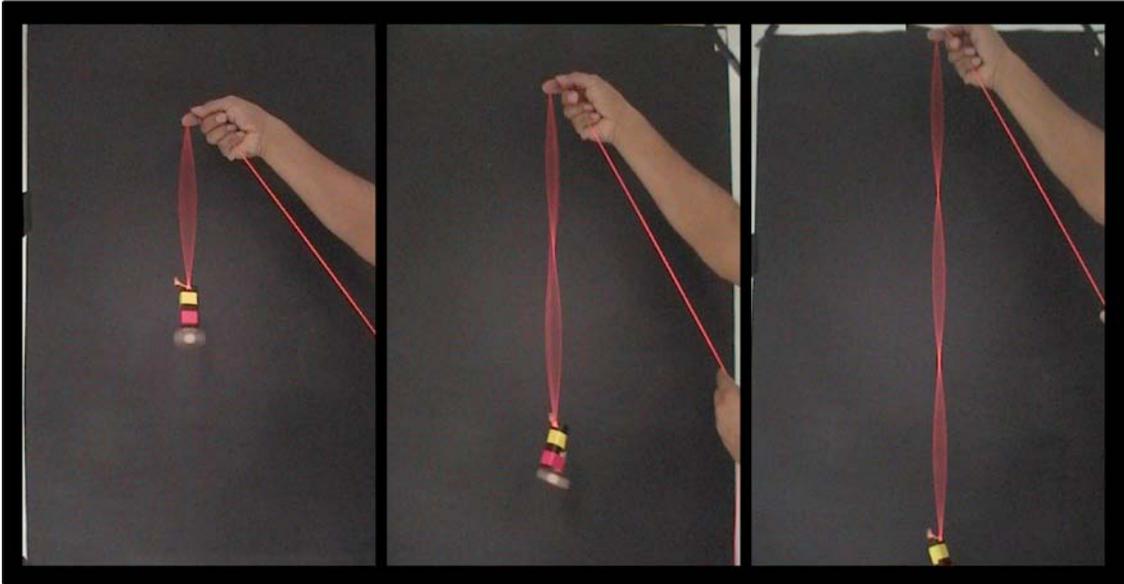


Figura 4.39- Ondas estacionarias: frecuencia fundamental.



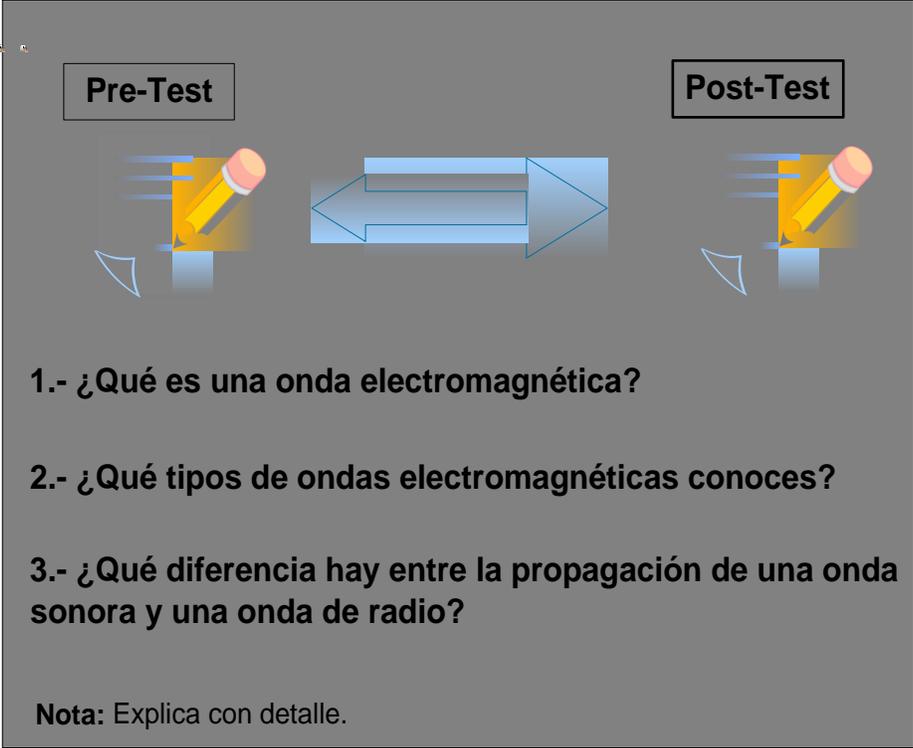
Figura 4.40.- En el corcho que esta insertado al motor se colocan clavos de $\frac{1}{2}$ pulgada para aumentar la masa que está sujeta a la cuerda.

SECCIÓN II: ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

a) INTRODUCCIÓN.

Se abre la discusión con lecturas relacionadas con las tres actividades de la **sección II**. La primera de estas lecturas es: **lectura 5.- El universo invisible: el espectro electromagnético.**

b) PRE-TEST



Pre-Test **Post-Test**

- 1.- ¿Qué es una onda electromagnética?
- 2.- ¿Qué tipos de ondas electromagnéticas conoces?
- 3.- ¿Qué diferencia hay entre la propagación de una onda sonora y una onda de radio?

Nota: Explica con detalle.

c) PRESENTACIÓN.

En esta sección se trabaja con el espectro electromagnético, en particular con la región del visible (700nm-400nm). Esto permite trabajar con variables microscópicas como frecuencia, longitud de onda, etc., introduciendo órdenes de magnitud pequeñas.

d) PRACTICAS GUIADAS

Se desarrollan las tres actividades, en ellas los estudiantes: observan, miden y comparan. A partir de la información obtenida los estudiantes identifican, interpretan, analizan y aplican, los conceptos mencionados en la sección anterior.

ACTIVIDAD 6.- Dispersión de la luz: *Composición de la luz blanca*



Las ondas electromagnéticas, son ondas transversales generadas por campos eléctricos y magnéticos que oscilan en el tiempo y son perpendiculares entre sí. Pueden propagarse en medios materiales y el vacío. Todas viajan en el vacío a la velocidad $c = 300000 \text{ km/s}$. La luz blanca que proviene del Sol es una onda electromagnética. La luz se dispersa cuando es desviada en diferentes ángulos por un medio material. Las partículas del medio por el que se mueve el haz de luz pierden una dirección específica de movimiento. Cuantas más partículas en suspensión se encuentren en el medio por el que pasa el haz de luz, mayor será el efecto de dispersión.

OBJETIVO

1. Analizar experimentalmente la dispersión de la luz en recipientes con agua y partículas suspendidas de diferentes tamaños.
2. Comparar los efectos producidos por partículas suspendidas en un medio (agua o aire) cuando se les hace incidir un haz de luz (El Sol y la atmósfera)

MATERIAL

- 1 Disco compacto o DVD
- 1 Prisma dispersor
- 1 Pecera pequeña (25cm x 10cm x 10cm), **figura 4.41**.
- 500g de sal común
- 100 ml de leche

6.1.- DISPERSIÓN DE LA LUZ

1. Descomponer la luz blanca con un CD o DVD. Haciendo incidir luz solar ó de un foco sobre la superficie del disco.

6.2.- DISPERSIÓN DE LA LUZ EN AGUA

1. En una pecera pequeña, agregar agua y sal e iluminar con un apuntador láser. Al cambiar la densidad del agua agregando sal, el fenómeno de dispersión de la luz se producirá.
2. Observar como en el medio heterogéneo la luz no siempre sigue una trayectoria rectilínea **figura 4.42**.
3. Agregar nuevamente agua y poner unas pocas gotas de leche e iluminar con una lámpara de mano. Al mirar a través de la pecera (perpendicularmente al rayo directo de luz), éste lado se verá de color azul. Ahora mirar a través de la pecera en la dirección en que llegan los rayos de luz; se verá color rojo.

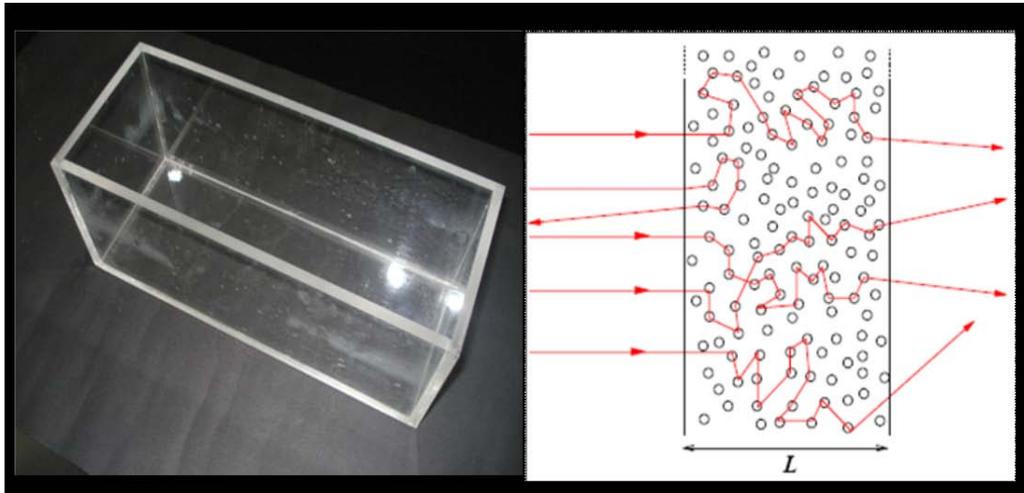


Figura 4.41.- Pecera (25cm x 10cm x10cm), para ver la dispersión de la luz en agua con sal primero y después con leche.

Figura 4.42.- Algunas posibles trayectorias cuando la luz monocromática se propaga en un medio turbio, L es el ancho de la trayectoria.

4. La leche contiene moléculas de grasa que dispersan la luz. Cuando la concentración de la leche es grande, la pecera se verá blanca debido a la dispersión de la luz. Las moléculas de la leche hacen un efecto similar al de las moléculas de nitrógeno y oxígeno en la atmósfera, como las diferentes tonalidades de los paisajes como en la **figura 4.43**.



Figura 4.43.-Dispersión de la luz en la atmósfera.

5. El azul del cielo varía de un lugar a otro de acuerdo con las condiciones atmosféricas. Las frecuencias luminosas más bajas se dispersan más donde hay muchas partículas de polvo u otras partículas de mayor tamaño que las moléculas de nitrógeno y oxígeno de la atmósfera. De las frecuencias visibles, el color que más se dispersa es el violeta, seguido del azul, el verde, el amarillo, el naranja y el rojo.

ACTIVIDAD 7.- La atmósfera y las actividades agrícolas *Sensor de luz ultravioleta.*



La atmósfera constituye el lugar en el que se desarrollan los fenómenos meteorológicos, es una capa gaseosa que rodea la Tierra, se extiende desde su superficie hasta unos kilómetros. Sus capas inferiores son mucho más densas que las superiores, en los primeros 30 km de altura se encuentra el 99% de la masa atmosférica. El considerable espesor de la atmósfera determina que ésta ejerza sobre la superficie terrestre una presión (Newton/m²) como para equilibrar una columna de 760 mm de mercurio. La presión atmosférica se halla estrechamente vinculada con la densidad del aire y con la temperatura del aire. Diferencias de presión en la superficie determinan el movimiento del aire (viento) desde zonas con alta presión hacia zonas con baja presión. Si no existiera la atmósfera la temperatura de la tierra superaría los 95 °C en el día y descendería a –180 °C por la noche. Asimismo, es el medio apropiado para el intercambio gaseoso entre los seres vivos y el aire. Se proporciona a los estudiantes la lectura: **Lectura 6.- Ionósfera 4D.**

OBJETIVO

1. Identificar las características de las ondas electromagnéticas en la atmósfera y su relación con las actividades agropecuarias, mediante un sensor UV.

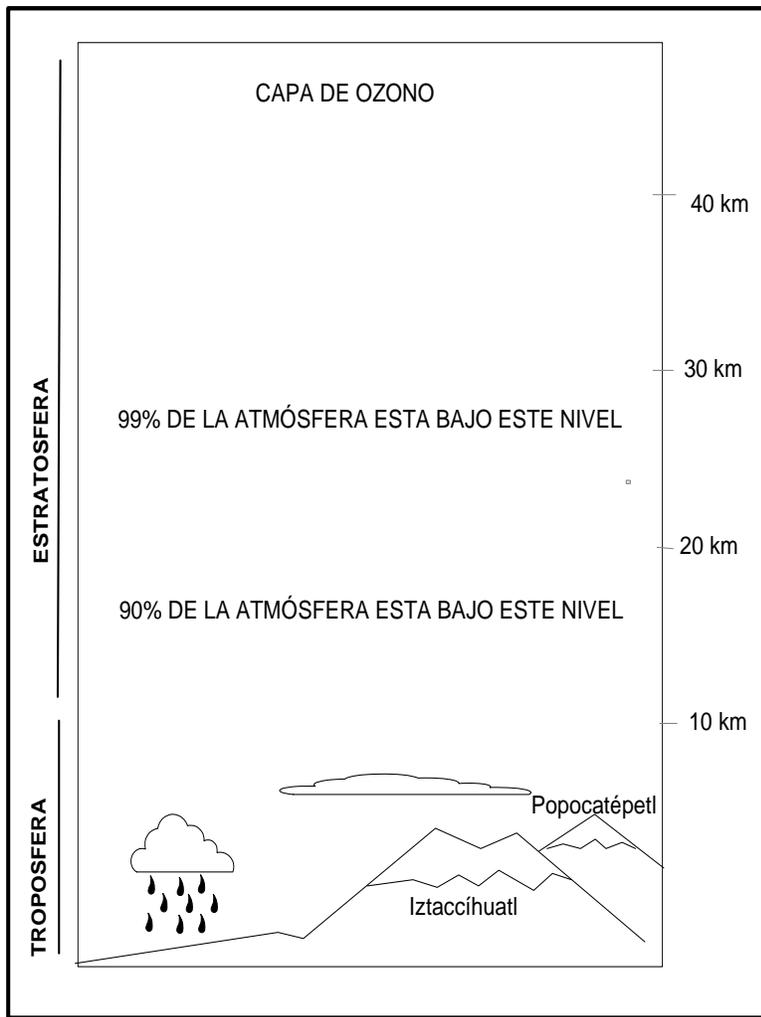
MATERIALES:

- 1 Linterna para campamento de 2 W (funciona con dos baterías AA)
- 1 Hoja de papel milimétrico
- 1 Regla
- 1 Transportador
- 1 Sensor de luz UV
- 1 Interfase de Vernier Logger-Pro

Composición de la atmósfera

En la superficie de la Tierra el nitrógeno y oxígeno son los gases que ocupan los mayores volúmenes. La altitud exacta de la atmósfera no tiene significado real, porque el aire se enrarece gradualmente con la altura y al final, se confunde con el vacío interplanetario. El ozono en la estratosfera filtra la radiación ultravioleta (UV), reduciendo sus efectos dañinos sobre organismos vivos, incluidos los seres humanos.

La creciente contaminación atmosférica afecta el balance de ozono y hacer decrecer la protección contra rayos UV. En la **figura 4.44**, se muestra cual delgada es la atmósfera, el 99% de ella está por debajo de los 30 km. En comparación con el radio de la tierra 30 km es una distancia muy pequeña.



Tropósfera: Es la capa inferior de la atmósfera y donde se desarrollan todos los procesos meteorológicos, es aquí donde se encuentran las nubes, los vientos, las tormentas, cambios de temperaturas y presiones. La tropósfera se extiende hasta una altitud de unos 11 km sobre las zonas polares y hasta 16 km sobre las regiones ecuatoriales.

Estratósfera: Es la capa superior de la atmósfera que empieza a una altitud entre los 12 y 19 km y que se extiende 50 km hacia arriba. La estratósfera carece casi por completo de nubes y otras formaciones meteorológicas. Por debajo de la estratósfera se sitúa la tropósfera, de la que está separada por una zona denominada tropopausa (<http://www.catarina.udlap.mx>)

Figura 4.44.- La atmósfera cerca de la superficie terrestre.

7.1.- MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR

La energía que llega a la Tierra a través de la radiación solar en partículas. Es utilizada para la fotosíntesis y determinante principal del crecimiento de las plantas. La radiación infrarroja tiene un efecto térmico, determina la temperatura de los tejidos vegetales y por lo tanto la velocidad de los procesos metabólicos. Los factores que afectan la cantidad de radiación solar son: geográficos (latitud), exposición (inclinación del suelo), atmosféricos (nubosidad) partículas en suspensión, estación del año y hora del día.

Modelo para el cálculo de la radiación solar

1. Colocar el papel milimétrico sobre la mesa de laboratorio. Pedir a algún miembro del equipo que sujete la linterna a unos 4 cm de distancia sobre el escritorio y de manera perpendicular al papel (a un ángulo de 90°).

- Pedir a otro miembro del equipo que trace a lápiz el contorno del anillo oscuro interno reflejado en el papel. Dicho contorno modela como los rayos solares llegan al Ecuador.
- Repetir este procedimiento dos veces más, pero ahora inclina la linterna a un ángulo de 30° (60° con respecto al papel), y luego a 45° . Esto es semejante de como se percibe la luz solar cerca de los polos.
- Calcular la intensidad de radiación para tus dos ángulos solares. La intensidad es la cantidad de energía por unidad de área, **figura 4.45**. La linterna representa al Sol y tiene 2 W de potencia. Cada cuadro en el papel milimétrico mide 1 mm^2 .

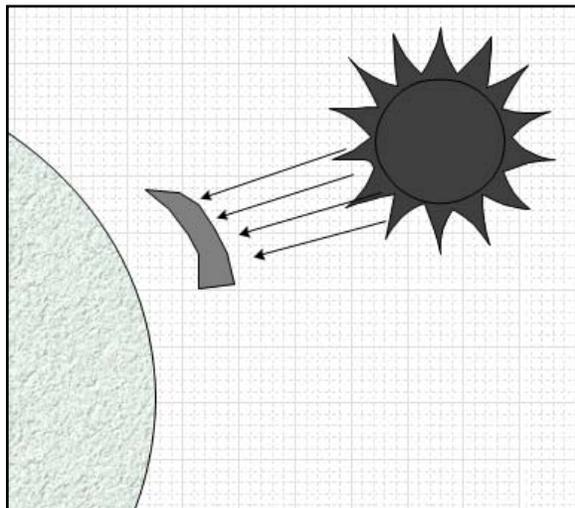


Figura 4.45.- Sobre cada m^2 en posición perpendicular a los rayos del Sol en la parte superior de la atmósfera, el Sol vierte 1400 J de energía radiante cada segundo. 1.4 kJ/m^2 o 1.4 kW/m^2 .

7.2. EXPLICACIÓN DEL CÁLCULO A DESARROLLAR

1.- Si se tiene una potencia en la linterna de 2 W (se puede hacer la analogía con la potencia Solar). Haciendo las siguientes consideraciones, **figura 4.46**.

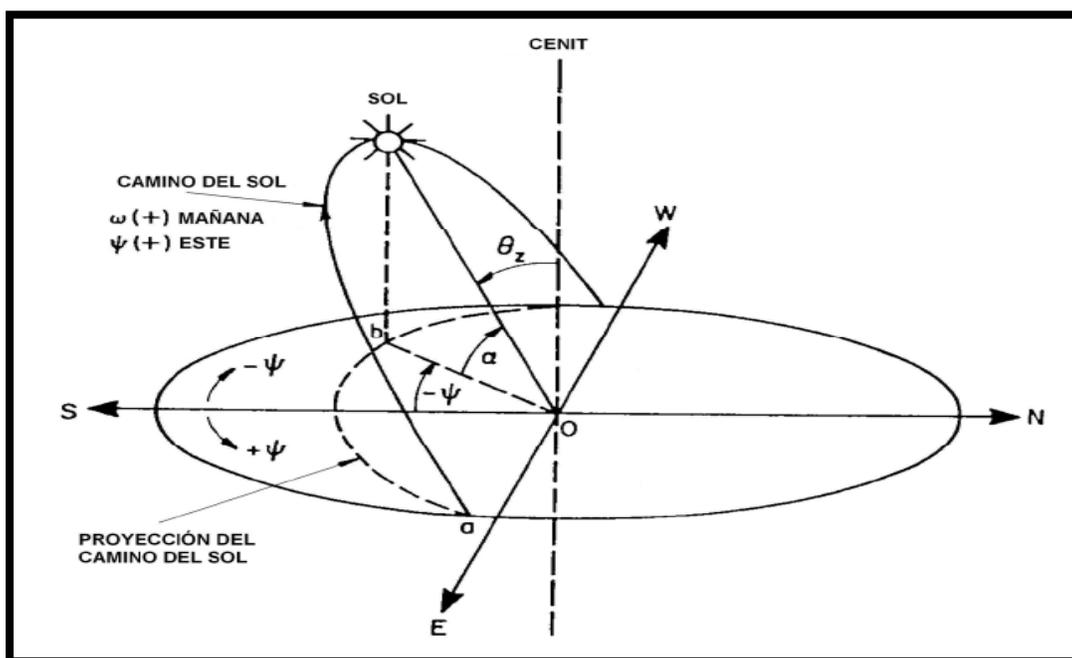


Figura 4.46.- Definición del ángulo de declinación solar, y la altura.

a) La Potencia se calcula con la **ecuación 4.4**. El concepto de constante solar se debe al físico francés Claude Pouillet (1790-1868). La constante solar (S) es la cantidad de energía solar que llega por minuto al límite superior de la atmósfera por cm^2 de superficie. Se puede usar el valor de $S = 1400 \text{ Joules}/\text{m}^2\text{s}$. La *potencia solar* constante corresponde a la **ecuación 4.6**.

$$P = W/\Delta t \dots\dots\dots (4.4)$$

Donde:

$W = \text{Trabajo realizado}$

$\Delta t = \text{tiempo empleado}$

$$P = \frac{\text{Joules}}{\text{segundos}} = \text{watts} \dots\dots\dots (4.5)$$

Donde

$S = \text{constante solar} = 1.367 \text{kJ}/\text{m}^2\text{s}$ (valor promedio aceptado para la constante solar)

Potencia Solar = $1.367 \text{ kW}/\text{m}^2$.

b) Considera la trayectoria del Sol de la **figura 4.46**, cuando el Sol está a 90° el valor de la radiación solar es de $1.367 \text{ kW}/\text{m}^2$. La distancia promedio Sol-Tierra es de $1.5 \times 10^{11} \text{m}$.

c) Determinar el valor de la intensidad de radiación solar para 60° y 45° , y anote los resultados en la **figura 4.47**. Considerando una altura de tu lámpara de 30 cm con respecto a la superficie de tu hoja de papel milimétrico.

ÁNGULO	ÁREA	INTENSIDAD
90°		
60°		
45°		

Figura 4.47.-Tabla que muestra los cálculos sobre la intensidad de radiación de la linterna.

d) Cabe aclarar que es sólo un ejercicio análogo sobre el cálculo de la intensidad de la radiación solar.

5.- Comparamos la intensidad de la radiación solar a diferentes horas del día midiéndola con el sensor de luz UV.

6.- Comparar utilizando el sensor de luz UV, la radiación solar de dos fechas durante el semestre midiendo días con diferencias de más de tres meses.

7.- Con diferentes horas del día como se muestra en la **figura 4.48**, obtener mediciones y analizar los resultados obtenidos. La linterna sirve de modelo de como la radiación solar llega a la superficie terrestre. Con esta información, comparar cuanta energía es absorbida cerca del ecuador y cuanta cercana a los polos.

HORARIO	FECHA (I)	FECHA (II)	RADIACIÓN SOLAR	
7:30				
12:00				
15:00				
18:00				

Figura 4.48.-Tabla que muestra la radiación solar a diferentes horas del día y dos fechas diferentes.

ACTIVIDAD 8.- Recepción de ondas de Radio: *Construcción de un radio cristal.*



En esta parte se trata de detectar ondas de radio, mediante un radio que no necesita baterías, se proporciona a los estudiantes la lectura: **Lectura 6.- Energía del espacio para el planeta Tierra.** En esta actividad se relacionan las características de las ondas electromagnéticas en términos de frecuencia ν y de longitud de

onda λ .

OBJETIVO

1. Detectar ondas electromagnéticas (ondas de radio) mediante un dispositivo sencillo (radio cristal).

MATERIAL

- 1 botella de plástico de cualquier tipo pero deben ser de unos 7 a 8 cm de diámetro y de 15 a 30 cm de largo
- 15 m Alambre magneto
- 1 Diodo de germanio (diodo 1N34A)
- 1 Auricular de un teléfono

- 4 Caimanes
- 1 Lija de agua
- 1 Cautín, soldadura y grasa para soldar

8.1.- FABRICACIÓN DE UN RADIO CRISTAL

1. El diagrama de la figura la **figura 4.49**, muestra los componentes que constituyen el radio cristal. Al estar conectada la antena a la bobina, la energía de radiofrecuencia, por ser corriente alterna, induce un voltaje o señal en la bobina. La bobina está conectada en paralelo con un condensador variable (potenciómetro), formando un circuito **LCD** (Inductancia, condensador y dieléctrico). Cuando se hace girar la perilla del condensador variable, se cambia su capacidad en microfaradios y por lo tanto cambia la frecuencia de resonancia del circuito y se sintonizan las diferentes emisoras. A este circuito o etapa se le llama circuito sintonizador y su función básica es seleccionar cual emisora se va escuchar en un momento dado.

La señal de la emisora sintonizada, está formada por una onda de alta frecuencia cuya amplitud está modulada por la señal sonora o de audio. Esta señal se rectifica por medio del diodo, o sea que se eliminará su parte negativa quedando media onda de la original. A esta etapa se le llama etapa detectora. Después, esta señal se lleva a un audifono, el cual convierte la corriente eléctrica de audio o baja frecuencia, en sonidos que son escuchados por el oído humano. Este circuito por ser tan simple, tiene poca selectividad y baja sensibilidad, pero es muy útil para comprender la teoría básica de un receptor de radio.

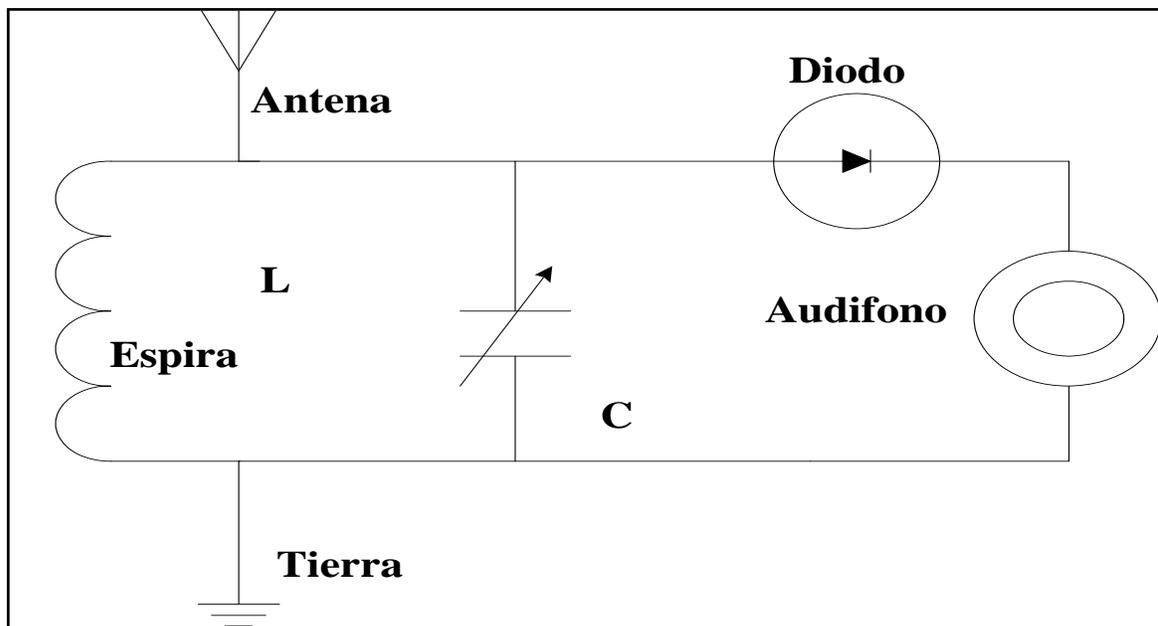


Figura 4.49.- Diagrama general del radio cristal incluyendo un capacitor variable para su mejor funcionamiento.

2. Hacer dos perforaciones en la parte superior de la botella a una distancia de 2.5 cm entre éstas, **figura 4.50**. Estos agujeros servirán para sujetar el alambre de cobre.



Figura 4.50.- Perfora y sujeta el alambre.

3. Meter el alambre esmaltado en la parte superior de la botella y jalar unos 15 cm, como se muestra en la **figura 4.51**.

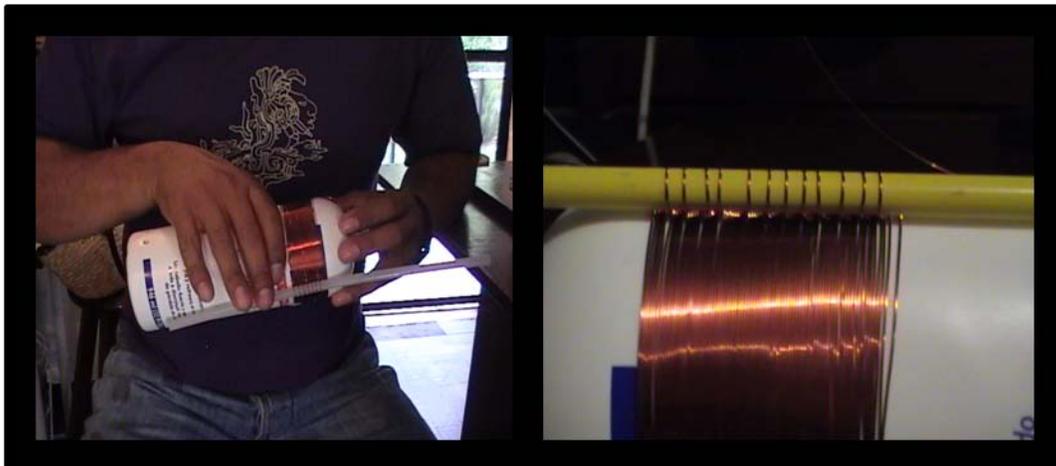


Figura 4.51.- Sujetar y embobinar el alambre, cada cinco vueltas hacer un rizo.

4. Tomar el otro extremo del alambre y comenzar a envolver alrededor de la botella. Cuando se hagan cinco vueltas, detenerse y hacer un pequeño rizo. Se envuelve el alambre alrededor de un lápiz para hacer el rizo.
5. Continuar envolviendo otras cinco vueltas y otro rizo. Hacer esto hasta que la botella está completamente envuelta en alambre. Cortar el alambre dejando unos 15 cm e insertarlo en dos agujeros perforados en la base de la botella.
6. Quitar el esmalte de los extremos del alambre y también de los rizos que se hicieron con la ayuda de una lija, **figura 4.52**.



Figura 4.52.- Diodo de germanio. Lijar los risos y las puntas de los alambres.

7. Ahora colocar el diodo de germanio al extremo del alambre en la parte inferior de la botella, es recomendable soldar esta conexión.
8. Cortar el cable del auricular de teléfono, quitar el aislamiento exterior y encontrar cuatro alambres de color. Usar los alambres negro y amarillo. Hay que soldar con mucho cuidado, **figura 4.53.**

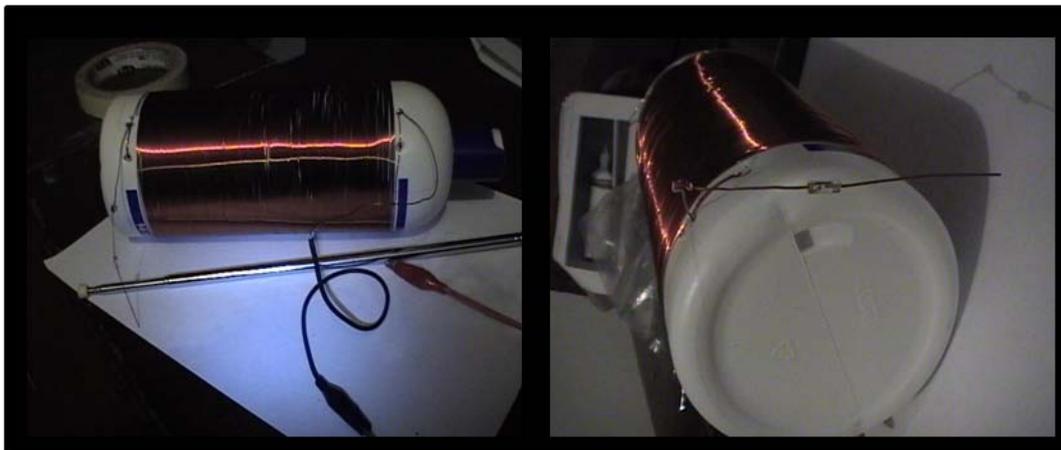


Figura 4.53.- Soldar el diodo de germanio.

9. Soldar el alambre del cable del teléfono al extremo libre del diodo de germanio. Sujetar el otro cable al alambre de la parte superior de la botella.
10. Sujetar un caimán a la antena. Conectar en la parte media otro alambre y a éste se le pone un caimán. Sujetar el otro extremo de la antena a un rizo de la bobina.
11. Sujetar otro caimán al alambre que sale de la parte superior de la botella, ésta es nuestra conexión a tierra. Conecta a una tubería de agua u otro objeto de metal que tenga una buena conexión a tierra. Verificar que la tubería sea de metal, de lo contrario la conexión a tierra no funcionará, ni el radio.
12. Este dispositivo funciona mediante la detección de ondas electromagnéticas que se encuentran en la atmósfera a través de la antena, las cuales pasan por un circuito

LC y se descargan a tierra. La señal pasa directo del circuito LC, al diodo que la y de ahí directo al auricular. El circuito LC se compone de una bobina (botella y alambre magneto). Con la variación de la capacidad de los rizos se seleccionan diferentes frecuencias, éstas son rectificadas mediante el detector de germanio, transformándose en frecuencias audibles, que se pueden escuchar mediante un auricular de teléfono. Este circuito sólo capta ondas electromagnéticas de amplitud modulada (AM), que van desde ondas largas hasta ondas cortas.

e) REPRESENTACIONES

La **figura 4.54** muestra los recursos que se integraron al material didáctico para la **Sección II. El espectro electromagnético**. Aquí el uso de los multimedia es importante. Se desarrollaron videos, animaciones y lecturas relacionadas con las tres actividades propuestas.

LECTURAS	VIDEOS	ANIMACIONES	INTERNET
1.- El universo invisible: el espectro electromagnético.	1.- La antena de radio	1.- Espectro electromagnético	http://ciencias.jornada.com.mx/ciencias/investigaci.../el-universo-invisible-el-espectro-electromagnético
2.- Ionósfera 4D	2.- Construcciones un radio	2.- Ondas transversales	http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2008/30apr_4dionosphere.htm
3.- Energía del espacio para el planeta Tierra.			http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2001/ast23mar_1.htm . http://www.catarina.udlap.mx

Figura 4.54- Recursos de apoyo para la sección del espectro electromagnético.

f) RETROALIMENTACIÓN

Todos los recursos están organizados y sistematizados en el material didáctico. Para ser usados individualmente, en equipos o con el maestro.

g) POST-TEST

Nuevamente se realizan las tres preguntas generadoras y se comparan las respuestas para esta sección.

h) CRITERIOS DE CONTROL

Además de comparar el PRE-TEST y el POST-TEST para esta sección, se consideran los criterios de control que se describen en el **Anexo A**.

i) PROYECTO CASERO

Se proponen el siguiente proyecto casero, utilizando materiales de fácil acceso.

I.- Cálculo de la velocidad de la luz con un horno de microondas y queso manchego.

MATERIAL

- 1 Horno de microondas doméstico
- 1 Plato de plástico
- 1 Escuadra ó regla de 30 cm
- 2 Palillos
- 1 Rebana circular de queso manchego de 145 cm de diámetro

PROCEDIMIENTO

1. A un horno de microondas se le quita el disco giratorio que funciona para repartir homogéneamente las ondas electromagnéticas.
2. En un plato invertido se cubre con una capa delgada de queso manchego como se muestra en la **figura 4.55**.
3. Se introduce al horno y cuando empiece a fundirse el queso se saca del horno.
4. Se observa que hay una región donde se fundió claramente el queso y otra donde sólo se calentó.

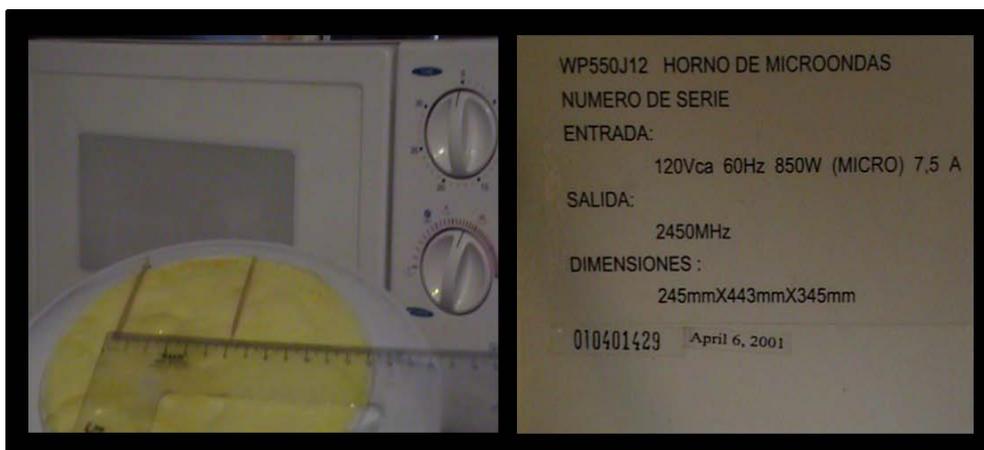


Figura 4.55.- Horno con una frecuencia de salida de 2450MHz y plato invertido con una superficie cubierta de queso.

1. Se mide con una escuadra el espacio entre la región que se fundió y la que únicamente se calentó, marcando con palillos los límites de esos dos puntos, **figura 4.56.**
2. La región fundida es la mitad de la longitud de onda de la onda electromagnética del microondas.
3. A continuación se hace el cálculo de la velocidad de la luz (onda electromagnética).
4. Se puede volver a meter el plato con el queso en otra posición y se formará un rombo con la misma longitud en sus lados.

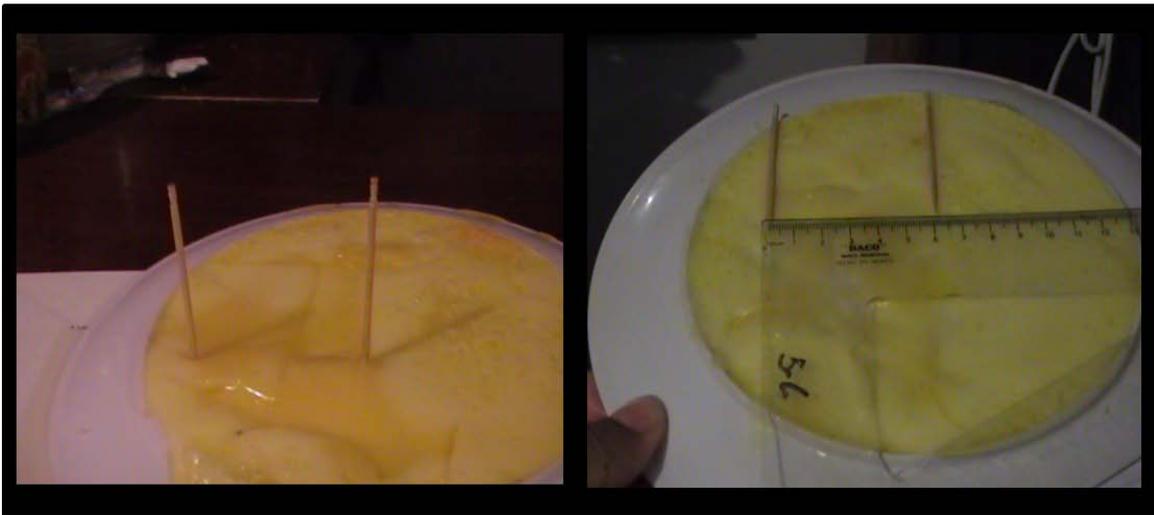


Figura 4.56.- Distancias entre queso fundido y el que sólo se calentó en un horno que tiene una frecuencia de 2450MHz.

Calculo de la velocidad de la luz

Frecuencia de salida del horno = 2450 MHz = 2450000000 Hz = 2450×10^6 Hz

Distancia entre el queso fundido y el que únicamente se calentó = 6 cm = 0.06 m

Longitud de la onda electromagnética (microonda) = 2×6 cm = 12 cm = 0.12 m

$$c = (2450 \times 10^6 \text{ Hz}) (0.12 \text{ m}) = 294000000 \text{ m/s} = 2.94 \times 10^8 \text{ m/s}$$

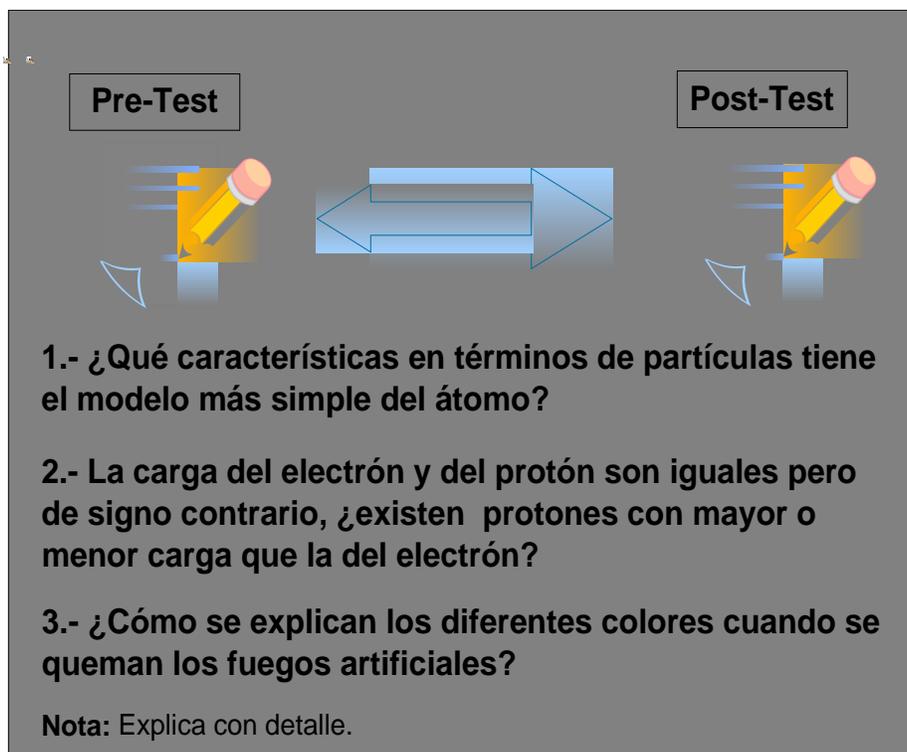
Nota: Puede sutituirse el queso manchego por bombones.

SECCIÓN III: ESPECTROS DE EMISIÓN

a) INTRODUCCIÓN

Se propone comenzar el estudio de fenómenos cuánticos con uno de los problemas que originaron la crisis de la física clásica: la existencia de los espectros atómicos (Solbes y Tarín, 1996). Se abre la discusión con la lectura: **Lectura 7.- Rayos X de la Tierra**

b) PRE-TEST



Pre-Test **Post-Test**

- 1.- ¿Qué características en términos de partículas tiene el modelo más simple del átomo?
- 2.- La carga del electrón y del protón son iguales pero de signo contrario, ¿existen protones con mayor o menor carga que la del electrón?
- 3.- ¿Cómo se explican los diferentes colores cuando se queman los fuegos artificiales?

Nota: Explica con detalle.

c) PRESENTACIÓN

En esta sección, se trabaja con los espectros de emisión de algunos elementos, en solución (cloruros) que tienen átomos de Ba, Li, Ca, Mg, K, Sr y Na. Las soluciones preparadas previamente se atomizan para poder ver sobre la llama del mechero, la coloración característica de los átomos de estas sustancias. Además se usan tubos de descarga y una rejilla de difracción para observar los espectros de emisión de algunos gases como: Xe, Ar, Hg, He e H. Además se construye un espectroscopio sencillo.

d) PRÁCTICAS GUIADAS

Se desarrollan las cuatro actividades que a continuación se describen.

ACTIVIDAD 9.- Marcha de cationes: *Combustión de cloruros.*



Se introduce dentro del atomizador la solución de cloruros, cuya salida está ajustada para que salga una neblina fina, la solución se atomiza sobre la llama de un mechero. La coloración se ve más espectacular si se efectúa en la oscuridad, además se añade al atomizador, una solución acuosa de metanol al 20 %, la intensidad del color de la flama se favorece debido a que el metanol es un disolvente muy inflamable. Repetir con todas las soluciones que se proponen a continuación.

OBJETIVO:

1. Comparar la coloración que algunos elementos producen cuando se ponen en combustión ó los llevamos a la flama de un mechero, **figura 4.57.**

MATERIAL

- 1 Mechero Bunsen
- 7 Atomizadores
- Disoluciones acuosas 1 molar de: LiCl, NaCl, KCl, CaCl₂, MgCl₂, SrCl₂ y BaCl₂
- Disolución acuosa de metanol al 20% (20 ml de metanol en 80 ml de agua).

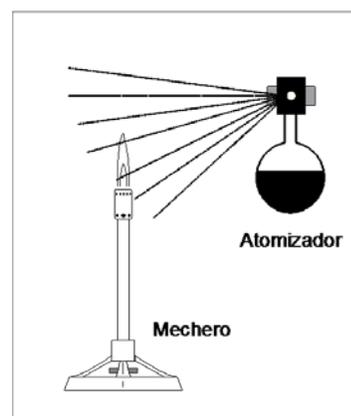


Figura 4.57.- Atomizando la flama del mechero.

9.1.- EXPERIMENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS ESPECTROS DE EMISIÓN

1.- Utilizar la **ecuación 4.6** para preparar una solución 1 M de cada una de los cloruros metálicos y colocar la solución en los atomizadores.

$$M = \frac{\# \text{ de moles}}{1 \text{ litro de agua}} \dots\dots\dots (4.6)$$

Entonces:

- a) **1 Molar**, significa: 1 mol de sustancia en un litro de agua. 1 *mol* es igual a la masa molecular del compuesto de cloruro utilizado.
- b) Por ejemplo, para el cloruro de calcio, de la Tabla Periódica, la masa atómica del Ca=40 g y Cl=35 g. Entonces la masa molecular del CaCl₂ = 40g + 2(35) g = 110g.
- c) Agregar en un litro de agua 110 g de CaCl₂ para obtener una solución **1 Molar** de este compuesto.
- d) Para una solución acuosa al 20% v/v (volumen/volumen) de alcohol etílico, se agregan 20 ml de alcohol etílico y se agrega el resto de agua hasta llegar a 100 ml de la solución.

- 2.- Encender el mechero de bunsen y abrir la esprea para obtener una flama azul claro.
- 3.- Atomizar ligeramente sobre la flama del mechero y observar el color emitido por la flama, **figura 4.58**.

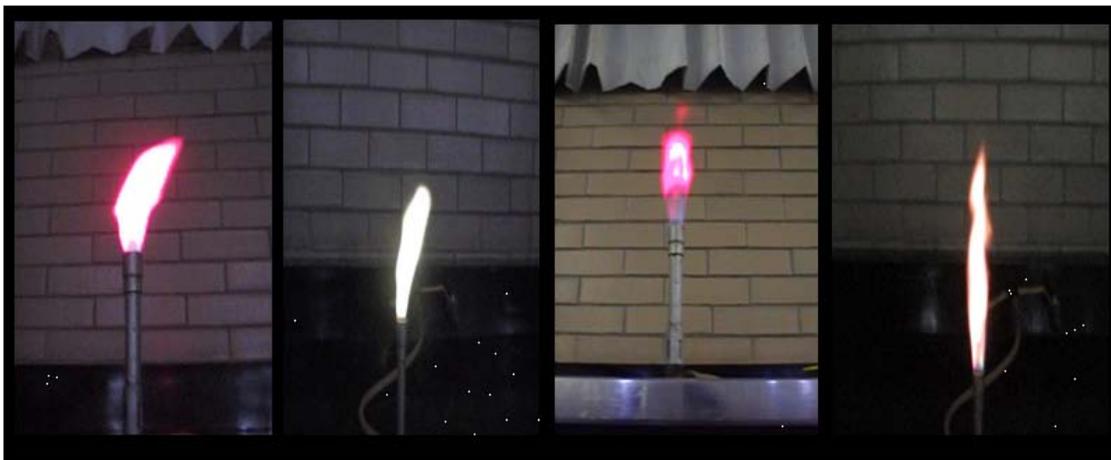


Figura 4.58.-Se atomiza sobre la flama las diferentes soluciones y se comparan las coloraciones emitidas.

- 4.- Diferenciar con base en la tabla de la **figura 4.59**, los valores aproximados de cada sustancia en cuanto a su frecuencia y longitud de onda (λ y ν).

SUSTANCIA (sales metálicas)	COLOR (emisión)	FRECUENCIA (ν)	LONGITUD DE ONDA (λ)
Cloruro de Litio			
Cloruro de Sodio			
Cloruro de Potasio			
Cloruro de Magnesio			
Cloruro de Calcio			
Cloruro de Estroncio			
Cloruro de Bario			

Figura 4.59.- Resultados de la combustión de las sustancias (cloruros metálicos).

- 5.- Repetir el procedimiento con todas las sales metálicas disponibles **figura 4.60** y elaborar una tabla para comparar los colores del espectro visible: ν (frecuencia) y λ (longitud de onda).

6.- Finalmente comparar los espectros de algunos compuestos en libros, revistas científicas o en páginas de Internet ó también en las ligas del multimedia, **figura 4.61**, 1 Armstrong es igual a:

$$\text{Å} = 10^{-10} \text{ m}$$



Figura 4.60.- Sustancias utilizadas.

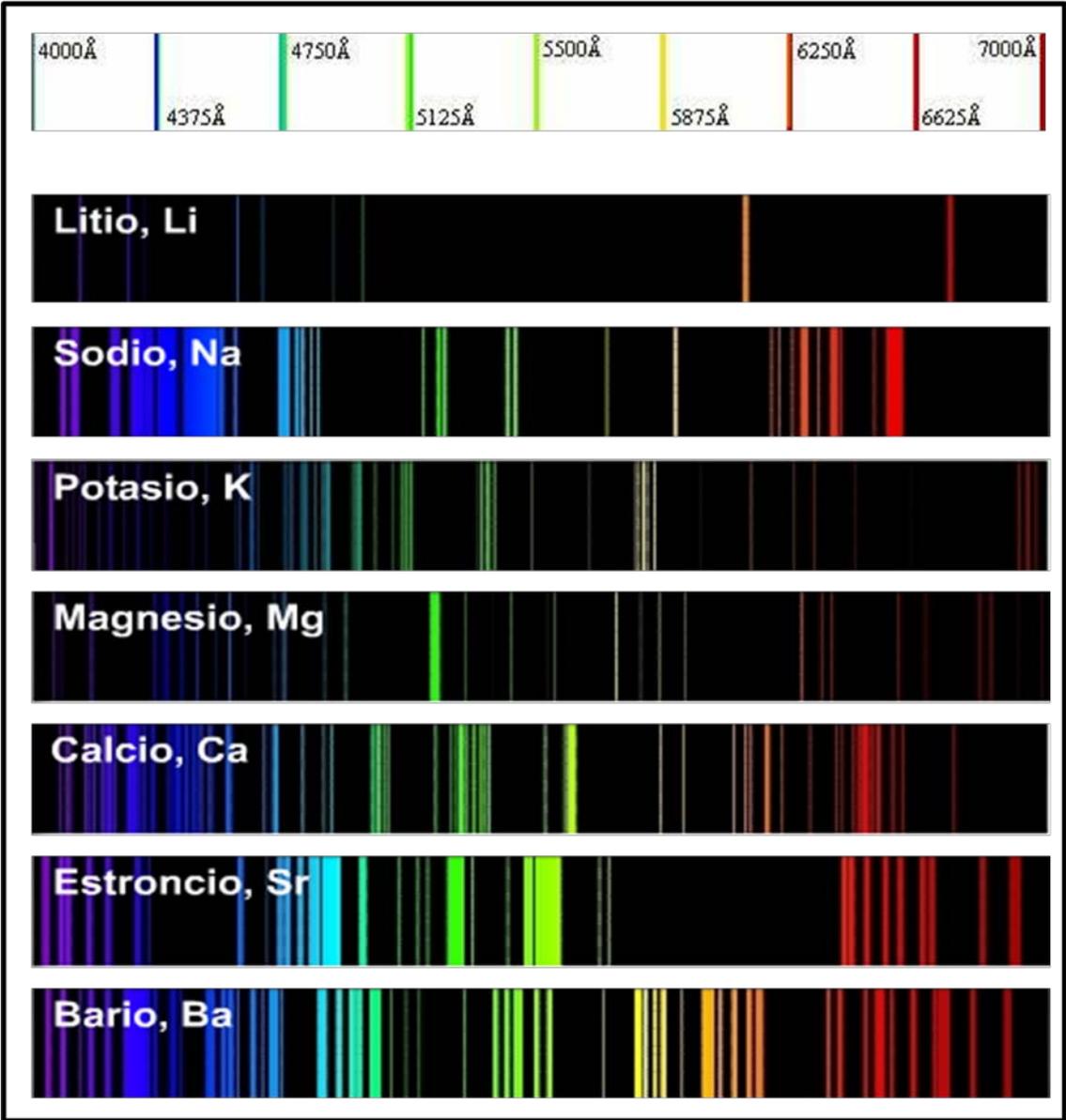


Figura 4.61.- Espectros de emisión de los elementos utilizados en el experimento (<http://herramientas.educa.madrid.org/tabla/>).

ACTIVIDAD 10.- Espectroscopía: *Construcción de un simple espectroscopio*



Construcción de un simple espectroscopio, que puede ser usado en lugar de un prisma para hacer observaciones cualitativas del espectro de algunas fuentes de luz. Se construye con un tubo cilíndrico de cartón de 4 cm de diámetro y una rejilla de difracción. Se proporciona a los alumnos la lectura: **lectura 8.- Física de Vanguardia para todos los públicos.**

OBJETIVO

1. Observar los espectros de emisión de las fuentes de luz a través del espectroscopio sencillo.

MATERIAL

- 1 Cilindro de cartón (funciona el del papal sanitario)
- 1 Cartoncillo negro de 10 cm²
- Cinta de aislar (negra)
- 1 Rejilla de difracción de 1 cm² (500 líneas por mm)



Figura 4.65-. Espectroscopio simple con rejilla.

10.1.- CONSTRUCCIÓN DE UN ESPECTROSCOPIO

- 1.- Cortar dos círculos de cartón de 5 cm de diámetro, a uno se coloca la rejilla de difracción de 1 cm² y al otro se le deja una rendija de 1 mm de ancho por 2 cm de largo.
- 2.- Cubrir con estos dos círculos el cilindro de cartón de 10 cm de largo.
- 3.- Cubrir con la cinta de aislar perfectamente los círculos de cartoncillo y el cilindro para evitar se filtren rayos luminosos.

4.- La difracción es observable cuando una haz de luz atraviesa un rejilla cuyo tamaño es del orden de su longitud de onda (λ). La **figura 4.66**, muestra el esquema del espectroscopio.

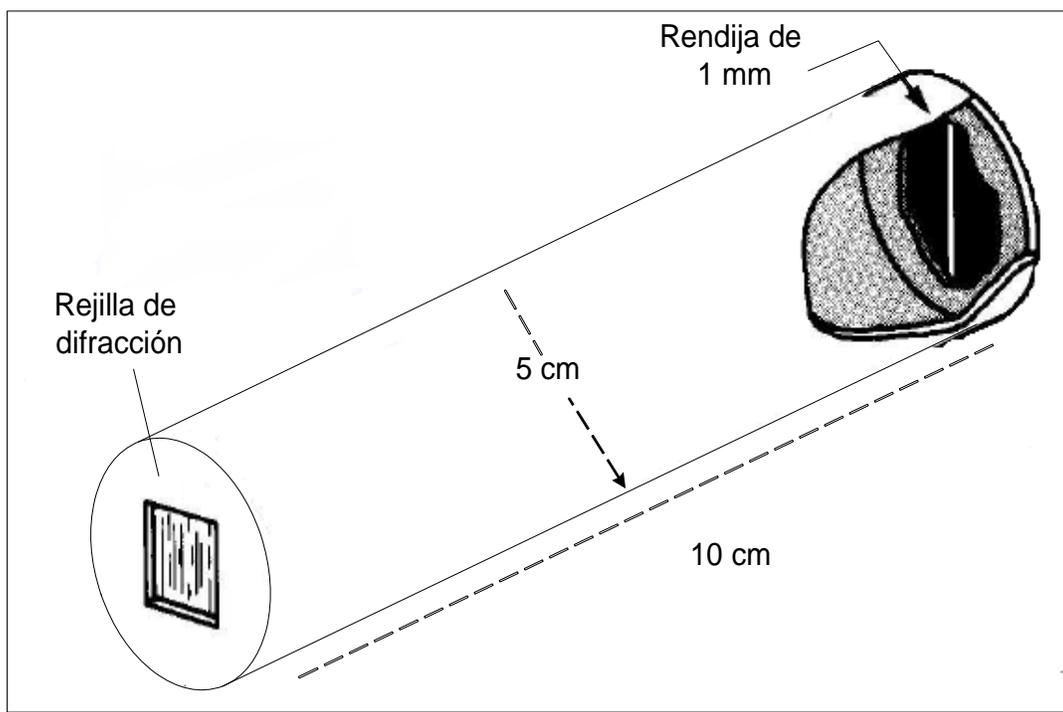


Figura 4.66- Espectroscopio simple con rejilla de difracción

5.- Comparar cada fuente de luz, diferenciando las características del espectro que producen. Observar el espectro de cada fuente de luz y luego dibujar el espectro con lápices de colores. Mostrar las diferencias que se encuentran, llenando en la tabla de la **figura 4.67**, con la información correspondiente.

Fuente de luz	Rojo	Anaranjado	Amarillo	Verde	Azul	Índigo	Violeta
Incandescente (foco)							
Fluorescente (foco ahorrador)							
Alumbrado público							
Flash de cámara							
Lámpara de un proyector							

Figura 4.67- Espectroscopio simple con rejilla de difracción

ACTIVIDAD 11.- Espectros de emisión: *Tubos de descarga*.



Se trata de reproducir en el laboratorio los experimentos de descarga de tubos de gases a baja presión.

OBJETIVO

1. Distinguir los espectros de emisión de algunos elementos.
2. Describir e interpretar las características de los espectros de emisión de la luz de descarga gaseosa de los siguientes gases hidrógeno (H), helio (He), neón (Ne), argón (Ar) y mercurio (Hg).

MATERIAL

- Tubos de descarga (**figura 4.68**):
 - Hidrógeno (H)
 - Helio (He)
 - Neón (Ne)
 - Argón (Ar)
 - Mercurio (Hg)
- Fuente de poder para los tubos de descarga



Figura 4.68.-Tubos de descarga de hidrógeno, helio, neón, argón y mercurio.

11.1.- LOS TUBOS DE DESCARGA

1. Conectar un tubo, **figura 4.69** y encender la fuente.
2. Observar que inmediatamente se enciende de manera abrupta el tubo, a tensiones que dependen de la presión y la naturaleza del gas.
3. Una vez se inicia la descarga la tensión baja a un valor de mantenimiento inferior al de encendido.
4. Observar el color de la luz emitida, la cual dependerá del gas contenido en el tubo, **figura 4.70**.



Figura 4.69.-Fuente de poder para tubos de descarga.

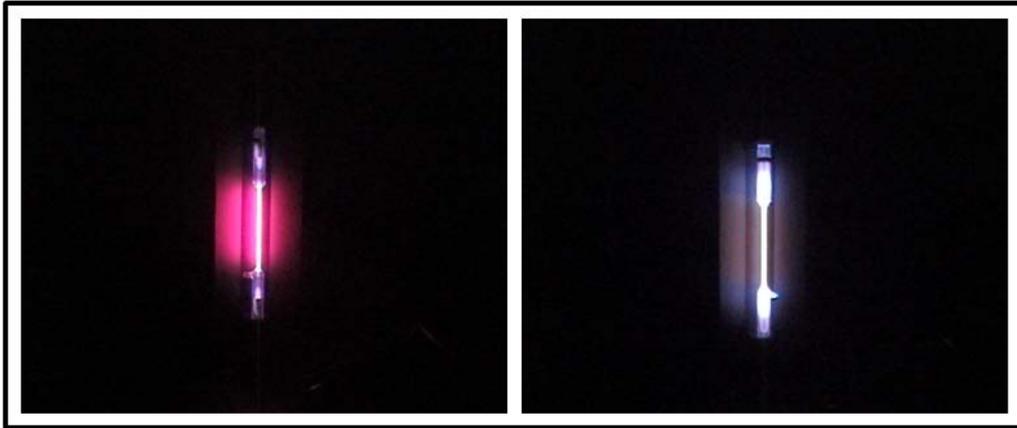


Figura 4.70.- Tubo de descarga de Helio (izquierda) y Mercurio (derecha).

5. Realizar una investigación sobre los espectros de emisión de los elementos que fueron utilizados en este experimento y compara la información con la luz emitida por los tubos de descarga.
6. En la **figura 4.71** se muestran los espectros de emisión de los elementos utilizados, 1 Armstrong es igual a:

$$\text{\AA} = 10^{-10} \text{ m}$$

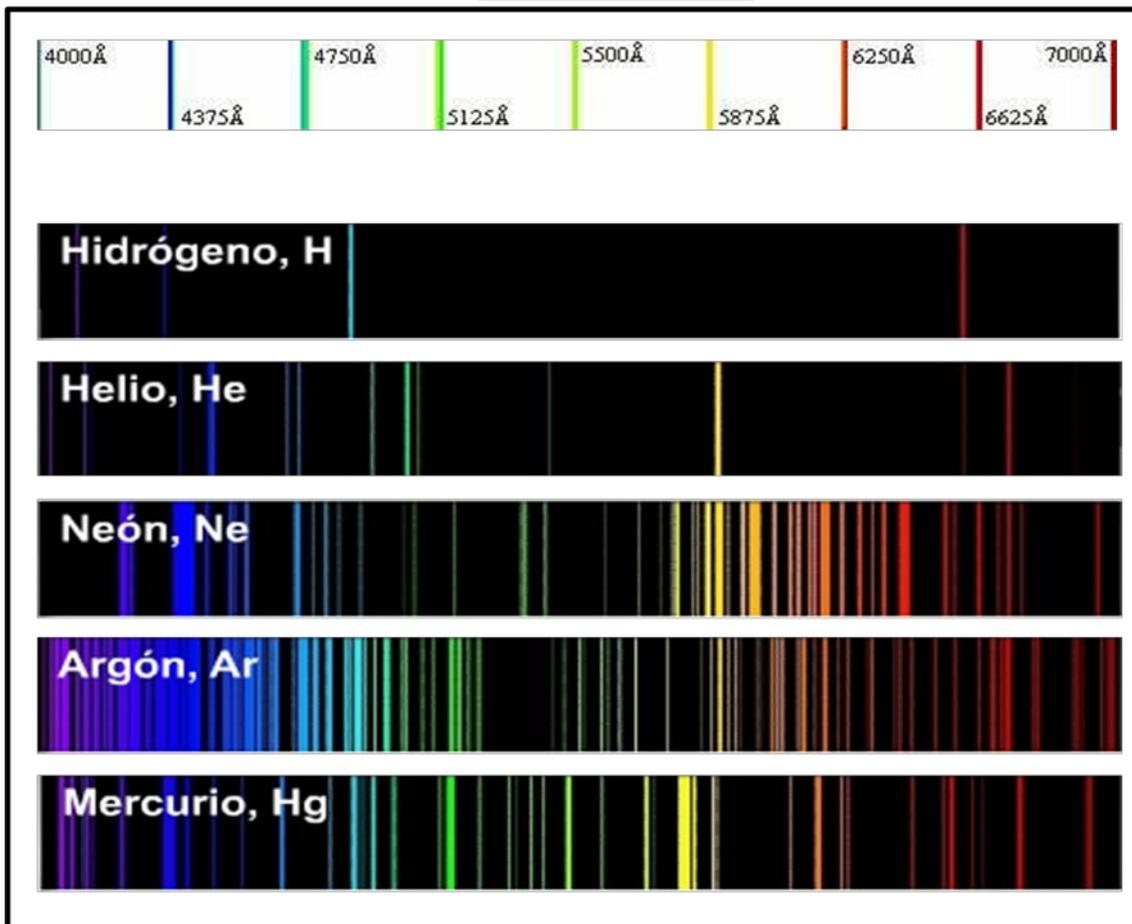
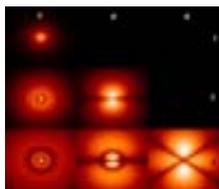


Figura 4.71.- Espectros de emisión de los siguientes elementos H, He, Ne, Ar y Hg (<http://herramientas.educa.madrid.org/tabla/>).

ACTIVIDAD 12.- Los átomos: *Serie de Balmer para el átomo de hidrógeno*



Estudiando esta serie, J. J. Balmer en 1885 encontró una fórmula que permitía reproducir sus líneas componentes una a una. Se trataba de una serie formada por quince líneas, que se van juntando cada vez más según se recorre la serie desde la región del rojo hacia la del violeta, y cuyas longitudes de onda pudieron ser medidas con bastante precisión. Se proporciona al alumno la lectura: **Lectura 9.-**

Domesticando los fotones.

OBJETIVO

1. Analizar el espectro visible del átomo de hidrógeno y comparar con las predicciones del modelo de Bohr.
2. Describir el cálculo para la serie de Balmer en el átomo de hidrógeno, en términos de λ (longitud de onda), ν (frecuencia) y E (energía).

Bohr hizo la audaz sugerencia que la física clásica no se aplica al átomo. El argumentó que sólo ciertas orbitas del electrón son permitidas. Un electrón puede existir en esta órbita permitida sin perder energía. El llamó a estos *orbitales de estados estacionarios*. Bohr dijo que los electrones sólo emiten energía cuando saltan de un nivel permitido a otro. Esta energía es emitida como radiación.

Donde sabemos:

Ecuación de Balmer

$$\nu = K \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \dots \dots \dots (4.7)$$

$$\nu = \frac{1}{\lambda} = \text{frecuencia}$$

$$K = 3.29 \times 10^{15} \text{s}^{-1}.$$

$$n = 3, 4, 5 \dots \dots \infty$$

Rydberg propuso otra expresión equivalente para la fórmula original de Balmer, **ecuación 4.7**, para las líneas espectrales del átomo de hidrógeno. La propuesta de Rydberg fue, **ecuación 4.8**.

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \dots \dots \dots (4.8)$$

Donde: $\lambda = \text{longitud de onda}$ y $R_H = \text{constante de Rydberg} = 109\,677.6 \text{ cm}^{-1}$.

Donde n toma los valores 3, 4, 5... ∞ . La ventaja de esta expresión frente a la de Balmer consistía en sugerir la posibilidad de expresar el inverso de la longitud de onda de una línea dada como la diferencia entre dos términos numéricos T_1 y T_2 , **ecuación 4.9**.

$$\frac{1}{\lambda} = (T_1 - T_2) \dots \dots \dots (4.9)$$

A medida que n aumenta T_2 se hace cada vez más pequeño, tendiendo a cero, con lo que $\frac{1}{\lambda}$ tiende hacia T_1 , que por esta razón se denomina límite de la serie. Entonces T_1 y T_2 , son los límites espectrales y la **ecuación 4.10**, se conoce como principio de combinación de Rydberg y Ritz.

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \dots \dots \dots (4.10)$$

La ecuación de Rydberg y el principio de combinación fueron más tarde generalizados en la forma, **ecuación 4.11 y 4.12**.

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \dots \dots \dots (4.11)$$

$$\frac{1}{\lambda} = (T_{n_1} - T_{n_2}) \dots \dots \dots (4.12)$$

Con base en esto, además de la Serie de Balmer ($n_1 = 2$; $n_2 = 3,4,5 \dots \infty$) otras series de líneas del espectro del hidrógeno que se conocen por los nombres de sus descubridores, son la serie de Lyman, situada en la región del ultravioleta, es descrita por la fórmula de Rydberg cuando se considera $n_1 = 1$ y $n_2 = 2,3,4 \dots \infty$, y para la región del infrarrojo, la serie de Paschen $n_1 = 3$ y $n_2 = 4,5,6 \dots \infty$.

12.1.- APLICACIÓN DE LA FÓRMULA DE RYDBERG

1.- Considera que la raya H_β de la serie de Balmer del espectro del hidrógeno corresponde a una transición entre el nivel $n_2 = 4$ y $n_1 = 2$.

- a. Calcular la longitud de onda y la frecuencia.
- b. Determinar, a partir de los resultados anteriores, en qué zona del espectro visible aparecerá dicha línea.

a) De acuerdo con la fórmula de Rydberg:

En este caso la línea H_β corresponde a la transición $n_2 = 4$ y $n_1 = 2$, por lo que sustituyendo en la **ecuación 4.12**, resulta, para el número de ondas $\frac{1}{\lambda}$:

Para la longitud de onda λ :

$$\lambda = 486.1 \text{ nm}$$

$$\lambda = 4.861 \times 10^{-7} \text{ m} = 486.1 \times 10^{-9} \text{ m} = 486.1 \text{ nm}$$

Para la frecuencia ν :

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{486.1 \times 10^{-9} \text{ m}} = 6.17 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

b) El espectro visible está comprendido entre 400 nm y 700 nm , siendo la menor longitud de onda correspondiente al violeta y la mayor al rojo. Por tanto, la línea de 486.1 nm estará situada en la zona azul. Considerando que el espectro completo comprende en términos generales los siguientes colores (violeta, azul, verde, amarillo anaranjado y rojo), figura 4.72.

12.2.- ÓRBITAS y NIVELES DE ENERGÍA

1.- Determinar el radio de las órbitas permitidas, deducir la expresión de la energía que posee el electrón en ellas y explicar la fórmula de Rydberg de los espectros de líneas del átomo de hidrógeno.

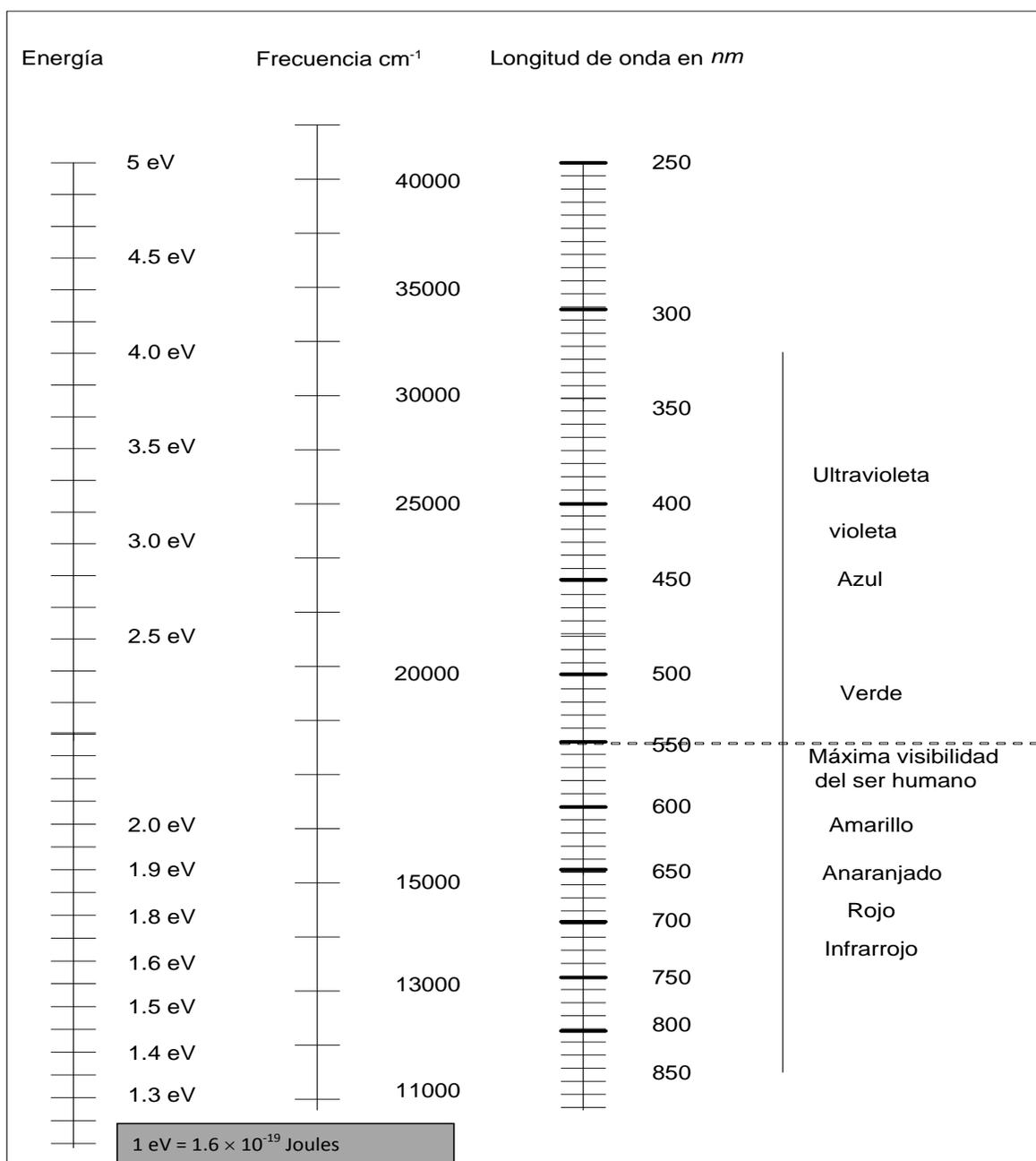


Figura 4.72.- La asignación aproximada de colores a las diferentes regiones espectrales. Observe que la máxima visibilidad del ser humano es a unos 550 nm.

2.- Para la fuerza de atracción electrostática que el protón ejerce sobre el electrón curvará su trayectoria, dando lugar a una aceleración normal a_n o centrípeta que, en virtud de la segunda ley de Newton, estará relacionada con la magnitud de la fuerza como en la **ecuación 4.13**.

$$F_e = m_e a_n = m_e \frac{v^2}{r} \dots\dots\dots (4.13)$$

Donde:

F_e = fuerza electrostática entre el electrón y el protón

m_e = masa del electrón = 9.109×10^{-28} g.

a_n = aceleración normal

v^2 = velocidad del electrón

r = radio de la órbita del electrón

Por otra parte, la fuerza electrostática F_e entre protón y electrón cumplirá la ley de Coulomb, **ecuación 4.14**.

$$F_e = K \frac{e^2}{r^2} \dots\dots\dots (4.14)$$

K = constante de Coulomb = 9×10^9 N · m²/C²

e = carga del electrón = 1.602×10^{-19} C

m_e = masa del electrón = 9.109×10^{-31} kg

m_p = masa del protón = 1.692×10^{-27} kg

La carga del electrón coincide en magnitud con la del protón. Igualando las **ecuaciones 4.13 y 4.14**, se obtiene la **ecuación 4.15**.

$$m_e \frac{v^2}{r} = K \frac{e^2}{r^2} \dots\dots\dots (4.15)$$

Experimentalmente, el orden de magnitud del radio de un protón resulta ser de unos 10^{-13} cm, mientras que el tamaño de un átomo es aproximadamente de 10^{-8} cm. Por consiguiente el núcleo es muy pequeño en comparado con el átomo.

$$\frac{10^{-13}}{10^{-8}} = 10^{-5} = 0.00001$$

La relación de la masa del electrón respecto a la del protón, **ecuación 4.16**.

$$\frac{m_e}{m_p} = \frac{9.109 \times 10^{-31} \text{kg}}{1.692 \times 10^{-27} \text{kg}} = \frac{1}{1836} \dots\dots\dots (4.16)$$

Al establecer, Bohr postuló que en una órbita estable es igual a un múltiplo entero de la

constante de Planck dividida por 2π , como se muestra en la **ecuación 4.17**, la relación de cuantificación para el electrón es:

$$m_e \omega r = \frac{nh}{2\pi} \dots\dots\dots (4.17)$$

$\omega =$ velocidad angular.

$h =$ constante de Planck $= 6.626 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$.

Combinando las **ecuaciones 4.14 y 4.17** se tiene finalmente, la **ecuación 4.18**.

$$r = \frac{h^2}{4\pi^2 e^2 K m_e} n^2 \dots\dots\dots (4.18)$$

Se puede escribir como la **ecuación 4.19**.

$$r = a_0 \cdot n^2 \dots\dots\dots (4.19)$$

Siendo a_0 una constante. La **ecuación 4.19**, indica que el radio de las órbitas electrónicas en el átomo de Bohr está cuantizado, variando a saltos según la proporción 1, 4, 9, 16, 25, etc. La constante a_0 corresponde al radio de la primera órbita de Bohr para:

$$n = 1, r = a_0.$$

Por lo que el valor de r a partir de las constantes conocidas da un resultado de:

$$r = 5.29 \times 10^{-11} \text{m}.$$

3.- Determinar el valor de la longitud de onda correspondiente a la onda de materia asociada al electrón de un átomo de hidrógeno:

- a) cuando se mueve en la órbita correspondiente al estado fundamental;
- b) cuando lo hace en una órbita definida por el número cuántico $n = 3$.

a) El estado fundamental de un electrón es el estado de más bajo energía. Dado que en el modelo de Bohr la energía varía con el número cuántico n según la **ecuación 4.20**, es el estado más bajo de energía.

$$E_n = -E_0 \frac{1}{n^2} \dots\dots\dots (4.20)$$

Para $n = 1$, La **ecuación 4.21** $r = a_0 \cdot n^2$, indica que para $n = 1$.

$$2\pi r_n = n\lambda \dots\dots\dots (4.21)$$

Despejando λ resulta:

$$\lambda = \frac{2\pi r_n}{n} = \frac{2\pi(5.29 \times 10^{-11} \text{m})}{1} = 3.32 \times 10^{-10} \text{m}$$

b) Con base en el razonamiento anterior para $n = 3$ se tiene:

$$\lambda = \frac{2\pi r_n}{n} = \lambda = \frac{2\pi a_0 n^2}{n} = 2\pi a_0 n$$

Sustituyendo,

$$\lambda = 2\pi (5.29 \times 10^{-10} m) (3) = 9.96 \times 10^{-11} m$$

e) REPRESENTACIONES

La **figura 4.73** muestra los recursos que se integraron al multimedia para esta sección III.

LECTURAS	VIDEOS	ANIMACIONES	INTERNET
1.- Rayos X de la Tierra.	1.- Combustión de cloruros	Simulación de los orbitales para el hidrógeno.	http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2003/18aug_xrays.htm
2.- Domesticando los fotones			http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2002/27mar_stopligh.htm
3.- Física de Vanguardia para todo público		Experimento de Rutherford	http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2005/09mar_conference.htm
			http://personales.ya.com/casanchi/fis/espectros

Figura 4.73 Recursos de apoyo para la sección de espectros de emisión.

f) RETROALIMENTACION

Todos los recursos están organizados y sistematizados en el material didactico. Para ser usados individualmente, en equipos o con el maestro.

g) POST-TEST

Nuevamente se realizan las tres preguntas generadoras y se comparan las respuestas de esta sección.

h) CRITERIOS DE CONTROL

Además de comparar el PRE-TEST y el POST-TEST, se consideran otros criterios de control para avanzar a la sección IV, estos se describen en el **Anexo A**.

i) PROYECTO CASERO

Se proponen el siguiente proyecto casero, utilizando materiales sencillos de obtener.

I. **Diámetro nuclear y el tamaño de una moneda. Analogía del Experimento de Rutherford** (Edge, 2003).

Es una buena analogía que explica cómo se determina el tamaño del núcleo (circunferencia) de manera indirecta, bombardeando partículas alfa (tiros de la canica) a los núcleos representados por las circunferencias de la moneda. Si sabemos el número de núcleos por centímetro cuadrado, podemos encontrar el área de la moneda, **ecuación 4.23**, con muy buena precisión.

Pregunta para reflexionar: ¿Cómo se puede averiguar lo que hay en el interior de los átomos? Si debido a sus dimensiones, son inaccesibles a cualquier microscopio óptico.

MATERIAL

- 1 Moneda de 1 peso
- 1 Canica
- 1 Hoja de papel carbón tamaño carta
- 1 Hoja blanca tamaño carta (21.6 × 27.9 cm)
- 1 lápiz
- 1 Regla de 30 cm

PROCEDIMIENTO

1. Hacer circunferencias distribuidas en la hoja tamaño carta (21.6 × 27.9 cm) con una superficie aproximada de 603.22 cm².
2. Colocar una hoja de papel carbón sobre la hoja donde están dibujadas las circunferencias como se muestra en la **figura 4.74**.
3. Realizar 100 tiros dejando caer una canica de una altura de aproximadamente 50cm.
4. Distribuir los tiros en toda la superficie de hoja donde se dibujaron las circunferencias.
5. Contar los tiros que cayeron dentro de las circunferencias. Con base en la **ecuación 4.22**, se calcula el área de la moneda y se despeja su diámetro.
6. Realizar los cálculos como se indica a continuación.

Donde:

- n = número de tiros que caen dentro de la circunferencia
- N = número de tiros realizados
- m = número de circunferencias
- A = área de la moneda

$$A = \frac{n \cdot 603.22 \text{cm}^2}{Nm} \dots\dots\dots (4.22)$$

$$\frac{n}{N} = \frac{mA}{603.22\text{cm}^2} \dots\dots\dots (4.23)$$

Y el área de la moneda es:

$n =$ tiros que caen dentro de la circunferencia

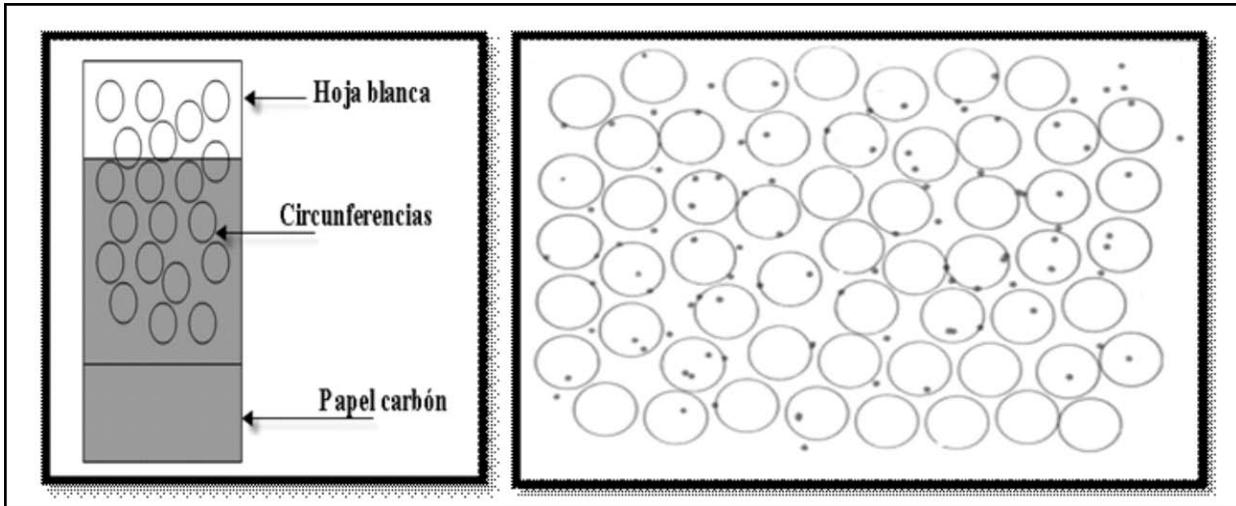


Figura 4.74.- Hoja blanca y papel carbón (izquierda) y hoja blanca con los tiros que cayeron dentro de las circunferencias.

Sabemos que:

$$A = \pi r^2 \dots\dots\dots (2.24)$$

Sustituyendo la **ecuación 2.24** en la **ecuación 2.23** tenemos:

$$\pi r^2 = \frac{n 603.22\text{cm}^2}{Nm} \dots\dots\dots (2.25)$$

Finalmente el diámetro de una circunferencia es: $d = 2r$, despejando r de la ecuación **2.24**. Obtenemos la **ecuación 2.25**, para calcular el radio de la circunferencia.

$$r = \sqrt{\frac{n 603.22\text{cm}^2}{Nm\pi}} \dots\dots\dots (2.25)$$

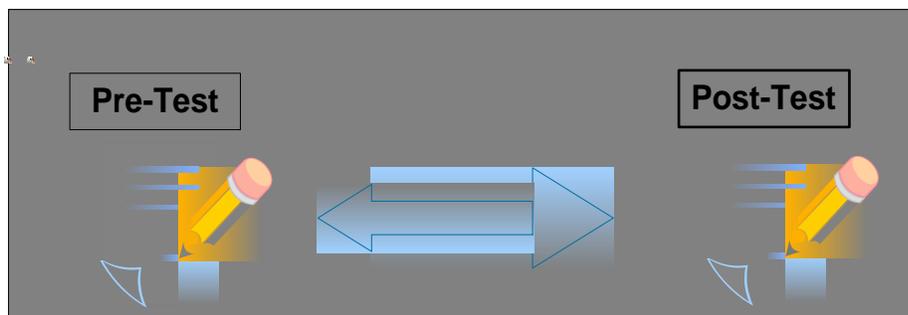
$r \cong$ valor del radio de la moneda

SECCIÓN IV: FUENTES DE LUZ

a) INTRODUCCIÓN

Se propone la lectura para ésta sección: **lectura 10.- Supernova más brillante de todos los tiempos.**

b) PRE-TEST



Pre-Test

Post-Test

- 1.- ¿Qué tipos de fuentes de luz conoces?
- 2.- ¿Qué diferencia hay entre las fuentes artificiales y naturales?
- 3.- ¿Qué relación hay entre una fuente de luz y la temperatura?

Nota: Explica con detalle

c) PRESENTACIÓN



Las fuentes de luz pueden ser naturales como la luz del Sol o artificiales como los focos o las lámparas de gas de descarga. En esta sección el alumno comparará la energía emitida por diferentes fuentes de luz y cuantificará la energía perdida en forma de calor mediante un cálculo sencillo de balance de energía. Comparar las características de la luz incandescente, fosforescente y fluorescente.

d) PRÁCTICAS GUIADAS

Se desarrollan dos actividades que a continuación se describen

ACTIVIDAD 13.- Medición de la iluminación: *Sensor de luz*



La radiación es más intensa cuando estas más cerca de la fuente de luz que cuando te alejas. Utilizando un sensor de luz se puede determinar la intensidad de varias fuentes de luz a diferentes distancias. Este es un experimento sencillo, para relacionar la intensidad de una fuente de luz, **figura 4.75**.

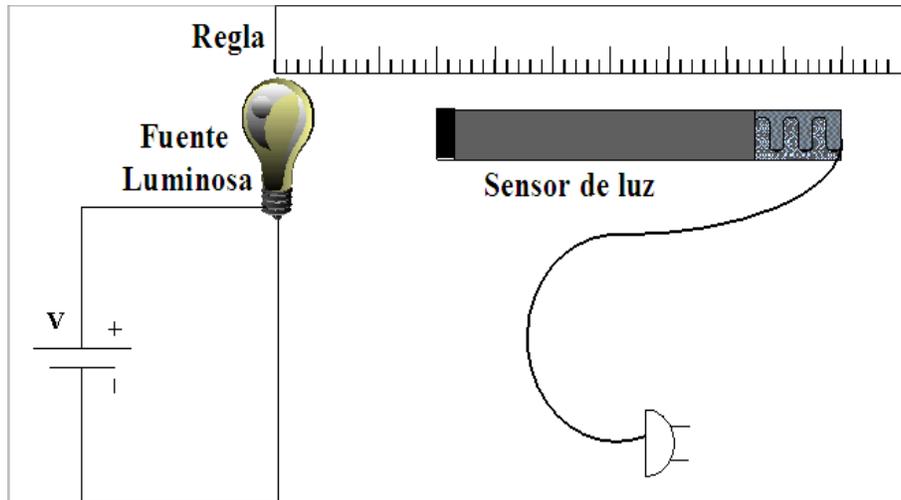


Figura 4.75.-Esquema general del experimento.

OBJETIVO

1.- Identificar la relación de una fuente luminosa con la intensidad luminosa y la distancia a la que se encuentra dicha fuente.

MATERIAL

- 1 Interfase Logger-Pro de Vernier
- 1 Sensor de luz
- 1 Regla de 30 cm
- Cinta métrica
- 2 Fuentes de luz: 1 foco de 100 W y lámpara ahorradora de 20 W

13.1.- EXPERIMENTO PARA DETERMINAR LA INTENSIDAD LUMINOSA

1. Suponer una fuente de luz incandescente en el centro de dos esferas transparentes. Una esfera tiene un radio R , y la otra un radio $2R$. Una intensidad (I) pasa a través de la esfera interior.
2. Si ninguna radiación es absorbida, entonces toda la luz emitida por la fuente pasa a través de la esfera interior y llega a la esfera exterior
3. ¿Cuál es la intensidad en la esfera exterior?

4. ¿Cómo es la intensidad que pasa a través de la esfera interior comparada con la esfera exterior? ¿Compara las superficies de las dos esferas? En general, entonces ¿cómo variará la intensidad respecto a la distancia de la fuente? **figura 4.76.**

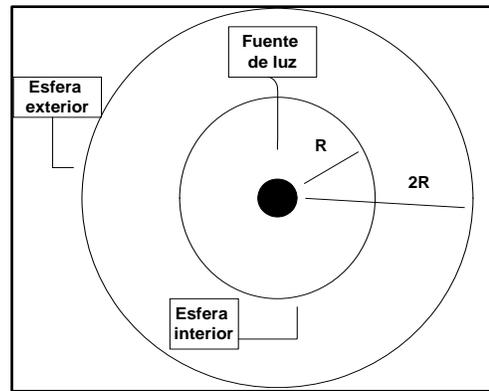


Figura 4.76.- Variación de la intensidad luminosa de la fuente.

5. Localizar el sensor de luz a 2, 4, 6, 8, 10 cm, etc., de la fuente luminosa, cerca del filamento del foco, **figura 4.77.** Anota los valores de intensidad. ¿Cuál es tu predicción sobre la iluminancia y la distancia de la fuente? Debes medir cuidadosamente la distancia del sensor de luz respecto a la fuente.

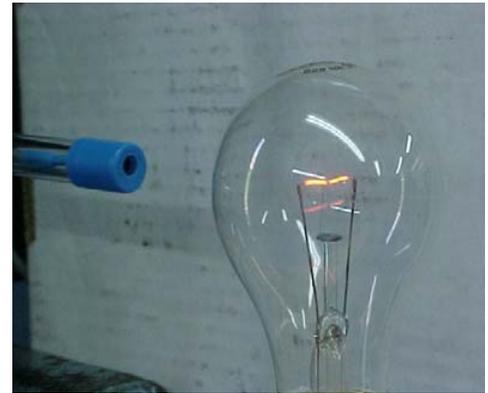


Figura 4.77.- Sensor de luz a una distancia de 10 cm de la fuente.

6. Esperar a que se registren los valores en la pantalla de la computadora.
7. Mover el sensor 1 cm alejándolo de la fuente luminosa, hasta llegar a 10 cm, registrar los datos en una tabla.
8. Alejar hasta una distancia de 30 cm el sensor, esto dependerá del tipo de fuente de luz ó foco que estés utilizando.
9. Repetir el procedimiento con el foco ahorrador.
10. Examinar las gráficas de intensidad luminosa contra distancia.
11. La intensidad de luz como función de la distancia, varía como el inverso al cuadrado, **ecuación 4.26:**

Algunas definiciones:

- a) La *intensidad luminosa* (I_L) se define como el flujo luminoso incidente por unidad de superficie, **ecuación 4.26**, y se mide en **candela (cd)**.
- b) El *flujo luminoso* (Φ_0) es la cantidad total luz radiada o emitida por una fuente durante un segundo en todas direcciones y su unidad es el **lumen (lm)**.
- c) El *lux* se puede definir como la iluminación de una superficie de 1 m² cuando sobre ella incide, uniformemente repartido, un flujo luminoso de 1 lumen. Es decir: $\text{lumen/m}^2 = \text{lux}$.

$$I_L = \frac{\Phi_0}{r^2} \dots \dots \dots (4.26)$$

Donde:

I_L = es la intensidad luminosa en lux

Φ_0 = flujo luminoso: (lux)(m²) = lumen

r = es la distancia (metros)

1 lux = 1.46 × 10⁻³ W/m²

Finalmente, compara los datos obtenidos con el sensor de luz y el modelo matemático.

ACTIVIDAD 14.- Balance de energía: Lámpara incandescente y fluorescente.

Las fuentes luminosas como los focos de uso común utilizan la energía eléctrica con que son alimentadas en producir luz y otra parte se transforma en calor. A través de un experimento sencillo se encuentra la energía disipada por dos focos diferentes en forma de calor. Los cuales son sumergidos en un calorímetro construido para esto usando agua.

OBJETIVO

1.- Comparar las cantidades de energía calorífica que pueden disipar diferentes fuentes luminosas: Incandescente y fluorescente.



Figura 4.78.- Tortillero con agua, un foco encendido y un termómetro.

MATERIAL

- 2 Fuentes de luz, una incandescente y la otra fluorescente
- 1 Termómetro
- 1 Soquet
- 2 m de cable de calibre 12 ó 14.
- 1 Clavija
- 2 Probetas una de 1 l y otra de 100 ml



Figura 4.79.- Foco y foco ahorrador.

- 1 Multímetro
- 1 Tortillero

14.1.- EXPERIMENTO SOBRE BALANCE DE ENERGÍA

1. Construir un calorímetro con el tortillero, una clavija, cable y un soquet para conectar el foco al toma corriente (contacto), **figura 4.78**.
2. Poner agua la cantidad suficiente que cubra el foco, pero sin que llegue a la conexión eléctrica.
3. Poner sobre la tapa del calorímetro (tortillero de unicel) un termómetro, perforando la tapa.
4. Conectar el circuito a la corriente y medir el voltaje aplicado. Medir también la cantidad de agua con la probeta de 100 ml.
5. Medir la temperatura inicial del agua. $T_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ °C
6. Comparar la energía emitida la fuente luminosa, **figura 4.79**.
7. Calcular la energía que pasa por un filamento, por ejemplo en un foco de 60 W, con la **ecuación 4.27**.

$$P = VI \dots\dots\dots (4.27)$$

$$P = \frac{\text{Energía}}{\text{Unidad de tiempo}}$$

Donde,

- $P = \text{Potencia (Watts)}$
- $V = \text{Voltaje (Volts)}$
- $I = \text{Corriente (Amperes)}$
- $W = \text{Trabajo}$
- $t = \text{Tiempo}$

Por otro lado, se sabe que el calor cedido por el sistema físico se puede calcular con la **ecuación 4.28**.

$$Q = mc\Delta T \dots\dots\dots (4.28)$$

Donde,

- $Q = \text{Energía Calorífica (Joules)}$
- $m = \text{cantidad de agua (kg)}$
- $c = \text{Calor específico}$
- $c_{\text{agua}} = 4185.5 \text{ Joule/kg}^\circ\text{C}$

$$\Delta T = \text{Incremento de la temperatura en } ^\circ\text{C}$$

8. Introducir el foco en el tortillero y anotar la temperatura inicial y al cabo de 10 minutos.

$$T_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$t = 10 \text{ minutos.}$

9. Agitar ligeramente en forma circular el tortillero aproximadamente cada 3 minutos, **figura 4.80.**
10. Calcular la potencia, por calentamiento del agua, relacionando las **ecuaciones 4.27 y 4.28.**

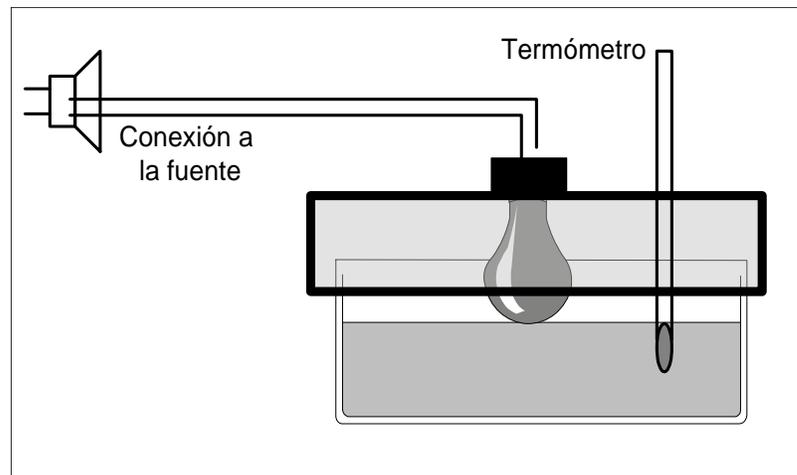


Figura 4.80.- Esquema del sistema aislado agua, foco encendido y un termómetro.

11. Hacer lo mismo considerando un foco ahorrador (lámpara fluorescente).
12. Llena una tabla, **figura 4.81**, comparativa de la energía para las dos fuentes de luz, utiliza la **ecuación 4.29.**

$$P = \frac{\Delta E}{t} = \frac{mc\Delta T}{t} \dots\dots\dots (4.29)$$

Fuente de luz	Tiempo (segundos)	ΔT ($^\circ\text{C}$)	Potencia (Watts)	Energía (Joules)	Rendimiento (%)
Incandescente					
Fluorescente					

Figura 4.81.-Tabla para ser llenada con la información de las dos fuentes utilizadas.

e) REPRESENTACIONES

La **figura 4.82** muestra los recursos que se integraron al multimedia:

LECTURAS	VIDEOS	ANIMACIONES	INTERNET
1 <i>Supernova más brillante de todos los tiempos</i>	1.- Esfera de plasma	http://static.consumer.es/www/economia-domestica/infografias/swf/bombillas.swf	http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2007/07may_bigsupernova.htm http://www.uned.es/cristamine/mineral/prop_fis/luminiscencia3.htm#Minerales%20fluorescent
13.- Focos ahorradores		http://www.youtube.com/watch?v=QPe1YhW17Vk	http://www.unizar.es/departamentos/bioquimica_biologia/documenta/Biofvirtual/Emi.pdf
14.- Luz fría bioluminiscencia		http://e-nimals.com/wp-content/uploads/2008/04/porque	http://www.misbombillas.com/Mis-Bombi-Web/Historia_incand.htm
15.- Las estrellas			http://www.sabelotodo.org/materia/fosforescencia.html

Figura 4.82- Recursos de apoyo para la sección de fuentes de luz.

f) RETROALIMENTACIÓN

Todos los recursos están organizados y sitematizados en el material didáctico.

g) POST-TEST

Nuevamente se realizan las tres preguntas generadoras y se comparan las respuestas.

h) CRITERIOS DE CONTROL

Además de comparar el PRE-TEST y el POST-TEST, se consideran otros criterios de control para avanzar a la sección V, estos criterios se describen en el **Anexo A**.

i) PROYECTO CASERO

I. Bola de plasma lámparas fluorescentes

Se puede jugar como lo hacen los magos con una esfera de plasma. Acercar un foco ahorrador a una esfera de plasma, haciendo que se ilumine. Puedes usar también lámparas de descarga de tubos de diferentes tamaños.

MATERIAL

- 1 Bola de plasma
- 1 Lámpara (tubo fluorescente)
- 1 Foco ahorrador

PROCEDIMIENTO

1. Acercar a una bola de plasma como la de la **figura 4.83**, diferentes tipos de lámparas fluorescentes (tubos o focos fluorescentes).
2. También puedes frotar una franela los tubos fluorescentes.
3. En la oscuridad se ve más espectacular el efecto de *luminiscencia*. Efectivamente el foco o cualquier tipo de lámpara fluorescente se iluminan, sin utilizar cualquier tipo de cables para conectarla.

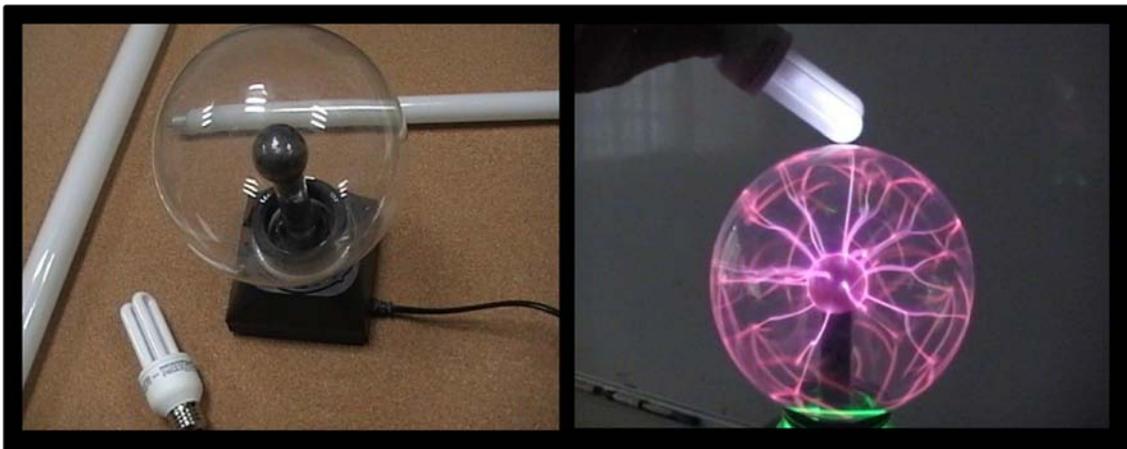


Figura 4.83.- Esfera de plasma y lámparas fluorescentes.

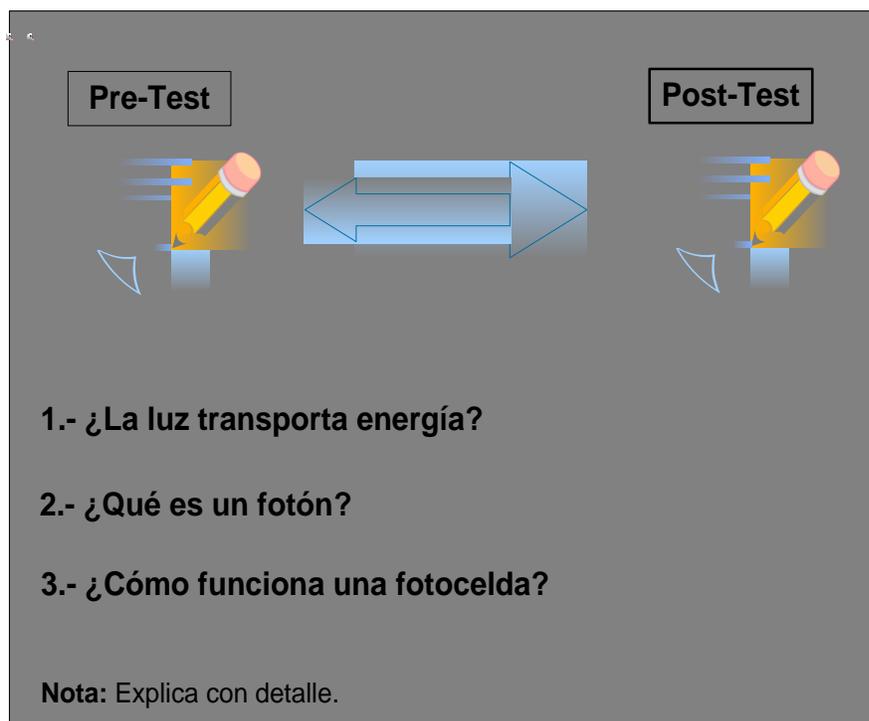
4. Esta actividad puede servir al profesor para motivar a los alumnos al estudiar el comportamiento de gases sometidos a alto voltaje. Se pueden observar algunos fenómenos físicos como descarga y conducción en gases, ionización y formación de plasma.

SECCIÓN V: FOTOCELDAS

a) INTRODUCCIÓN

Se abre la discusión con lecturas relacionadas con las cinco actividades de la sección. La primera de estas lecturas es: **Lectura11.- La aterradora liberación del átomo.**

b) PRE-TEST



Pre-Test **Post-Test**

- 1.- ¿La luz transporta energía?
- 2.- ¿Qué es un fotón?
- 3.- ¿Cómo funciona una fotocelda?

Nota: Explica con detalle.

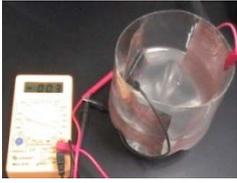
c) PRESENTACIÓN

Se construye una fotocelda con materiales sencillos y fáciles de obtener, por otro lado, se hacen arreglos con fotoceldas para estudiar el fenómeno del efecto fotoeléctrico, y medir variables como: *intensidad luminosa*, *voltaje* y *corriente*. También se construye un fotómetro.

d) PRÁCTICAS GUIADAS

Se desarrollan las cinco actividades que a continuación se describen.

ACTIVIDAD 15.- El efecto fotoeléctrico: *Construcción de una Celda Solar*



Al proponer Einstein en 1905 que, tal como la materia, la energía también se encuentra cuantizada, fue una idea genial que vino a desarrollar la mecánica cuántica. Las predicciones que Einstein hizo sobre el efecto fotoeléctrico fueron verificadas con precisión por Robert Andrews Millikan en 1914-1916, (Menchaca, 2001).

El efecto fotoeléctrico constituye una evidencia del carácter corpuscular de la luz (fotones) o, en otras palabras, de la naturaleza cuántica de la radiación. Las características del efecto fotoeléctrico que avalan dicha conclusión son:

- Existencia de una frecuencia mínima de la luz para que exista efecto fotoeléctrico.
- Existencia de una energía cinética máxima para liberar a los electrones del material.
- Ausencia de retardo entre la iluminación y la liberación de electrones por muy baja que sea la intensidad de la luz.

OBJETIVO

1. Construir una fotocelda con materiales sencillos.
2. Analizar el fenómeno del efecto fotoeléctrico comparando una fuente luminosa y la ausencia de la misma.
3. Identificar el proceso de medición de la corriente eléctrica que produce la fotocelda.

MATERIAL

- 2 Placas de cobre de 20 cm²
- Un galvanómetro o microamperímetro
- 2 cables caimán
- Una botella de plástico de 2 litros
- 200 g de sal común (NaCl)
- Una parrilla eléctrica
- Una lija para metal

15.1.- CONSTRUCCIÓN DE UNA FOTOCELDA CON OXIDO DE COBRE

En la fotocelda a construir, las placas están contenidas en un recipiente plástico el cual fue previamente llenado con solución salina, a una altura en la cual cubre parcialmente las placas. La solución salina actúa como agente conductor entre el polo negativo y el polo positivo.

1.- Cortar la botella y lijar las dos placas de cobre como se muestra en la **figura 4.84**.

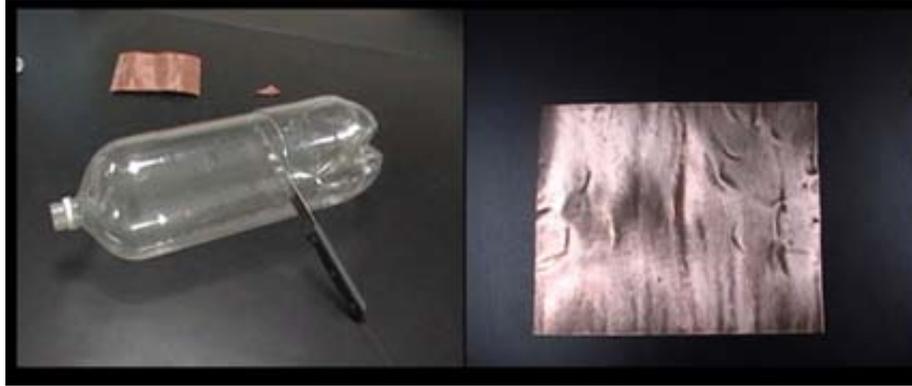


Figura 4.84.- Corte de botella y placa de cobre lijada.

2.- Acoplar las placas en la botella como se muestra en la **figura 4.85**.



Figura 4.85.- Calentamiento de la placa de cobre.

3.- Para la obtención de el oxido de cobre, tomar una placa lijada previamente, calentarla hasta que la resistencia esté al rojo vivo durante media hora en la parrilla eléctrica.

5.- Observar cómo cambia la coloración de la placa de cobre, hasta que la placa quede cubierta totalmente por una ceniza negra la cual se retira. Quitar los residuos con agua, todo esto después de que la placa este fría. Mediante este proceso se obtiene el oxido cúprico. La reacción observada durante este proceso es, **ecuación 4.30**.



6.- Observar el debilitamiento de la placa, ya que ésta toma una propiedad de maleabilidad mayor al de la placa original, esto se debe a que se pierden capas de material durante el proceso y se vuelve más delgada y más maleable, **figura 4.86**

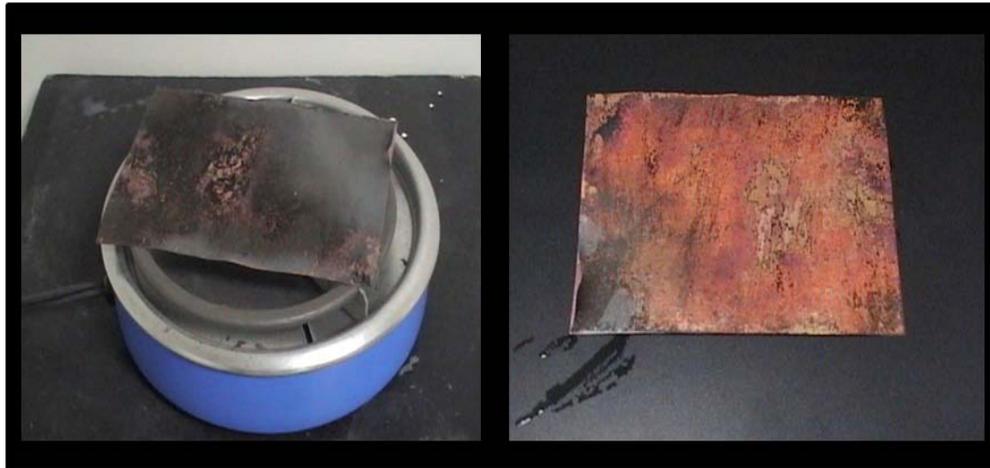


Figura 4.86.- Producción de óxido de cobre mediante calentamiento.

7.- Al entrar en contacto con la solución salina, establecen un sistema conductor, determinado por las propiedades de estos conductores por excelencia. Luego de este proceso y del previo ensamble, a las placas llega radiación electromagnética proveniente del Sol, y así, se lleva a cabo el fenómeno fotoeléctrico que permite obtener una lectura en el amperímetro, **figura 4.87.**

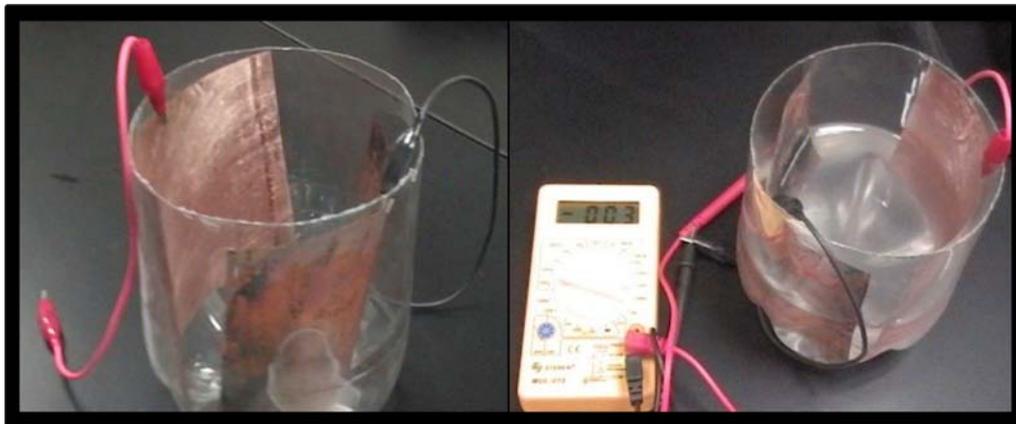


Figura 4.87.- Placas oxidada y la otra normal (izquierda) y fotocelda en la solución salina (derecha).

8.- Determinar que la intensidad del Sol varía según la hora, así, observarás que la mayor lectura registrada durante el día se llevo a cabo después del mediodía, alrededor de las 3 PM. Registra estos datos teniendo la precaución de que los rayos del Sol lleguen directamente a la placa, y así obtener una buena lectura de corriente.

9.- Diferenciar mediante el registro de la intensidad de la corriente producida en la fotocelda con diferentes horarios, **figura 4.88.**

Hora	Nublado (μA)	Soleado (μA)	Parcialmente nublado (μA)	Día completamente Soleado (μA)
10:30				
12:30				
3:30				
6:00				

Figura 4.88.- Cantidad de radiación solar durante diferentes horas

10.- Finalmente realiza lecturas con diferentes fuentes de luz como se muestra en la **figura 4.89**. Analiza cómo influye el tipo de fuente luminosa en la corriente eléctrica producida.

Fuente de Luz	Día soleado	Incandescente (foco 100 W)	Fluorescente (tubo de 20 W)	Vela
1				
2				
3				
4				
5				

Figura 4.89.- Fuentes luminosa y la fotocelda de cobre.

11.- Puedes hacer lecturas bajo diferentes condiciones de luz, durante diferentes días, y la hora en que fueron tomadas las muestras con su correspondiente lectura, **figura 4.90**.



Figura 4.90.- Fotocelda en la sombra proporciona una corriente de 1.2 mA y a la luz solar de 3.9 mA.

12.- Realizar una investigación sobre nuevos prototipos de fuentes en las cuales se pueda aprovechar la energía solar. Considerando que las condiciones meteorológicas son factores adversos al buen funcionamiento de las fotoceldas.

ACTIVIDAD 16.- Descarga de un electroscopio: *Electroscopio y luz ultravioleta.*



La luz incidente aporta una cantidad de energía sobre la superficie de una placa metálica tanto mayor cuanto más potente sea el foco o mayor el número de focos, pero aunque esta energía aumente mucho, si no es de la frecuencia adecuada, no es capaz de arrancar electrones. A más tiempo de exposición a la radiación más energía incidente y al final se produciría la extracción repentina de todos los electrones. Pero esto no sucede. La teoría ondulatoria de la luz no encuentra explicación y lo más que puede decir es que la extracción no depende “sólo” de la intensidad I de la luz incidente. Proporcionar al alumno la **lectura 12.-** *¿Hasta dónde llega la luz solar?*

OBJETIVO

Comparar el fenómeno del efecto fotoeléctrico entre dos lámparas de diferente potencia y diferente intensidad luminosa.

MATERIAL

- 1 Electroscopio
- 1 Lámina de zinc o tira de magnesio
- 1 Lámpara incandescente de 200 W
- 1 Lámpara de 60 W de luz ultravioleta (lámpara de mercurio)
- 1 Piel de conejo ó tela de seda

16.1.- DESELECTRIZACIÓN DE UN ELECTROSCOPIO

1.- Se construye un electroscopio simple con materiales caseros. Se puede usar un frasco o un soporte donde se pueda aislar un trozo de alambre del número 16 (5 cm de largo), se hacen un ganchos en cada extremo y en uno de ellos se ponen dos láminas de aluminio en el otro extremo se pone una lámina delgada (0.5 mm) de zinc o magnesio con una superficie aproximada de 3cm × 5 cm (se electriza con la piel ó la seda), **figuras 4.91.**

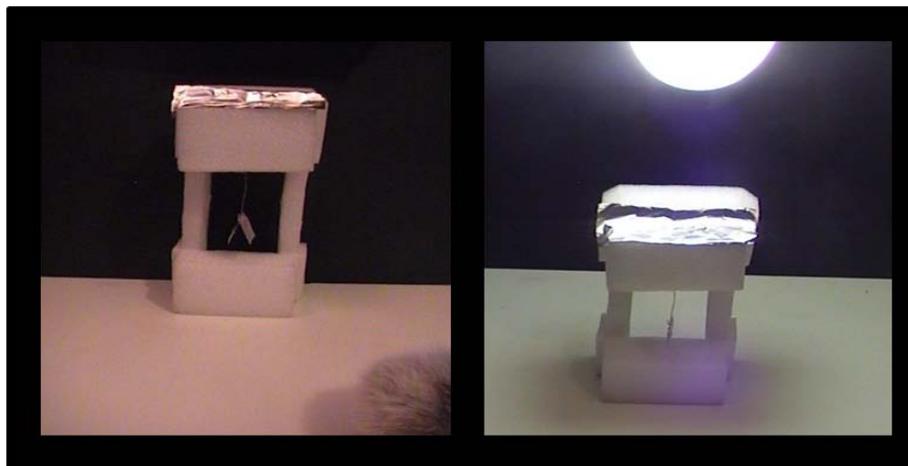


Figura 4.91.- Electroscopio cargado (izquierda) y se descarga con el haz de luz (derecha).

2.- Carga un electroscopio frotando con un trozo plástico con tela y otro electroscopio con una tira de acetato con seda.

3 Dirige la luz blanca de alta intensidad de una bombilla de 200 W hacia la placa metálica y observa que pasa.

4.- Dirige la luz ultravioleta de baja intensidad de una lámpara de vapor de mercurio de 60 watts.

5.- Indica en la siguiente tabla si el electroscopio se descargó o no durante los correspondientes ensayos con las diferentes lámparas, **figura 4.92**.

	Luz visible brillante (200 W)	La luz ultravioleta (60 W)
Electroscopio cargado negativamente		
Electroscopio cargado positivamente		

Figura 4.92.-Datos obtenidos al descargar el electroscopio con las dos fuentes de luz.

6.- La **figura 4.93**, indica la forma de electrizar un cuerpo por **frotamiento**. Al frotar el globo con la piel, el globo queda cargado negativamente y después cargamos por **contacto** la placa de zinc o magnesio del electroscopio y que después vamos a deselextrizar con el haz de luz adecuado.



Figura 4.93.- Electrización por frotamiento de un globo.

ACTIVIDAD 17.- Circuito fotoeléctrico *Arreglo de fotoceldas y el motor fotoeléctrico*



La cantidad total de radiación solar (directa y reflejada) que se recibe en un punto determinado del planeta, sobre una superficie de 1 m^2 , para un determinado ángulo de inclinación entre la superficie colectora y la horizontal del lugar, recibe el nombre de **insolación**.

Se usan diferentes unidades para expresar el valor de la insolación de un lugar. La más conveniente para esta actividad es el kilowatt-hora por metro cuadrado (KWh/m^2), o su valor equivalente en miliwatt-hora por centímetro cuadrado (mWh/cm^2). Se proporcionar la **lectura 12.- Energías verdes**.

OBJETIVO

1.- Identificar cómo funciona una fotocelda, las características de la luz que hace posible que funcione y comparar un arreglo en serie y otro en paralelo en términos de voltaje (**V**) y corriente eléctrica (**I**) que producen.

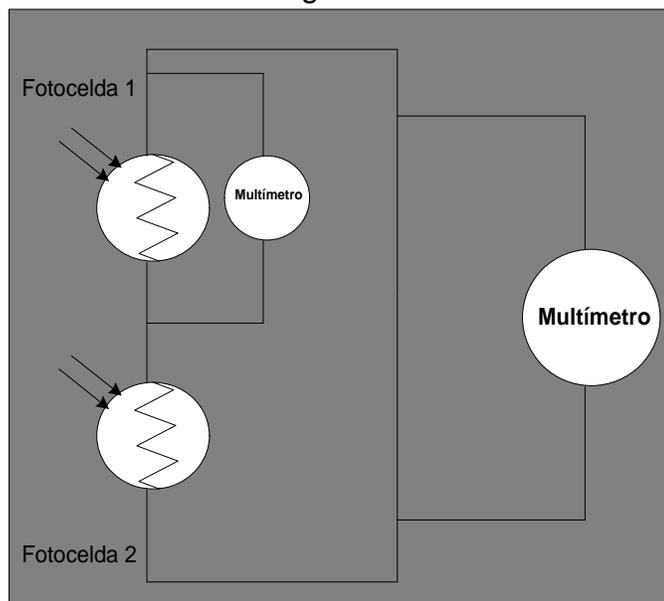
MATERIAL

- 2 fotoceldas
- 8 cables caimán
- Diferentes fuentes de luz
- 2 m de alambre del número 18
- 1 Multímetro

17.1.- ARREGLO DE FOTOCELDAS EN SERIE Y EN PARALELO

1.- Instalar dos fotoceldas en serie y armar un circuito, **figura 4.94**. Medir el voltaje en cada fotocelda y la corriente que se obtiene con este arreglo.

Figura 4.94.- Arreglo de dos fotoceldas en serie



2.- Instalar dos fotoceldas en paralelo y armar el circuito, **figura 4.95**. Medir el voltaje en cada fotocelda y también la corriente que se obtiene con este arreglo,

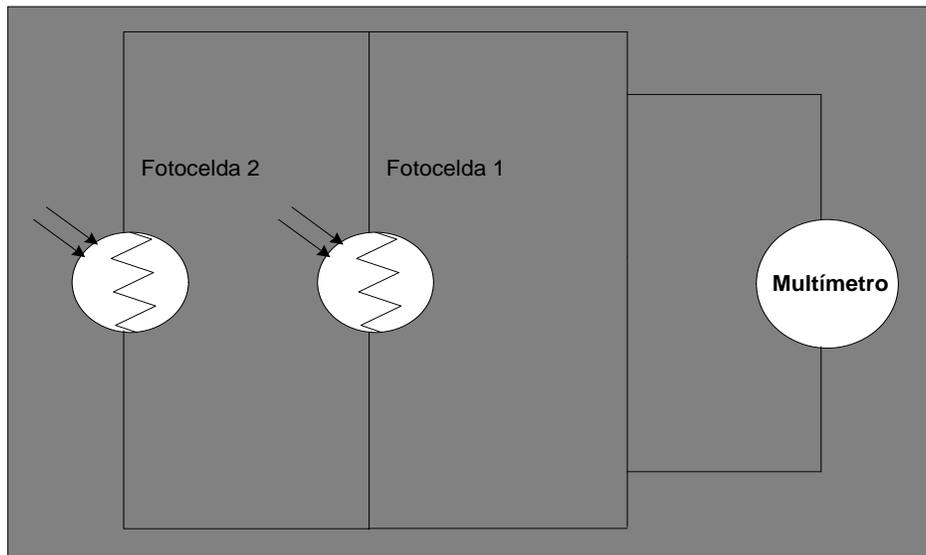


Figura 4.95.- Arreglo de dos fotoceldas en paralelo.

3.- Comparar ambos circuitos e indicar cuál es el más eficiente y por qué, **figura 4.96**.

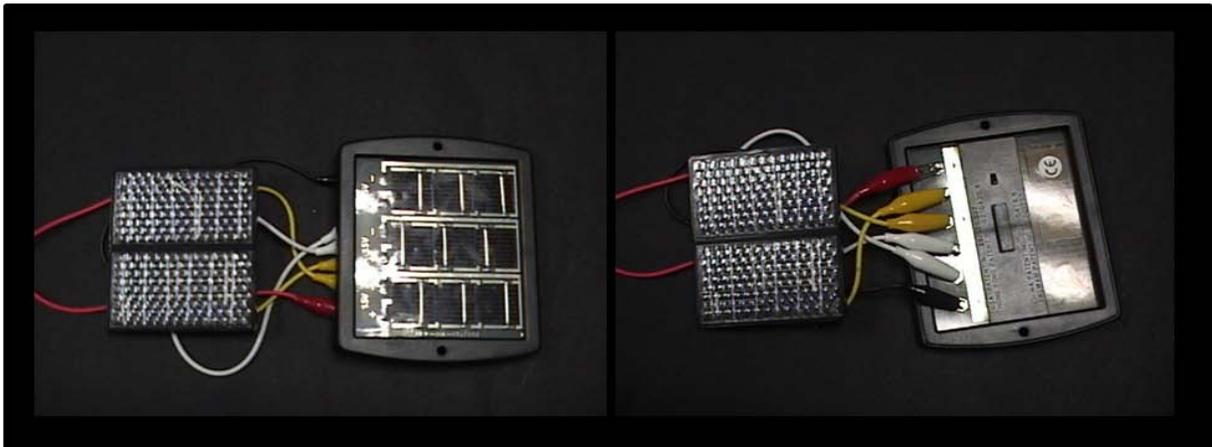


Figura 4.96.- Ejemplo de fotoceldas comerciales para fines educativos utilizadas.

4.- Recordar que varios módulos de fotoceldas se pueden conectar en serie o en paralelo para tener arreglos fotovoltaicos que producen corriente directa (CD) de acuerdo a las necesidades de energía eléctrica.

5.- Considerar que mientras más celdas se instalen mas electricidad se genera. En **serie** se incrementa el **voltaje** y en **paralelo** se incrementa la **corriente eléctrica**.

6.- La incidencia directa de la radiación solar a la fotocelda es muy importante para la máxima eficiencia y así tener siempre el mayor voltaje entre las terminales de la celda. Para esto se utilizan sistemas seguidores para apuntar directamente al Sol durante todo el día y así recibir siempre la máxima incidencia en la celda.

ACTIVIDAD 18.- Aplicaciones tecnológicas: *El motor fotoeléctrico*



La energía de la luz solar puede convertirse en otras formas de energía que permitan transportarla y distribuirla fácilmente. Las placas solares que se pueden observar en algunas señales de tráfico, farolas o viviendas están formadas por fotoceldas que convierten la luz del Sol en electricidad, permitiendo que una bombilla se ilumine, mover un motor eléctrico, etc. Una fotocelda puede estar formada por diferentes materiales como: una lámina

de oro o plata, silicio y una base de hierro niquelado. Se proporciona a los estudiantes la lectura: **lectura 17.- Tecnologías y efecto fotoeléctrico.**

OBJETIVO

1. -Construir un motor utilizando como fuente de energía una fotocelda.

MATERIALES

- 1 Fotocelda
- 1 m de alambre magneto del numero 24
- 2 Cables con quijada caimán
- 1 Imán y dos clips
- 1 Vaso de unicel o plastilina como soporte del motor.
- 1 Tubo cilíndrico de 2 cm de diámetro
- Papel de lija fino

18.1.- FOTOCELDA Y UN MOTOR

- 1.- Arma un circuito con una fotocelda, los cables y el motor.

La **figura 4.97** muestra un estudiante con una gorra que tiene un ventilador (motor) que funciona con una fotocelda que está en la parte superior de la gorra.

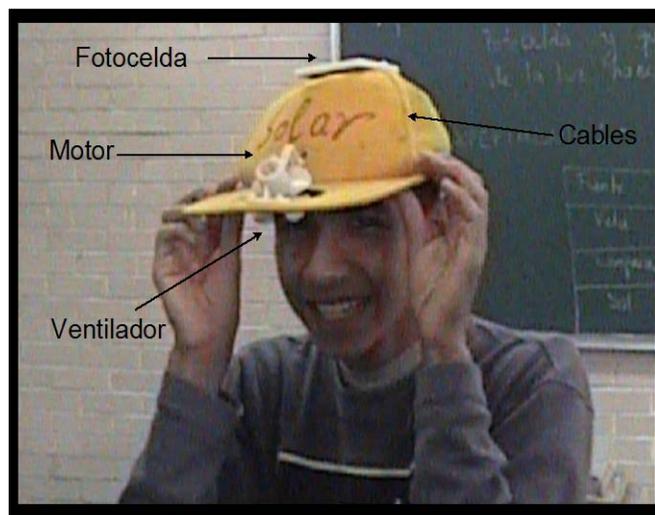


Figura 4.97.- Un motor fotoeléctrico en una gorra para ventilación.

2.- Enrollar los 20 cm de cable magneto en el tubo cilíndrico para obtener una espira con 10 vueltas, quitar el tubo. Dejar un sobrante y envolver los dos extremos alrededor de la bobina para fijarla y extienda los dos extremos perpendicularmente a la bobina.

3.- Lijar un extremo de los alambres de la bobina y quitar totalmente el aislante del cable. El otro extremo lijar suavemente sólo por la parte superior para eliminar el aislamiento de la mitad superior del cable.

4.- Doblar los dos clips de tal forma que se pueda colocar sin caer la bobina. Sujetar la bobina con los clips sobre plastilina o un vaso de unicel. Conectar los dos cables con caimanes, uno a cada clip y después a las terminales de la fotocelda.

4.- Poner el imán por debajo de la bobina sin que roce y centrarlo. Colocar diferentes fuentes de luz para hacer que funcione el motor.

5.- Medir con un multímetro el voltaje que le proporciona la fotocelda al circuito. Como se muestra la **figura 4.98**.

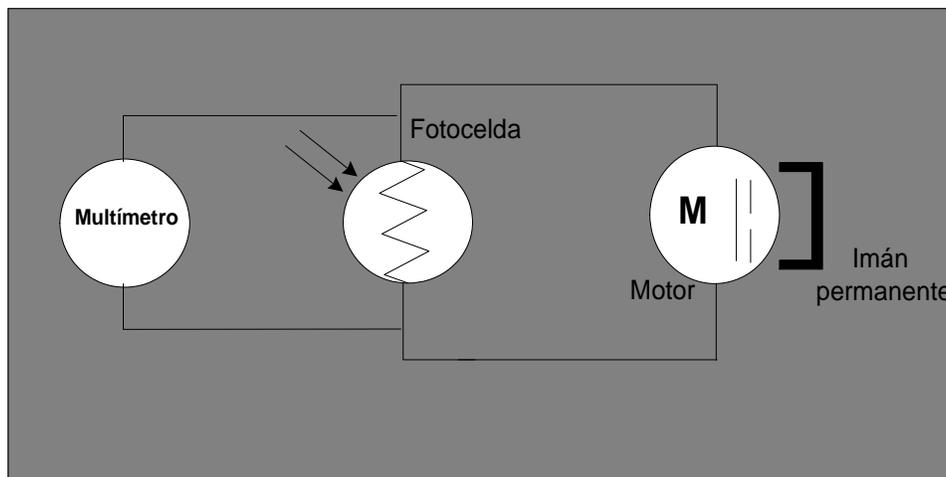


Figura 4.98.- Diagrama del motor con una fotocelda.

ACTIVIDAD 19.- Aplicaciones tecnológicas: *Fotorresistencias*



Una fotorresistencia es un componente electrónico cuya resistencia disminuye con el aumento de intensidad de luz incidente. Puede también ser llamado fotorresistor, fotoconductor, célula fotoeléctrica o resistor dependiente de la luz, cuyas siglas son LDR (light-dependent resistor). Un fotorresistor está hecho de un semiconductor de alta resistencia. Si la luz que incide en el dispositivo es de alta frecuencia, los fotones son absorbidos dando a los electrones la suficiente energía para saltar la banda de conducción. El electrón libre que resulta conduce electricidad de tal modo que disminuye la resistencia.

OBJETIVO

1. Construir una maqueta utilizando una fotorresistencia como una aplicación del efecto fotoeléctrico.

MATERIALES

- 1 Rectificador controlado de silicio (SCR). Para que conduzca la corriente eléctrica es necesario polarizarlo aplicando (+) en el ánodo y el negativo (-) en el cátodo. Además de positivo en el Gate (compuerta).
- 1 Fotorresistencia (LDR)
- 1 Potenciómetro (P1)
- 1 Puente de diodos (Rect.)
- 1 Transformador (T1) 120V a 12V
- 8 Focos (f1, f2,....., fn) que al aplicarles una corriente producen luz.

A continuación se da una breve explicación del funcionamiento de la maqueta del alumbrado público.

19.1.- FOTORRESISTENCIA EN UNA MAQUETA DE ALUMBRADO PÚBLICO.

1.- Construir una maqueta utilizando una fotorresistencia como se muestra en la **figura 4.99**, de acuerdo al diagrama de la **figura 4.100**.



Figura 4.99.- Maqueta que funciona con una fotorresistencia.

2.- Al aplicar 120V a través de la clavija. Estos llegarán al transformador de bajada el cual los reduce a 12V; y están conectados a un rectificador tipo puente que entrega 12V. El polo positivo se conecta directamente a los focos que están en un arreglo en paralelo, uno de los extremos y del otro al ánodo del SCR. El cátodo va conectado directamente al negativo de la fotorresistencia (LDR), una punta va al negativo, el otro polo va al Gate de SCR y al potenciómetro, el otro extremo de este va al positivo. Cuando llega la luz, la RDL reduce su resistencia interna, reduciendo el voltaje del Gate del SCR, en estas condiciones el SCR permanece abierto (no conduce) entre el cátodo y el ánodo por consiguiente los focos conectados en paralelo permanecerán apagados. Cuando desaparece la luz en la fotorresistencia (LDR), **figura 4.101**, su resistencia interna aumenta haciendo que el voltaje que viene del potenciómetro pasa directamente al Gate y haga funcionar (conduce), por tal razón los focos se iluminan.

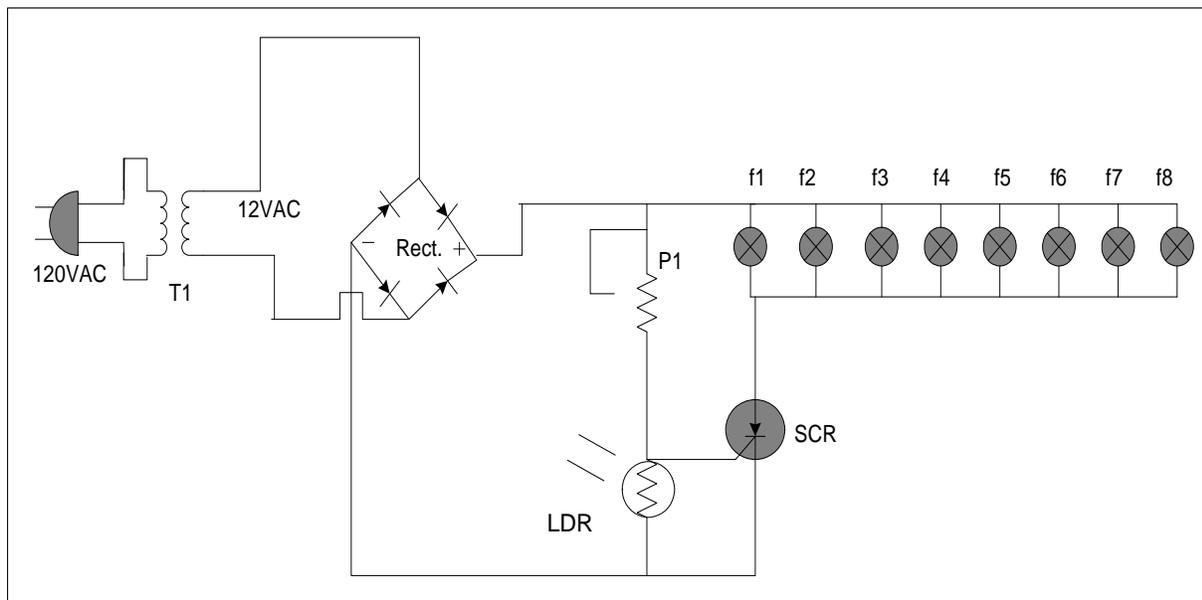
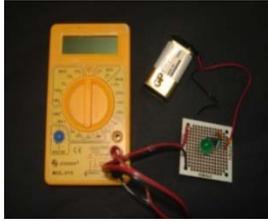


Figura 4.100.- Circuito de la maqueta de alumbrado público.



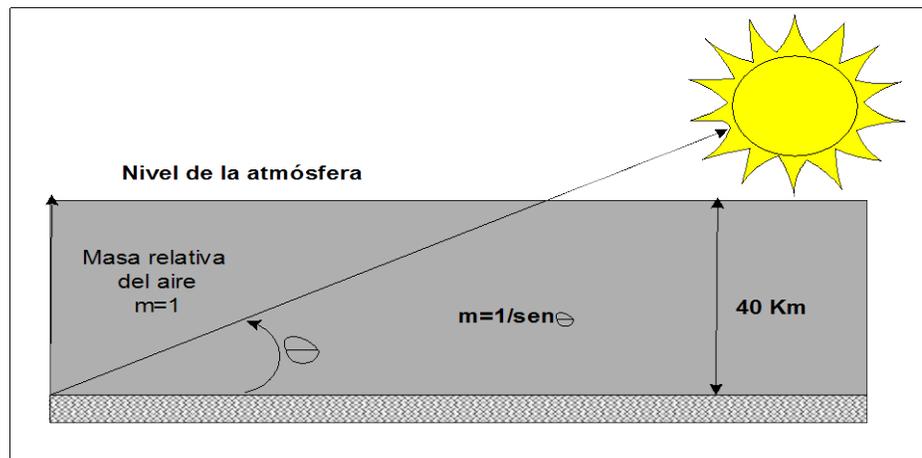
Figura 4.101.- Circuito utilizado para la construcción de la maqueta que tiene un resistor dependiente de la luz (fotorresistencia).

ACTIVIDAD 20.- Medición del espesor óptico: Construcción de un fotómetro.



Las moléculas y líquidos, o partículas sólidas suspendidas en la atmósfera (aerosoles), dispersan y absorben la luz solar. Estos efectos de dispersión y absorción de la luz solar directa por las moléculas, se puede calcular teóricamente como función de la longitud de onda de la luz. La reducción del espectro de la luz a una longitud de onda particular se debe a la dispersión y absorción de los aerosoles en la atmósfera, **figura 4.101**.

Figura 4.101.- Ángulo de elevación del Sol y la masa de aire relativa. El 99% de la atmósfera está por debajo de los 30 Km.



OBJETIVO

1. Construir un fotómetro para poder medir aerosoles en la atmósfera mediante la aplicación de la ley de Lambert/Beer/Bouguer utilizando un LED como detector de fotones.
2. Calcular teóricamente los efectos de dispersión y absorción de la luz solar producido por las moléculas, partículas suspendidas en la atmósfera, etc., como función de la longitud de onda de la luz.
3. Investigar algunos efectos climáticos que producen los aerosoles en la atmósfera

¿Cómo definimos un Aerosol?

Los aerosoles son las partículas presentes en la atmósfera, que están suspendidas y son producidas por las industrias, las concentraciones urbanas, los polvos saharianos (desiertos), los volcanes o los incendios forestales, entre otros. El aerosol influye en el cambio climático y juega un papel protagonista en la calidad del aire, y por lo tanto es responsable de numerosos efectos relacionados con el deterioro del medio ambiente y en particular de la salud humana.

Lo relevante del aerosol, es que mientras los gases de efecto invernadero retienen la emisión de radiación infrarroja del planeta y hacen que la Tierra se caliente, los aerosoles, al reflejar parte de la radiación solar hacia el espacio, tendrían el papel contrario de enfriamiento.

MATERIALES

- 3 LEDs (amarillo, rojo y verde)
- 1 Pila de 9 V
- 1 m de Alambre del numero 20
- 2 Capacitores (220 pf y 0.1 μ f)
- 1 Resistencia 2.2 M Ω

20.1.- CONSTRUCCIÓN DE UN FOTÓMETRO

1.- Las mediciones de aerosoles es una aplicación de la ley de Lambert/Beer/Bouguer. Frederick Volts (1974) desarrollo los primeros fotómetros basados en filtros interferométricos, y Mims (1992) fue el primero en usar LEDs como detectores en los fotómetros solares. La **figura 4.102**, muestra el circuito básico, donde un LED está conectado a un amplificador que convierte la pequeña corriente que genera, a un voltaje, y lo amplifica. La ganancia típica del amplificador es del orden de uno a dos volts para la luz solar muy intensa.

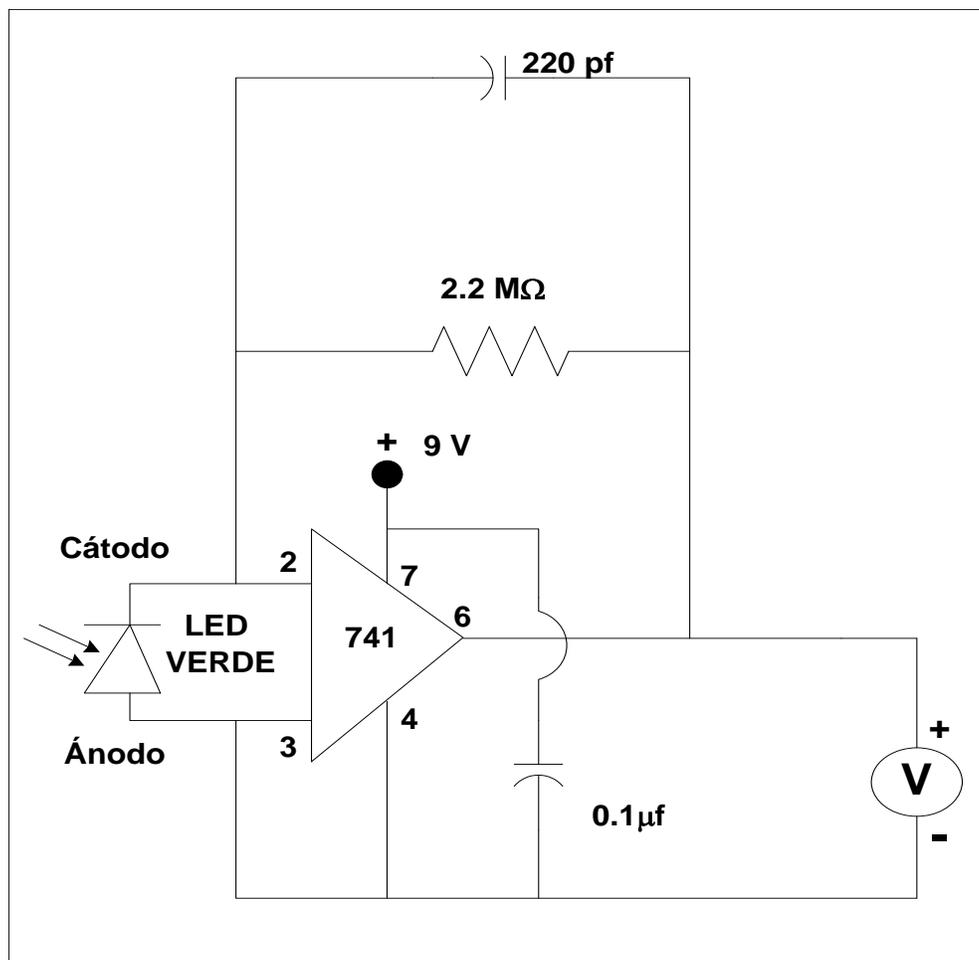


Figura 4.102.- Circuito del fotómetro.

2.- El fotómetro que se propone para construir tiene un canal en el espectro visible en los alrededores de 525 nm. La **figura 4.103**, se muestra su respuesta, la cual es desafortunadamente muy ancha para hacer estudios precisos.

3.- El voltaje de salida del amplificador es proporcional a la cantidad de luz solar que incide en el LED, **ecuación 4.31**.

$$V = V_0 \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 \times e^{-[\alpha_a + \alpha_R \left(\frac{p}{p_0}\right)]m} \dots\dots\dots (4.31)$$

$V =$ Voltaje.

$V_0 =$ Voltaje a una distancia Sol – Tierra (1 UA)

$r =$ distancia del Sol – Tierra en el momento de la medición

$r_0 =$ distancia de la Sol – Tierra a 1UA

$\frac{r_0}{r} =$ la razón para 1UA

$\frac{p}{p_0} =$ la razón de la presión barométrica en el lugar de la observación

Presión estándar a nivel del mar es de 1013.25 mbar

$m =$ masa relativa de aire

$\alpha_a =$ Espesor óptico total

$\alpha_R =$ Dispersión de Rayleigh

Despejando el espesor óptico por aerosoles α_a , se tiene de la **ecuación 4.32**:

$$\alpha_a = \left[\ln \left(V_0 \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 \right) - \ln(V) - \alpha_R \left(\frac{p}{p_0} \right) m \right] / m \dots\dots\dots 4.32$$

Donde r es la distancia Sol-Tierra en el momento de hacer las mediciones, r_0 es la distancia promedio Sol-Tierra (1 unidad astronómica) y p/p_0 e la razón de la presión barométrica en un determinado lugar de observación y la presión estándar a nivel del mar (1013.25 mbar).

4.- La calibración del instrumento es el voltaje de salida que se produciría si no hay atmósfera entre el detector y el Sol y estando la Tierra a una unidad astronómica del Sol. Si con el fotómetro vemos al Sol a través de varias masas de aire y el espesor óptico total no cambia, entonces el logaritmo del voltaje del instrumento es proporcional a la masa de aire. Haciendo un ajuste lineal de los datos, la intersección de esta línea con el eje y , donde $m = 0$, es el logaritmo del voltaje que se produciría si no hubiera atmósfera. Esta gráfica se conoce como gráfica de calibración Langley, quien desarrolló esta técnica de calibración.

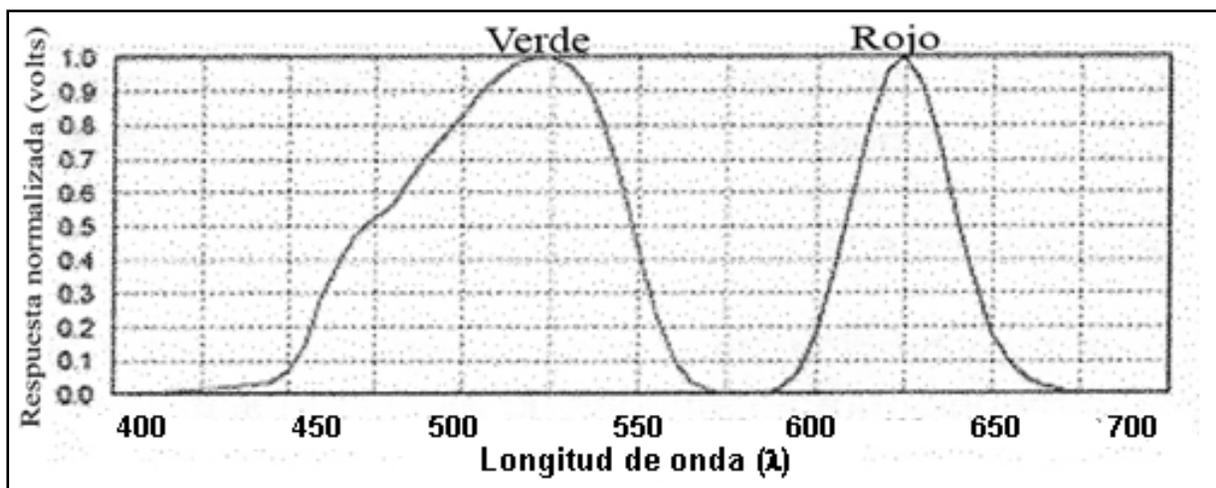


Figura 4.103.- Ejemplo de la respuesta espectral normalizada de dos LEDs, uno verde y otro rojo.

5.- Para lograr una buena calibración, es importante tener un espesor óptico total que sea constante por lo menos durante algunas horas, y esta situación en general es difícil de tener. La **figura 4.104**, muestra un ejemplo donde el logaritmo del voltaje en $m=0$ es 0.62238. Esto da un voltaje de 1.86336V. El valor V_0 deberá normalizarse a una distancia Sol-Tierra promedio (1 UA). Por ejemplo el día 21 de junio, la distancia Sol-Tierra es de 1.01631 UA. La intensidad de radiación del Sol, y por lo tanto también el voltaje, varía como el cuadrado de la distancia Sol-Tierra, es decir:

$$V_0 = (1.86336) (1.0111631)^2 = 1.92464$$

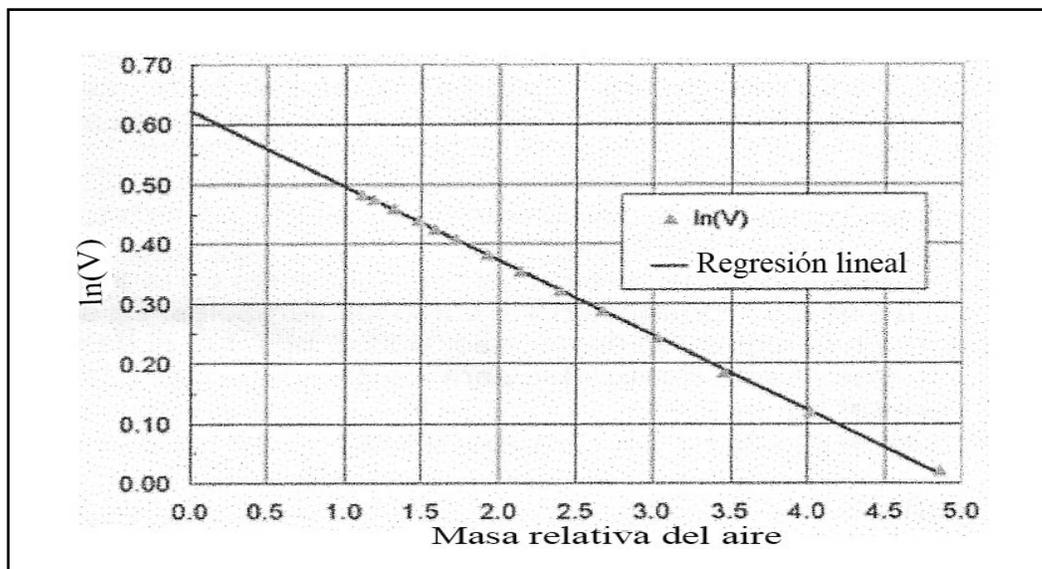


Figura 4.104- Ejemplo de una gráfica de calibración de un fotómetro.

Si el fotómetro estuviera a 1UA del Sol, el voltaje sería menor que el que se obtuvo el 21 de junio. El término dispersión de Rayleigh α_R , depende de la longitud de onda a la que corresponde el LED, y es igual a 0.138 para el LED verde, **figura 4.105**.

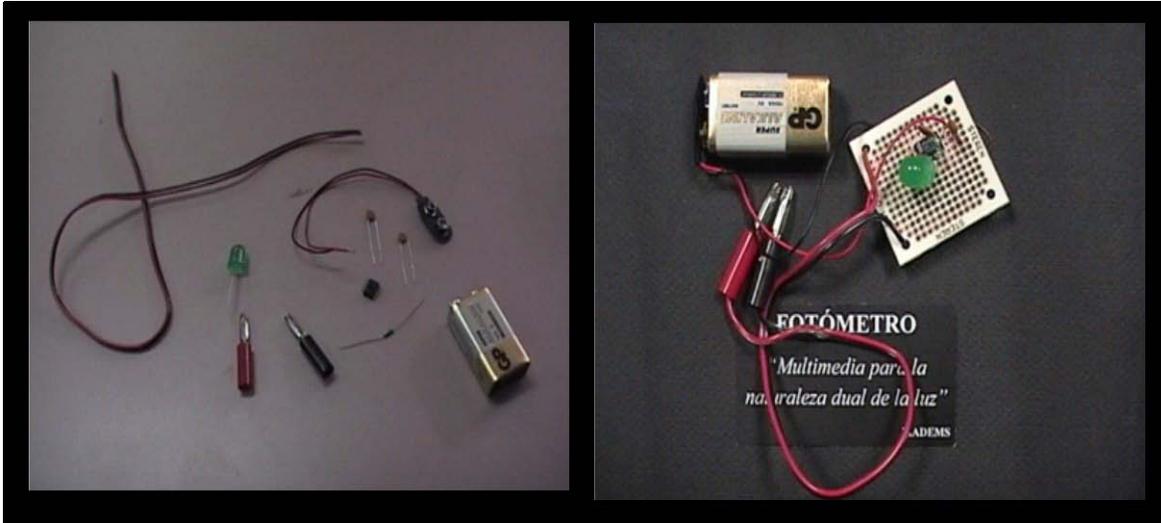


Figura 4.105- Material y el fotómetro terminado.

6.- Los otros términos que aparecen en la expresión de α_R , y que corresponden al espesor óptico total α , dependen de las condiciones en las que se hagan las mediciones. El valor del voltaje que debe registrarse es el valor medido, menos el voltaje medido en ausencia de luz. La razón r_0/r es la razón de una UA, a la distancia de la Tierra al Sol en UA, en el momento de hacer mediciones. La razón p/p_0 , se puede determinar con un barómetro o, de manera aproximada conociendo la altura sobre el nivel del mar del lugar donde se hacen las mediciones

7.- Hay una simplificación al considerar que el espesor óptico total depende sólo de la dispersión molecular de Rayleigh y de los aerosoles. Esta simplificación es útil porque conceptualmente separa las contribuciones de la atmósfera “natural” (molecular) de los “contaminantes” como los aerosoles. La contribución que no se consideró en la expresión del espesor óptico total, fue debido a la absorción de ozono y otros gases. En realidad para hacer mediciones sobre todo de ozono se requiere usar equipo costoso. Al hacer mediciones en días muy claros y limpios, los errores al no considerar esta contribución son grandes.

La **figura 4.106** permite ver un haz de radiación paralelo antes y después de pasar por una celda de espesor b que contiene una disolución absorbente de concentración c , teniendo lugar la atenuación de la intensidad de la radiación; ($P_0 > P$) como consecuencia de la interacción entre los fotones y las partículas absorbentes.

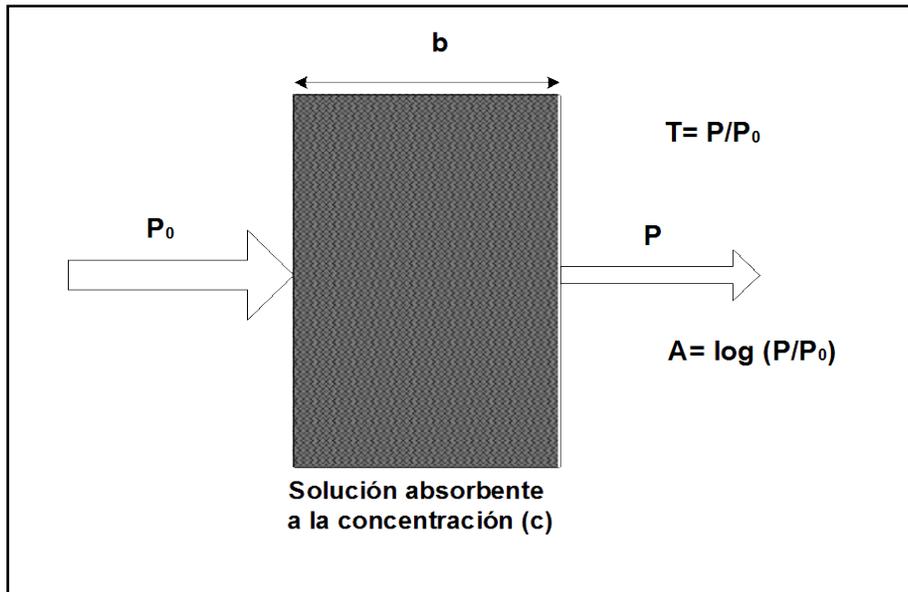


Figura 4.106- Atenuación de un haz de radiación por una solución absorbente.

e) REPRESENTACIONES. La **figura 4.107** muestra los recursos que se integraron al multimedia:

LECTURAS	VIDEOS	ANIMACIONES	INTERNET
14.- Chatarra cuántica y Física Cuántica	1.- Motor fotoeléctrico	1.- El efecto fotoeléctrico	http://www.educaplus.org/index.php http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2002/08jan_sunshine.htm
15.- Einstein	2.- Fococelda de cobre	2.- Experimento de Rutherford	http://www.granadahoy.com/article/ocio/158394/aerosol/y/cambio/climatico.html
16.- ¿Hasta dónde llega la luz solar?			http://www.montes.upm.es/Dptos/DptoIngForestal/OperacionesBasicas/Docencia/PDF/Temas/TEMA7.pdf

Figura 4.107- Recursos de apoyo para la sección de fotoceldas.

f) RETROALIMENTACIÓN

Todos los recursos para esta sección V están organizados y sistematizados en el multimedia.

g) POST-TEST

Finalmente se realizan las tres preguntas generadoras y se comparan las respuestas y se valora si hubo avances significativos en la comprensión de los contenidos sobre la naturaleza corpuscular de la luz.

h) CRITERIOS DE CONTROL

Además de comparar el PRE-TEST y el POST-TEST se consideran otros criterios de control para esta sección del **Anexo A**. Es necesaria la validación de este material con otros maestros y alumnos.

CAPÍTULO V

PRÁCTICA DOCENTE

En este capítulo se presenta una descripción de las actividades desarrolladas en la Práctica Docente I, II y III, después los resultados obtenidos de la aplicación de la propuesta didáctica y finalmente el análisis de estos resultados.

La Prácticas Docente se desarrollaron en dos instituciones diferentes: el Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Oriente, Universidad Nacional Autónoma de México y en la Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo.

La **Práctica Docente I** se realizó en el curso de **Física I** en el C.C.H. Oriente.

Las actividades realizadas en esta práctica docente fueron:

- Diseñar y probar algunos de los recursos que se integrarían posteriormente al multimedia
- Aprender a usar la computadora como herramienta didáctica.
- Aprender a usar una interfase (Lab-Pro), el software (Logger-Pro) y varios sensores: de movimiento, de intensidad luminosa, de presión, etc., todos de la marca Vernier, que aunque su uso podría parecer muy sencillo, requiere invertir tiempo para conocer sus características y tomar adecuadamente los datos, para después analizarlos correctamente.

Esto fue de gran utilidad ya que permitió integrar estos recursos en la propuesta para el estudio de los temas sobre la naturaleza dual *onda-partícula* de la luz directamente con los alumnos.

La **Práctica Docente II** se realizó durante el curso de **Física II** en la Preparatoria Agrícola de la UACH. Se trabajaron las secciones de “**Ondas, luz e interferencia**” y “**Espectro electromagnético**” que corresponden a la *teoría ondulatoria* de la luz del material didáctico de la tesis. Parte de estos temas corresponden a los contenidos que se estudian en el segundo año de la preparatoria de la UACH, en el curso de Física II.

Las actividades realizadas en esta práctica docente fueron:

- Diseño de actividades experimentales, considerando el comportamiento ondulatorio de la luz.
- Organización de estas actividades experimentales, para que formaran parte de una propuesta didáctica para estudiar la naturaleza ondulatoria de la luz.
- Prueba y realización de estas actividades experimentales con el grupo, además de videograbarlas para que se integraran posteriormente al multimedia.

- Se recopiló material de lectura, además de fuentes bibliográficas básicas para que los profesores y alumnos la consultaran: libros, revistas de divulgación, páginas web, etc.
- Se rediseñaron las actividades con los sensores y se utilizaron solamente los de: intensidad luminosa y sonido.
- Se recopilaron imágenes de diversas fuentes, se tomaron fotografías digitales de: experimentos, equipo, etc., que posteriormente se integrarían al multimedia.

La **Práctica Docente III** se realizó durante el curso de Física III en la Preparatoria Agrícola, UACH. Se trabajaron las otras tres secciones: “**Espectros de Emisión**”, “**Fuentes de luz**” y “**Fotoceldas**” que corresponden a la *teoría cuántica* de la luz.

Las actividades realizadas en esta práctica docente fueron:

- Diseño de actividades experimentales, considerando el comportamiento corpuscular de la luz.
- Organización de estas actividades experimentales, para que formaran parte de una propuesta didáctica para el estudio de la naturaleza corpuscular de la luz.
- Prueba y realización de estas actividades experimentales con el grupo, además de videograbarlas para que se integraran posteriormente al multimedia.
- Aprender el programa flash con dos fines distintos:
 - Diseñar el multimedia con él, ya que permite tener los materiales en varios formatos .swf, película publicada en formato de flash compacto que requiere el software (flash) para que pueda verse en una computadora; exe, que es un binario que corre sin necesidad de este software, ambos en ambiente windows; y HTML, que es independiente de la plataforma (windows, Linux, etc.), lo cual permite verse en una página web.
 - Diseñar algunas animaciones para mostrar el comportamiento corpuscular de la luz.
- Se integró todo el material multimedia y se probó con los alumnos.

5.1 RESULTADOS

Con base en la rúbrica del **capítulo I (Figura 1.16)**, se hizo un seguimiento de las respuestas de los alumnos a las preguntas generadoras de cada sección. Las actividades se desarrollaron durante las Prácticas Docentes II y III, correspondieron a los cursos de Física II y III.

En la **Práctica Docente II**, se estudiaron temas del curso de **Física II** correspondientes a la *teoría ondulatoria de la luz* y tiene que ver con las dos primeras secciones del material didáctico: **Sección I.- Ondas, Luz e Interferencia** y la **Sección II.- El espectro electromagnético**.

En la **Práctica Docente III**, se estudiaron temas del curso de **Física III** correspondientes a la *teoría cuántica de la luz* y tiene que ver con las tres últimas secciones del material didáctico: **Sección III.- Espectros de Emisión**, la **Sección IV.- Fuentes de Luz** y **Sección V.- Fococeldas**. Los resultados de los avances en cada una de las secciones de material didáctico se muestran a continuación.

En la **tabla 5.1**, se muestran los resultados de las preguntas generadoras de la **Sección I.- Ondas, Luz e Interferencia**, que corresponden a la unidad 3 de la materia de Física II.

CRITERIOS	PRE-TEST (25 ALUMNOS)		POST-TEST (25 ALUMNOS)	
	Número de alumnos	Porcentaje de alumnos	Número de alumnos	Porcentaje de alumnos
<i>Excelente manejo de los conceptos</i> (10)	0	0%	6	24%
<i>Respuestas competentes sobre los conceptos</i> (8-9)	2	8%	9	36%
<i>Defectos menores en los conceptos</i> (7)	4	16%	5*	20%
<i>Serios defectos en los conceptos</i> (6)	8	32%	3**	12%
<i>Intentos no efectivos para dar respuestas</i> (5-0)	10	40%	2***	8%
<p>*Son los alumnos que pueden consultar los multimedios para retroalimentar los conceptos **Son los alumnos que deben repetir parte de la sección de manera individual con la ayuda de los multimedios. *** Son los alumnos que debe repetir todas la sección con la supervisión del maestro y la ayudad de los multimedios.</p> <p>Nota: Los que no tienen asterisco pueden pasar a la siguiente sección directamente.</p>				
<p>PREGUNTAS:</p> <p>1.- ¿Qué es una onda? 2.- ¿Qué caracteriza a una onda? 3.- ¿Qué fenómenos se pueden observar en una onda?</p>				

Tabla 5.1.- Rúbrica para evaluar las preguntas de la sección de Ondas, Luz e Interferencia.

El estudio de los resultados muestra que no existe un manejo adecuado de los conceptos básico por parte de la mayoría de los alumnos, ya que algunos ejemplos a las respuestas en la evaluación diagnóstica (PRE-TEST) fueron:

1.- ¿Qué es una onda?

- Son las revoluciones de un cierto tiempo
- Una curva que tiene muchas características
- Una curva que lleva un mensaje

2.- ¿Qué caracteriza una onda?

- Su tamaño y su forma
- Son curvas y tienen varias partes y formas
- Puede tener longitud y tiempos

3.- ¿Qué fenómenos se pueden observar en una onda?

- Ruido, luz y reflexión
- Reflexión y son curvas
- Refracción de la luz y lo que sucede con los colores

Al hacer nuevamente las preguntas, se observó un avance significativo en cuanto a los porcentajes de los criterios entre el PRE-TEST y el POST-TEST, como se muestra en la **tabla 5.1**.

En la **tabla 5.2**, muestran los resultados de las preguntas generadoras de la **Sección II.- El espectro electromagnético**, que corresponden a la unidad 4 de la materia de Física II. Cabe notar aquí, que se tiene un manejo adecuado de los conceptos básico por parte de la mayoría de los estudiantes. Ya que las actividades desarrolladas en la sección anterior están perfectamente conectada con la sección II. Estas dos secciones corresponden a la *teoría ondulatoria de la luz* del material didáctico. Los estudiantes con que se trabajó tienen las edades entre 16 y 17 años, corresponden al segundo año de la Preparatoria Agrícola de la UACH y son grupos mixtos de mujeres y hombres con 30% mujeres y 70 % hombres (para este grupo).

El estudio de los resultados muestra que no existe un manejo adecuado de los conceptos básico por parte de la mayoría de los alumnos, ya que algunos ejemplos a las respuestas en la evaluación diagnóstica (PRE-TEST) fueron:

1.- ¿Qué es una onda electromagnética?

- Viaja longitudinalmente por medio de cables
- Viaja perpendicularmente llevando materia en paquetes
- Tienen que ver con la energía eléctrica y el magnetismo

2.- ¿Qué tipos de ondas electromagnéticas conoces?

- La energía eléctrica y las microondas
- La luz blanca, los rayos ultravioleta y los colores
- Las de radio y televisión

3.- ¿Qué diferencia hay entre la propagación de una onda sonora y una onda de radio?

- En que una tiene perturbaciones y la otra no las tiene
- La sonora es longitudinal y las de radio son electromagnéticas
- Unas son ondas sonoras y las otras de luz

CRITERIOS	PRE-TEST (25 ALUMNOS)		POST-TEST (25 ALUMNOS)	
	Número de alumnos	Porcentaje de alumnos	Número de alumnos	Porcentaje de alumnos
<i>Excelente manejo de los conceptos</i> (10)	6	24%	8	32%
<i>Respuestas competentes sobre los conceptos</i> (8-9)	8	32%	10	40%
<i>Defectos menores en los conceptos</i> (7)	5	20%	5*	20%
<i>Serios defectos en los conceptos</i> (6)	4	16%	2**	8%
<i>Intentos no efectivos para dar respuestas</i> (5-0)	2	8%	0***	0%

*Son los alumnos que pueden consultar los multimedios para reforzar los conceptos.
 **Son los alumnos que deben repetir parte de la sección de manera individual con la ayuda de los multimedios.
 *** Son los alumnos que debe repetir todas la sección con la supervisión del maestro y la ayudada de los multimedios.

Nota: Los que **no** tienen asterisco pueden pasar a la siguiente sección directamente.

PREGUNTAS:

- 1.- ¿Qué es una onda electromagnética?
- 2.- ¿Qué tipos de ondas electromagnéticas conoces?
- 3.- ¿Qué diferencia hay entre la propagación de una onda sonora y una onda de radio?

Tabla 5.2.- Rúbrica para evaluar las preguntas de la sección del Espectro electromagnético.

En la **tabla 5.3**, se muestran los resultados de las preguntas generadoras de la **Sección III.- Espectros de emisión**, que corresponden a la unidad 3 de la materia de Física III. Cabe notar aquí, que no se tiene un manejo adecuado de los conceptos básico por parte de la mayoría de los estudiantes, debido principalmente porque dejan de tener contacto con la materia de física un año completo, y por otro lado, las actividades desarrolladas en las siguientes secciones corresponden a la *teoría cuántica de la luz*. Por lo que, las secciones anteriores dieron la base de conceptos clásicos necesarios para el estudio de los conceptos cuánticos, que son nuevos para el alumno

y el material didáctico permite que los estudiantes consulten las actividades de las **Secciones I y II**.

Los estudiantes con que se trabajo tienen las edades entre 17 y 18 años, corresponden al tercer año de la Preparatoria Agrícola de la UACH y son grupos mixtos de mujeres y hombres con 70% mujeres y 30 % hombres (para este grupo).

CRITERIOS	PRE-TEST (25 ALUMNOS)		POST-TEST (25 ALUMNOS)	
	Número de alumnos	Porcentaje de alumnos	Número de alumnos	Porcentaje de alumnos
<i>Excelente manejo de los conceptos</i> (10)	0	0%	3	12%
<i>Respuestas competentes sobre los conceptos</i> (8-9)	0	0%	5	20%
<i>Defectos menores en los conceptos</i> (7)	7	28%	7*	28%
<i>Serios defectos en los conceptos</i> (6)	8	32%	5**	20%
<i>Intentos no efectivos para dar respuestas</i> (5-0)	10	20%	5***	20%
<p>*Son los alumnos que pueden consultar los multimedios para reforzar los conceptos. **Son los alumnos que deben repetir parte de la sección de manera individual con la ayuda de los multimedios. *** Son los alumnos que debe repetir todas la sección con la supervisión del maestro y la ayudad de los multimedios.</p> <p>Nota: Los que no tienen asterisco pueden pasar a la siguiente sección directamente.</p>				
<p>PREGUNTAS:</p> <p>1.- <i>¿Qué características en términos de partículas tiene el modelo más simple del átomo?</i></p> <p>2.- <i>La carga del electrón y del protón son iguales pero de signo contrario, ¿existen protones con mayor o menor carga que la del electrón?</i></p> <p>3.- <i>¿Cómo se explican los diferentes colores cuando se queman los fuegos artificiales?</i></p>				

Tabla 5.3.- Rúbrica para evaluar las preguntas de la sección de Espectros de emisión.

El estudio de los resultados muestra que no tienes ideas previas sobre la cuantización en general (carga eléctrica y energía). La mayoría de los alumnos tuvieron las siguientes respuestas a la evaluación diagnóstica (PRE-TEST):

1.- ¿Qué características en términos de partículas tiene el modelo más simple del átomo?

- Es la más pequeña y está rodeada por otras partículas
- Está compuesto por protones que tienen cargas positivas, electrones con cargas negativas y neutrones que no tienen carga
- Cargas negativas y positivas

2.- La carga del electrón y del protón son iguales pero de signo contrario, ¿existen protones con mayor o menor carga que la del electrón?

- Si de un medio de electrón
- No se puede fraccionar una carga
- Dependiendo de la naturaleza del átomo

3.- ¿Cómo se explican los diferentes colores cuando se queman los fuegos artificiales?

- Por los diferentes colores de la pólvora
- Los diferentes tipos de cuetes
- Las sustancias con que son fabricados

Al hacer nuevamente las preguntas, se observó un avance significativo en cuanto a los porcentajes de los criterios entre el PRE-TEST y el POST-TEST, como se muestra en la **tabla 5.3**.

En la **tabla 5.4**, se muestran los resultados de las preguntas generadoras de la **Sección IV.- Fuentes de luz**, que corresponden a una combinación de parte de la unidad 4 de física II y de la unidad 3 de la materia de Física III. Cabe notar aquí, que los estudiantes, relacionan las fuentes más comunes de luz como el Sol, los focos y los focos ahorradores, pero no tienen información sobre fuentes bioluminiscentes ó el láser.

El estudio de los resultados muestra que no existe un manejo adecuado de los conceptos básico por parte de la mayoría de los alumnos, ya que algunos ejemplos a las respuestas en la evaluación diagnóstica (PRE-TEST) fueron:

1.- ¿Qué tipos de fuentes de luz conoces?

- El Sol, las lámparas y la luz de la computadora
- Las estrellas, la Luna, los focos y las velas
- Linternas, el fuego y los filamentos de las lámparas

2.- ¿Qué diferencia hay entre las fuentes artificiales y naturales?

- Los procesos por los cuales se crea dicha luz
- Unas son hechas por el hombre y las otras por la naturaleza
- No tengo idea

3.- ¿Qué relación hay entre una fuente de luz y la temperatura?

- La frecuencias del haz de luz determina la temperatura
- A menor frecuencia menor temperatura
- Los colores de la luz

CRITERIOS	PRE-TEST (25 ALUMNOS)		POST-TEST (25 ALUMNOS)	
	Número de alumnos	Porcentaje de alumnos	Número de alumnos	Porcentaje de alumnos
<i>Excelente manejo de los conceptos</i> (10)	0	0%	5	20%
<i>Respuestas competentes sobre los conceptos</i> (8-9)	2	8%	6	24%
<i>Defectos menores en los conceptos</i> (7)	6	24%	7*	28%
<i>Serios defectos en los conceptos</i> (6)	7	28%	4**	16%
<i>Intentos no efectivos para dar respuestas</i> (5-0)	10	40%	3***	12%
<p>*Son los alumnos que pueden consultar los multimedios para reforzar los conceptos. **Son los alumnos que deben repetir parte de la sección de manera individual con la ayuda de los multimedios. *** Son los alumnos que debe repetir todas la sección con la supervisión del maestro y la ayudada de los multimedios.</p> <p>Nota: Los que no tienen asterisco pueden pasar a la siguiente sección directamente.</p>				
<p>PREGUNTAS:</p> <p>1.- ¿Qué tipos de fuentes de luz conoces? 2.- ¿Qué diferencia hay entre las fuentes artificiales y naturales? 3.- ¿Qué relación hay entre una fuente de luz y la temperatura?</p>				

Tabla 5.4.- Rúbrica para evaluar las preguntas de la sección de Fuentes de Luz.

Al hacer nuevamente las preguntas, se observó un avance significativo en cuanto a los porcentajes de los criterios entre el PRE-TEST y el POST-TEST, como se muestra en la **tabla 5.4.**

Finalmente, en esta sección se trabajaron conceptos básicos de física cuántica y se introdujo a los estudiantes al estudio del *efecto fotoeléctrico* que corresponde a la última sección del material didáctico. Cabe mencionar que se están reestructurando los contenidos de la materia de física III, en el Área de Física de la Preparatoria Agrícola, específicamente la parte de física moderna. Es importante discutir también aquí aspectos relativos al desarrollo de tecnologías basadas en el conocimiento de la física cuántica.

En la **Tabla 5.5**, se muestran los resultados de las preguntas generadoras de la **Sección V.- Fococeldas**, que corresponden a la unidad 4 de Fisca III. En esta sección se enfatiza la naturaleza corpuscular de la luz y los alumnos recuperan la naturaleza ondulatoria que tiene el material didáctico en las secciones iniciales y dan una interpretación más completa al terminar el estudio de la naturaleza cuántica de la luz.

El estudio de los resultados muestra que no existen ideas previas sobre los conceptos de fotón y cuantización de la energía por parte de la mayoría de los alumnos, ya que algunos ejemplos a las respuestas en la evaluación diagnóstica (PRE-TEST) fueron:

- 1.- ¿La luz transporta energía?
 - Si, son pequeñas partículas como los electrones
 - No lo se
 - Energía y materia también
- 2.- ¿Qué es un fotón?
 - Son partículas con carga eléctrica negativa parecidas a los electrones
 - Partículas electromagnéticas
 - No se
- 3.- ¿Cómo funciona una fotocelda?
 - No se
 - Con energía eléctrica
 - Con la luz

CRITERIOS	PRE-TEST (25 ALUMNOS)		POST-TEST (25 ALUMNOS)	
	Número de alumnos	Porcentaje de alumnos	Número de alumnos	Porcentaje de alumnos
<i>Excelente manejo de los conceptos</i> (10)	0	0%	4	16%
<i>Respuestas competentes sobre los conceptos</i> (8-9)	0	0%	8	32%
<i>Defectos menores en los conceptos</i> (7)	3	12%	7*	28%
<i>Serios defectos en los conceptos</i> (6)	9	36%	3**	12%
<i>Intentos no efectivos para dar respuestas</i> (5-0)	10	40%	3***	12%
<p>*Son los alumnos que pueden consultar los multimedios para reforzar los conceptos. **Son los alumnos que deben repetir parte de la sección de manera individual con la ayuda de los multimedios. *** Son los alumnos que debe repetir todas la sección con la supervisión del maestro y la ayudad de los multimedios.</p> <p>Nota: Los que no tienen asterisco pueden pasar a la siguiente sección directamente.</p>				
<p>PREGUNTAS:</p> <p>1.- ¿La luz transporta energía? 2.- ¿Qué es un fotón? 3.- ¿Cómo funciona una fotocelda?</p>				

Tabla 5.5.- Rúbrica para evaluar las preguntas de la sección de Fococeldas.

Al hacer nuevamente las preguntas, se observó un avance significativo en cuanto a los porcentajes de los criterios entre el PRE-TEST y el POST-TEST, como se muestra en la **tabla 5.5**.

Gracias a que se pueden consultar todas las 5 secciones con las 20 actividades del material didáctico los alumnos repasan conceptos básicos, se retroalimentan con las diferentes representaciones propuestas y se autoevalúan mediante las preguntas de las primeras secciones y los cuestionarios que se proponen. Es importante que el docente guíe a los estudiantes en centrar la información en los conceptos a repasar del material didáctico.

5.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la **Práctica Docente I** se trabajó en el diseño de estrategias con el uso de los sensores y la computadora. Sirvió para seleccionar y ensayar diferentes recursos informáticos que tienen que ver con las animaciones computacionales y la digitalización de imágenes fijas y móviles. Se obtuvieron dos productos didácticos: el primero basado en el uso de la computadora y los sensores; y el otro una propuesta estratégica de enseñanza. Estos elementos desarrollados en el C.C.H. Oriente, formaron parte de las bases del *modelo didáctico* que combina tanto estrategias de enseñanza como la *discusión*, el *trabajo cooperativo* y las *prácticas guiadas* con la elaboración de material didáctico que selecciona, organiza e integra información.

En la **Práctica Docente II** se implementaron tanto el modelo didáctico estratégico como el uso del material didáctico, específicamente la parte referida a la *teoría ondulatoria* de la luz. Las actividades que se integraron al material didáctico se jerarquizaron y organizaron (*significatividad lógica y psicológica*) en dos secciones: **Sección I.-** Ondas, Luz e Interferencia y la **Sección II.-** El espectro electromagnético. En cada una de estas secciones se hicieron evaluaciones diagnósticas mediante tres preguntas que permitieron conocer las ideas previas sobre los conceptos a estudiar.

Al comparar los resultados obtenidos sobre las respuestas de los estudiantes a las tres preguntas al inicio de las secciones y al final de cada una de las secciones (PRE-TEST y POST-TEST), se observó que hubo un avance significativo en la comprensión de los conceptos. Las rúbricas referidas a la evaluación formativa que tiene que ver con el desempeño en las actividades propuestas, muestra para cada una de las secciones un avance significativo, en la **Tabla 5.6**, proporciona información acerca de los equipos de trabajo.

CRITERIOS	LECTURA	DISCUSIÓN EN EQUIPO	METAS CLARAS	DESARROLLO ACTIVIDAD	APLICACIÓN DEL TEMA
EQUIPO 1	10	10	9	10	10
EQUIPO 2	8	9	8	9	9
EQUIPO 3	9	9	8	10	9
EQUIPO 4	9	8	7	9	9
EQUIPO 5	10	9	8	9	10
EQUIPO 6	8	7	7	9	9

Nota: los equipos están integrados por 4 alumnos.

Tabla 5.6.- Resultados de la evaluación de los equipos durante alguna de las actividades.

En la **Práctica Docente III** se implementaron tanto el modelo didáctico como el uso la segunda parte del material didáctico, específicamente la parte referida a la *teoría cuántica* de la luz. Las actividades que se integraron al material didáctico se jerarquizaron y organizaron (*significatividad lógica y psicológica*) en tres secciones: **Sección III.-** Espectros de Emisión, **Sección IV.-** Fuentes de Luz y **Sección V.-** Fococeldas. A pesar de que los alumnos nuevamente estudiaban temas de física después de un año de no llevar la materia de física y no eran los mismos alumnos de la Práctica Docente II, mostraron un avance significativo gracias a que el material didáctico provee información básica sobre la naturaleza ondulatoria de la luz. Los estudiantes pudieron repasar de manera individual o en equipo el material y relacionar los nuevos conceptos estudiados.

Existen otros instrumentos que se consideraron en la evaluación sumativa como los reportes finales de las actividades experimentales guiadas, así como la elaboración de dispositivos didácticos. Con todos estos elementos, consideramos que hubo un avance significativo tanto en la comprensión de los conceptos estudiados sobre la naturaleza dual *onda-partícula* de la luz.

Con base en los resultados de las Prácticas Docentes II y III. Se observa que es de gran utilidad la estructuración de un modelo didáctico estratégico, ya que permite: abrir la discusión, implementar actividades guiadas, retroalimentarse con las otras representaciones propuestas en el material didáctico y lo más importante, considerar los criterios para avanzar a las siguientes secciones, así como los proyectos caseros como una forma de motivar a los alumnos en la aplicación de los conceptos estudiados. Repasar de manera individual, en pares o con la supervisión del docente las actividades y los temas donde el estudiante tenga dificultades, es de suma importancia para la autorregulación del aprendizaje.

Finalmente, con todos los contenidos y recursos seleccionados, organizados e integrados de manera jerárquica en un ambiente constructivista y con una propuesta de enseñanza estratégica, los resultados muestran avances significativos en la comprensión de los conceptos, por lo que, se considera válida la propuesta para el estudio de la naturaleza dual de la luz en el bachillerato. Y a futuro se pretende consolidar la propuesta, mediante la validación por parte de otros docentes y otros medios como es Internet.

CONCLUSIONES

- 1) Un punto central es que el profesor de bachillerato conozca y maneje los conceptos de la disciplina que pretende enseñar, en este caso física moderna, lo cual no basta, ya que debe asimismo tener una preparación docente que le permita desarrollar estrategias didácticas que ayuden a los alumnos a comprender los conceptos que se quieren enseñar.
- 2) Dentro del ámbito de la enseñanza la planeación de toda actividad docente es fundamental, ya que deben tenerse claros los conceptos a enseñar, las estrategias didáctica, los materiales didácticos que apoyarán el proceso enseñanza-aprendizaje, así como la evaluación de todo el proceso.
- 3) El material didáctico (multimedia) se organizó considerando actividades de todo tipo, pero centradas en la parte experimental: Se parte de variables macroscópicas para después de una serie de procedimientos poder presentar y relacionar las variables microscópicas.
- 4) Se observó que con el uso de los multimedios se facilitó la construcción de modelos mentales adecuados, mediante los cambios de representación propuestos. La evaluación ofreció varias ventajas, ya que los estudiantes pudieron ir construyendo diferentes representaciones del mismo fenómeno de manera gradual.
- 5) Además, el multimedia permite trabajar de manera individual o en grupos, en este segundo caso se favorece el trabajo cooperativo. En ambos casos el profesor debe estar en contacto directo con los alumnos para retroalimentar la discusión de los conceptos.
- 6) Al nivel bachillerato, generalmente, no se tiene equipo para realizar experimentos o actividades para estudiar conceptos de física moderna: fuentes de luz, fuentes de alto voltaje, fotoceldas, rejillas de difracción, sensores, etc., por lo cual el multimedia permite a través de videos o animaciones mostrar los conceptos de una manera visual.
- 7) El multimedia está estructurado en cinco secciones, separadas para trabajar la naturaleza ondulatoria y la naturaleza corpuscular. Este material tiene un total de 20 actividades que utilizan los conceptos previos, en el caso que existan, con los conceptos a enseñar de manera organizada.
- 8) La evaluación juega un papel central en el proceso enseñanza-aprendizaje, ya que permite en las diferentes etapas del mismo determinar las condiciones iniciales (evaluación diagnóstica), controlar el desarrollo del proceso (evaluación formativa) y determinar si los conceptos fueron comprendidos como parte de un todo, así como determinar si se lograron los objetivos propuestos al inicio de este proceso (evaluación sumativa). Puede decirse que los estudiantes mostraron un avance significativo en la comprensión de los conceptos estudiados.

- 9) Por otro lado, los profesores pueden utilizar el multimedia como una guía experimental de forma independiente, lo cual hace al material más versátil que un multimedia común.
- 10) La generación de un material de este tipo, que hace uso de recursos digitales como Internet, los sensores, videos y animaciones, además de encontrar el formato más adecuado para el multimedia, requiere de un esfuerzo importante ya se requirió de mucho tiempo para:
- **Internet:** discriminar las fuentes que son confiables para ser consultadas, ya que pueden encontrarse una amplia gama de información que muchas veces no es seria.
 - **Sensores:** para aprender a usar este tipo de tecnología, ya que en el bachillerato su uso es escaso o casi nulo.
 - **Videos:** la grabación de videos propios que apoyen cada una de las actividades del multimedia, además de la edición de los mismos requiere usar el formato adecuado.
 - **Animaciones:** aprender a realizar animaciones en un formato multiplataforma como lo es en flash
- 11) Es posible con este multimedia involucrar al alumno de manera activa con: preguntas generadoras, discusión de las lecturas propuestas, el análisis e interpretación de imágenes móviles y fijas, mediante la medición y el cálculo de datos, el diseño de dispositivos caseros y en general la interacción con el material didáctico haciendo responsable al estudiante de su aprendizaje y al maestro de su creatividad en el uso de este recurso.
- 12) A través de la Práctica Docente I, II y III, desarrollada en la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo (en el periodo 2006-2007) fue posible diseñar y probar el multimedia en varias etapas. Esto permite afirmar que este material puede ser usado para cualquier bachillerato.
- 13) Cabe mencionar que en la elaboración de un sistema multimedia educativo es necesario desarrollar habilidades en el manejo de *software* y *hardware*; pero el componente más importante de este material didáctico es el *mindware* (mind=mente). El *mindware* es el ingrediente humano y tiene que ver con los objetivos que el recurso persigue y a quién va dirigido. En el fondo implica mucho trabajo de reflexión y análisis; una filosofía educativa que se expresa a todos niveles. Se tiene el prejuicio de que éste tipo de materiales sólo involucra los otros dos elementos: los circuitos el *hardware* y el *software*, los programas en que se transmite.
- 14) El formato del multimedia (flash: swf o exe) permite que se ocupe poco espacio en memoria 350Mb, menos de lo que cabe en un disco compacto (CD), o se puede transportar en una USB. Por lo cual es posible usarlo en una PC con pocos requerimientos de memoria RAM y disco duro.
- 15) Para la fase de prueba y consolidación del mismo, se transportará al formato HTML para su inclusión en una página WEB, para enriquecerlo con los

comentarios de profesores, alumnos y público interesado. El servidor estará en la **Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo**.

- 16) Es posible usar este material al nivel bachillerato de otras instituciones como la UNAM, ya que varios de los temas forman parte de los programas de Física de, materias obligatorias y optativas.
- 17) La propuesta de enseñanza estratégica pretende formar a los estudiantes de manera simultánea en la disciplina y en los procedimientos de aprendizaje, que los capacite para aprender mejor. Puede usarse como vía para desarrollar otras habilidades que en nuestros días resultan indispensables para tener un desempeño adecuado como es: el uso correcto de la computadora, la búsqueda y selección de información, la comunicación oral y escrita, la solución de problemas, el trabajo cooperativo y una actuación profesional competente en un mundo cambiante como el que vivimos.
- 18) Finalmente, el salón de clases es el laboratorio docente donde se desarrolló e instrumentó: la propuesta didáctica (modelo estratégico), la evaluación integral, la planeación docente y los recursos didácticos desarrollados (los multimedios). Por lo que, son de suma importancia las **Prácticas Docentes I, II y III**, donde se reflexiona, se analiza y se toman decisiones acertadas para mejorar estos aspectos y lograr la comprensión de los conceptos con los estudiantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

1. Aboites, V. *“El láser”*. La ciencia para todos, Vol. 195, 3ª edición, Fondo de Cultura Económica, México D.F., 2003.
2. Ausubel, D. P, Novak J. D. y Hanesian H. E. *“Psicología Educativa, un punto de vista cognitivo”*. 16ª reimpresión Editorial Trillas, México, 2005.
3. Beiser, A. *“Física Moderna”*. Mc Graw Hill-nteramericana de México, México, 1992.
4. Beuchot, Mauricio. *“Perfiles esenciales de la hermenéutica”*. UNAM, México, 2005.
5. Beuchot, Mauricio. *“Tratado de hermenéutica analógica hacía un nuevo modelo de interpretación”*. Facultad de Filosofía, UNAM, México, 2005.
6. Coleman J.C. *“Psicología de la adolescencia”*. Ediciones Morata, España, 1994.
7. Crawford F. S. *“Ondas”*. Berkeley Physics Course, edición en español, Editorial Reverté, Barcelona, 1994.
8. Díaz Barriga, F y Hernández, G. *“Estrategias docentes para un aprendizaje significativo”*. Mc Graw-Hill, México, 2002.
9. Edge, R. D. *“String and Sticky Tape Experiments”*. American Association of Physics Teachers, South Carolina, 2003.
10. Eggen P. D. y Kauchk D. P. *“Estrategias docentes, Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento”*. Fondo de Cultura Económica, México, 2005.
11. Fierro, J. *“Extra terrestres”*. Editorial Lectorum, México, 2000.
12. Flores F. y Aguirre M. E. *“Educación en Física, incursión en su investigación”*. Plaza y Valdés, UNAM, México, 2003.
13. Gagnon M., y Bari M. *“Learning to Develop Educational Multimedia: a Simplified Approach”*. Faculty of Education, Montreal, 2001.
14. Gilbert k. J. and J. B., Boulter J. C. *“Learning Science Through Models and Modelling”*, in Fraser J. B. and Tobin G. K (ed), *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic Publishers, London, 1998.

15. Hecht, E. *“Óptica”*. Addison Wesley Iberoamericana, S.A., Madrid, España, 2000.
16. Heredia B. A. *“Manual para la elaboración de material didáctico”*. Editorial Trillas S. A. de C. V., México, 2003.
17. Hierrezuelo M. J. *“La Ciencia de lo Alumnos”*, Editorial Laia, Distribuciones Fontamara, México, 2002.
18. Hernández R. M. *“Aprendamos a elaborar exámenes escritos”*. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, 2002.
19. Hewson W. P., Beeth E, M, and Thorley R. N. *“Teaching for conceptual change”*, in Fraser J. B. and Tobin G. K., (ed), *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic Publishers, London, 1998.
20. Jiménez M. O. *“Enseñar Ciencia”*. Editorial GRAÓ, de IRIF, España, 2003.
21. Krieger, H. M., *“The physicist’s toolkit.”* University of Southern California, Los Angeles, California, 1987.
22. Lahera J.C. *“De la teoría atómica a la física cuántica”*. Científicos para la historia. Nivola Libros Editores, Madrid, 2004.
23. Ley, K. E. *“El electrón centenario”*. La ciencia para todos (165), Fondo de Cultura Económica, México, 1999.
24. Linn M. C. Hsi S. *“Computer Teachers, Peer; Science Learning Partners”*, Lawrence Erlbaum Associates, London, 2000.
25. Menchaca R. A. *“El discreto encanto de las partículas elementales”*. Fondo de Cultura Económica, México, 2001.
26. Montero F. *“Educación a Distancia y Diseño Instruccional”*. Ediciones Taller Abierto S. C. P., México, 2002.
27. Nieto J. M. *“La autoevaluación del profesor, cómo puede el profesor evaluar y mejorar su práctica docente”*. CISSPRAXIS, Barcelona, 2001.
28. Orós J. L. *“Flash 8: Basic y Profesional”*. Alfaomega S. A. de C.V., México, 2008.
29. Pérez, M. C. y Moreno, J. M. *“Evaluación y detección de dificultades en el aprendizaje de física y química”*, cap. I, Madrid, 1998.
30. Pozo, J. I. y Gómez M. A. *“Aprender y enseñar ciencia; del conocimiento cotidiano al conocimiento científico”*, Ediciones Morata, S. L., Madrid, 2004.
31. Quesada R. C. *“Cómo planear la enseñanza estratégica”*, Editorial LIMUSA, S.A. de C.V., Grupo Noriega Editores, México, 2005.

32. Rico M., Mora M., Parga J. y Mazón J. *"Museología de la Ciencia: 15 Años de Experiencia"*. Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, Circuito Cultural Universitario, México, 2007.
33. Riveros H. G, Jiménez C. E. y Riveros R. D. *"Cómo mejorar mi clase de FÍSICA nivel medio superior"*. 1ª Edición, Editorial Trillas S.A. de C.V., México, 2004.
34. Ruiz C. M. *"Trampas de luz"*. 3ª Edición, Fondo de Cultura Económica, México, 2003.
35. Serra T. R., Vega G. C., Ferrat A. Z., Lunazzi J. J. y Magalhaes S. F. *"Fundamentos del holograma como un medio de enseñanza de la física"*. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 2, n. 3, Septiembre, 2008.
36. Solbes J. y Tarín F. *"Física 2º Bachillerato"*. Ediciones OCTAEDRO, S.L., Barcelona, 1996.
37. Strike K. A. and Posner G. J. *"A Revisionist Theory of Conceptual Change"*, in R. A. Duschl and R.J. Hamilton (eds), *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice*, State University of New York Press, Albany, NY, 1992.
38. Tipler, P. A. *"Física, Tomo I"*. Editorial Reverté, Madrid, 1995.
39. Tippens, P. E. *"Física, conceptos y aplicaciones"*. Ed. Mc. Graw Hill, Sexta edición, México, 2005.
40. Torres J. y Ruiz S. *"Intructional design of multimedia system into the learning of photoelectric effect at high school level"*. Current developments in Technology-Assisted Education, Sevilla, 2006.
41. Varela N. P. *"Electricidad y magnetismo"*. Editorial Síntesis, Madrid, 2000.
42. Vaughan T. *"Multimedia, manual de referencia"*. Mc Graw Hill-Interamericana, Madrid, 2002.
43. Viennot L. Traducción: Pozo M. M. J. *"Razonar en Física, La contribución del sentido común"*. Machado Libros, Madrid, 2002.
44. Wichmann E. H. *Física Cuántica*. Berkeley Physics Course, Editorial Reverté, Barcelona, 1991.
45. Zarzar Ch. C. *"Habilidades básicas para la docencia"*. Grupo Editorial Patria, México, 2004.

PAGINAS DE INTERNET

1. http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2008/26jun_nanosaild.htm (LECTURA)
2. http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2002/08feb_gravlens.htm (LECTURA)
3. <http://newton.cnice.mec.es/escenas/fisicamoderna/fosforescencia.php>
4. <http://www.ilce.edu.mx/portal> (IMAGEN)
5. http://www.astrocosmo.cl/astrofis/astrofis-03_15.htm
6. <http://www.astronoo.com/.../galaxieM83NGC5236.jpg> (IMAGEN)
7. <http://www.censolar.es/Centro de estudios de la energía solar:>
8. <http://herramientas.educa.madrid.org/tabla/>
9. <http://www.e-nimals.com/wp-content/uploads/2008/04/porqu...>
10. <http://www.genmagic.net/fisica/humi1c.swf> (ANIMACIÓN)
11. <http://www.gradahoy.com/article/ocio/158394/aerosol/y/cambio/climatico.html>
12. <http://www.memagazine.org/supparch/pemar04/pckgsun/pckgsun.html> “el efecto fotoeléctrico” (LECTURA)
13. http://www.mis-bombillas.com/Mis-Bombi-Web/Historia_incand.htm
14. <http://www.montes.upm.es/Dptos/DptoIngForestal/OperacionesBasicas/Docencia/PDF/Temas/TEMA7.pdf>
15. <http://www.cienciahoy.org.ar> (IMAGEN)
16. <http://www.profisica.cl> Giordano, J. L. (2007) *Cómo funcionan las cosas: La esfera de plasma (Conducción eléctrica en gases)* (LECTURA)
17. <http://www.olgui.com> (IMAGEN)
18. <http://www.profisica.cl/comofuncionan/como.php?id=39> (Consulta: Abril, 8, 2008)
19. <http://www.livescience.com> (IMAGEN)
20. <http://www.santillana.cl/fis4/swf/actividad3.swf> (ANIMACIÓN)
21. <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/negro/espectro/espectro.htm>
22. http://intranet.frsfco.utn.edu.ar/gfiv/temas/reflexion_interna_total/default.htmhttp://ciencia.nasa.gov/headlines/y2007/11oct_undularbore.htm (LECTURA)
23. http://www.cienciapopular.com/n/Experimentos/Bola_de_Plasma
24. http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2003/25jul_colloids.htm
25. <http://docencia.izt.uam.mx/mfg/laseres> (LECTURA)
26. <http://ciencias.jornada.com.mx/ciencias/investigaci.../el-universo-invisible-el-espectro-electromagnético> (LECTURA)
27. http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2008/30apr_4dionosphere.htm (LECTURA)
28. http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2001/ast23mar_1.htm (LECTURA)
29. http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2003/18aug_xrays.htm (LECTURA)
30. http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2002/27mar_stopligh.htm (LECTURA)
31. http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2005/09mar_conference.htm (LECTURA)
32. <http://personales.ya.com/casanchi/fis/espectros> (LECTURA)
33. http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2007/07may_bigsupernova.htm (LECTURA)
34. http://www.uned.es/cristamine/mineral/prop_fis/fluorescent (LECTURA)
35. http://www.unizar.es/departamentos/bioquimica_biologia/docencia/Emi.pdf
36. http://www.mis-bombillas.com/Mis-Bombi-Web/Historia_incand.htm
37. <http://www.sabelotodo.org/materia/fosforescencia.html>
38. http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2002/08jan_sunshine.htm (LECTURA)
39. <http://www.montes.upm.es/Dptos/DptoIngForestal/OperacionesBasicas/Docencia/PDF/Temas/TEMA7.pdf> (LECTURA)
40. <http://www.webelements.com/>

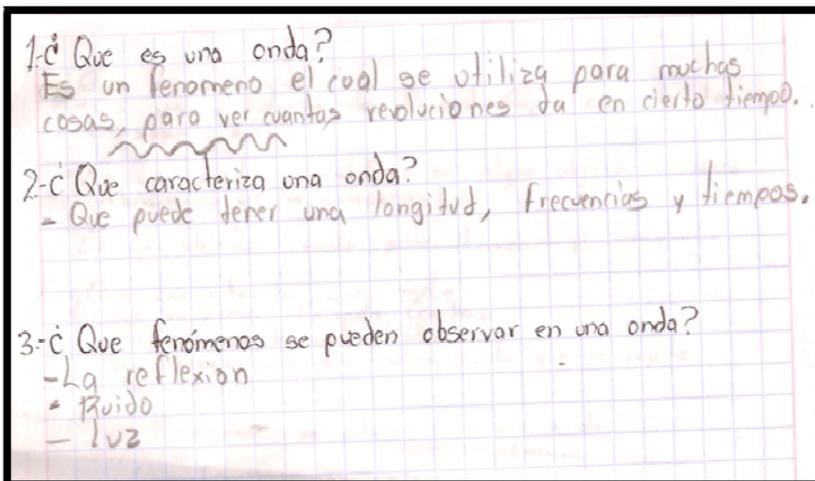
ANEXOS

ANEXO A.- Criterios de control

Para conocer el avance en el aprendizaje alcanzado por los estudiantes y determinar cuáles son las dificultades, errores o deficiencias que tienen para llegar a una apropiación significativa de los conceptos estudiados, se realizaron cuestionarios, rubricas, hojas de trabajo y mapas conceptuales para evaluar desde las ideas previas, la comprensión de los nuevos conceptos y el mismo material didáctico. A continuación se dan ejemplos de estos criterios de control y las repuestas que algunos estudiantes.

CUESTIONARIO “Ondas, Luz e Interferencia”
1. ¿Qué es una onda mecánica?
2. ¿Cuál es la característica fundamental del movimiento ondulatorio?
3. ¿A qué se llaman ondas transversales y cómo se caracterizan?
4. ¿Qué son las ondas longitudinales y cómo se caracterizan?
5. ¿Cómo se definen el periodo, frecuencia y cómo se relacionan entre sí?
6. Explique el fenómeno de la reflexión, refracción, interferencia y difracción de la luz.
7. ¿Cuáles son las características del sonido?
8. ¿Cómo se relaciona la rapidez de una onda con la frecuencia y la longitud de onda?
9. ¿Se mueve junto con la onda misma el medio en el cual se propaga la onda?
10. ¿Cuál es la diferencia entre interferencia y difracción?

A-1.- Cuestionario para la Sección I.- Luz, Ondas e Interferencia.



A-2.- Repuestas a las preguntas generadoras de la sección de Ondas, Luz e interferencia.

CUESTIONARIO “Espectro electromagnético”

1. ¿Es correcto decir que una onda de radio es una onda luminosa de baja frecuencia? Una onda de radio ¿es también una onda sonora?
2. ¿Por qué las hojas verdes de una rosa roja se calientan más que los pétalos, cuando las ilumina la luz roja? ¿Qué tiene que ver esto con las personas que en lugares calurosos usan comúnmente ropa blanca?
3. ¿La velocidad de la onda electromagnética producida por un microondas es igual a la de la luz visible? Considerando las dos ondas electromagnéticas viajando en el vacío.
4. ¿Cuál es el “color” de todas las frecuencias de la luz visible mezcladas por igual?
5. ¿Qué es lo que permite a la lámpara fluorescente emitir luz blanca?
6. ¿Qué diferencia hay en las frecuencias sintonizadas en el radio cristal, con las frecuencias de radio comercial?
7. ¿Cómo afecta la radiación solar los procesos agrícolas?

A-3.- Cuestionario para la Sección II.- Espectro electromagnético.

Preguntas sobre ondas electromagnéticas:

1. ¿Qué es una onda electromagnética?

Una onda electromagnética es aquella que viaja perpendicular y paralelamente, llevando consigo materia en pequeños paquetes llamados cuantos. En los cambios de energía intervienen los electrones.

2. ¿Qué tipo de ondas electromagnéticas conoces?

La luz blanca, rayos ultravioleta, infrarrojos, microondas

3. ¿Qué diferencia hay entre la propagación de una onda sonora y una onda de radio.

en que la sonora es una onda longitudinal y las ondas de radio son electromagnéticas

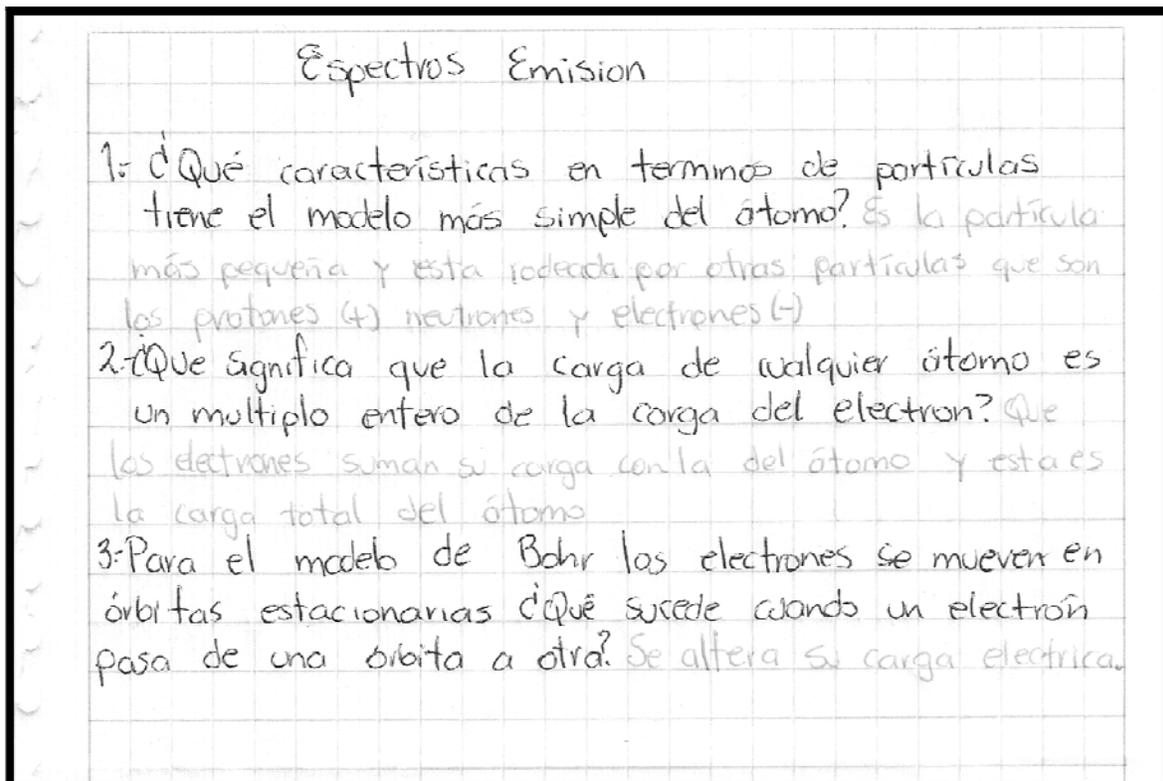
López Sánchez Manuel de Jesús

A-4.- Ejemplo de las respuestas a las preguntas generadoras de las Sección I. El espectro electromagnético.

CUESTIONARIO “Espectros de emisión”

1. Son los colores vistos mediante un prisma y mediante el espectroscopio, iguales o similares.
2. Describe que observas cuando la luz pasa a través de la rejilla de difracción de tu espectroscopio.
3. Compare su tabla de elementos metálicos con las Tablas de Elementos de la literatura (Se sugiere utilizar el software de la tabla periódica).
4. El espesor de una lámina de oro usada por Rutherford era de aproximadamente . Para tener idea de qué tan delgada era, se sugiere calcular el número de laminillas que igualarían el espesor de una hoja de algún libro.
5. El núcleo es unas 10000 veces menor que el átomo. Si se pudiera imaginar el núcleo de un átomo normal amplificado al tamaño de una manzana (10 cm de diámetro). ¿Cuánto mediría el diámetro de este átomo?

A-5. Cuestionario para la Sección IV.- Espectros de emisión.



A-6.- Ejemplo de las respuestas a las preguntas generadoras de la **Sección III. Espectros de emisión.**



EXAMEN DE FUENTES DE LUZ

NOMBRE: Manuel Vega García GRUPO: 2º 17

Prof. Jonás Torres Montealbán

INSTRUCCIONES: Con base en las actividades desarrolladas en la sección de fuentes de ondas, contesta brevemente utilizando el espacio correspondiente.

1. ¿Cómo clasificarías las fuentes de luz? La fuente de luz puede ser difusa o puntual.
Las fuentes pueden ser naturales (el Sol) o artificiales (una lámpara).
Las fuentes pueden ser primarias o secundarias. Las primarias producen la luz que emiten (a través del Sol), las secundarias reflejan la luz.
2. ¿Qué cuerpos luminosos conoces en la naturaleza? de otra fuente (la Luna).
Cuerpos luminosos o iluminados: Sol, Luna, Estrellas, Cometas, Lava (Magma), El fuego, Algunos animales como las luciérnagas.
3. ¿Qué características tiene la bioluminiscencia?
Se conoce a este fenómeno como la producción de luz de ciertos organismos vivos y es un fenómeno muy extendido en todos los niveles.
4. ¿Qué características tiene la incandescencia? biológicos.
Es un sistema en el que la luz se genera como consecuencia del paso de una corriente eléctrica a través de un filamento conductor.
5. ¿Qué tipo de luz producen las estrellas?

La luz que producen las estrellas es del tipo de incandescencia.

6. ¿Qué características tiene la fluorescencia? y esta luz muchas veces es blanca.
Es la propiedad de una sustancia para emitir luz cuando es expuesta a radiaciones del tipo ultravioleta, rayos catódicos o rayos X.
7. ¿Qué características tiene la fosforescencia?
Es el fenómeno en el cual ciertas sustancias tienen la propiedad de absorber energía y almacenarla, para emitirla posteriormente en forma de luz.
8. ¿Qué tipo de luz es el Láser? de luz.
Un láser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) es una luz del tipo coherente, de un medio adecuado, y de un solo color.
9. ¿Qué es la luz fría? tipo coherente, de un medio adecuado, y de un solo color.
Se refiere esta luz a la que se genera entre 2 objetos como una vela y un cerillo.
10. ¿Cómo funcionan los hologramas?

Las cosas se ven porque "reflejan" la luz hacia los ojos que la detectan. El realismo del holograma se debe a que constituye un registro exacto de las ondas luminosas reflejadas por el objeto. Cuando la imagen se reconstruye, refleja la luz exactamente igual que el objeto original, lo que da al holograma una sensación muy convincente de realidad. La luz procedente del holograma que perciben los ojos es la misma que la percibirían ante el objeto real.

A-7. Ejemplo de las respuestas al cuestionario para la Sección IV.- Fuentes de luz.

CUESTIONARIO "Fotoceldas"

1. ¿La luz transporta energía?
2. ¿Qué es un fotón?
3. ¿Describe físicamente como son las fotoceldas?
4. ¿Qué tipo de corriente proporcionan las fotoceldas?
5. ¿Qué características debe tener un material para poder ser usado para la construcción de una fotocelda?
6. ¿Cómo describes el efecto fotoeléctrico?
7. ¿Por qué los aerosoles afecta el clima en la atmósfera?

A-9. Cuestionario para la Sección V.- Fotoceldas.

Jueves: 27/Nov/08.
"2^o, 18."

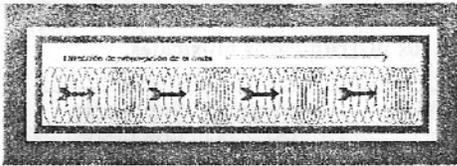
Marco Antonio López Jiménez.

1.- ¿La luz está constituida por ondas o por partículas?
La luz está constituida por ondas y partículas al mismo tiempo.

2.- ¿Que clase de partículas son los fotones?
Los fotones son átomos.

3.- ¿ES posible describir con ecuaciones su comportamiento?
Si es posible.

A-10.- Ejemplo de las respuestas a las preguntas generadoras de la Sección III. Espectros de emisión.



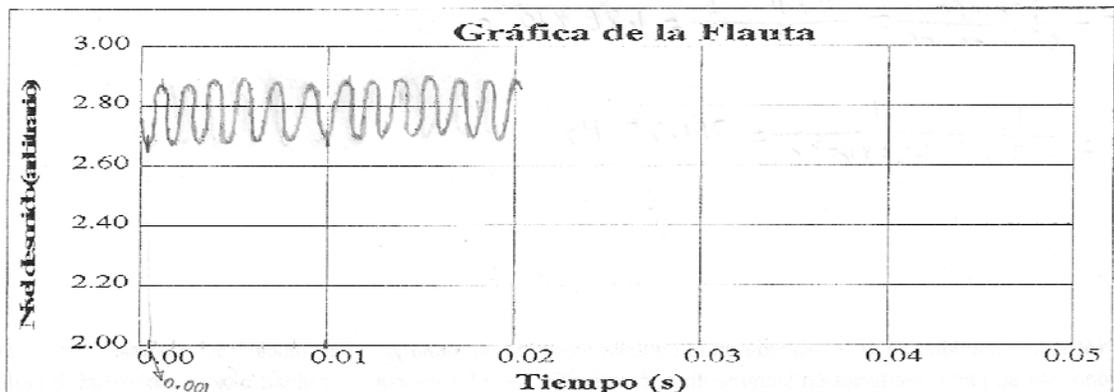
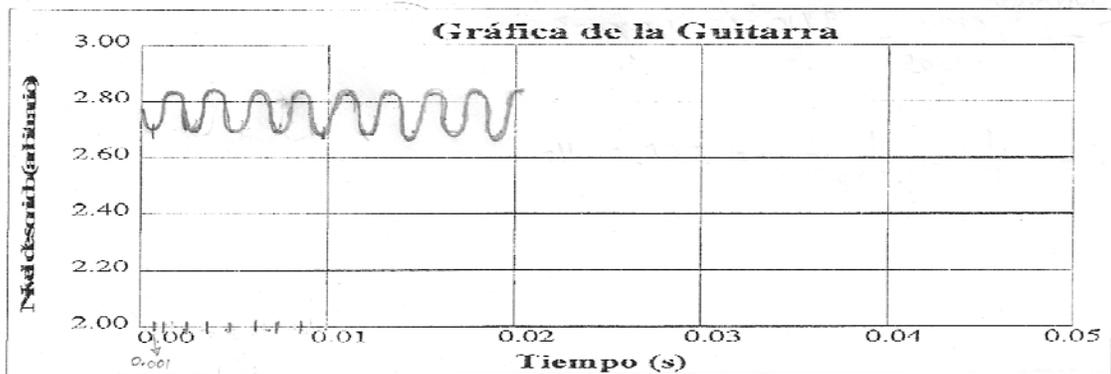
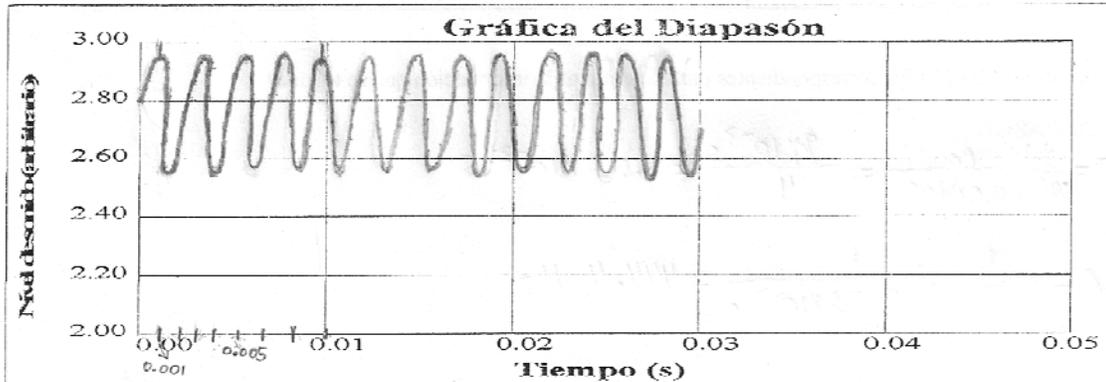
HOJA DE TRABAJO SONIDOS MUSICALES

Nombre: Marco Antonio López Jiménez

Grupo: "2º, 18"

Prof. Jonás Torres Montealbán

Instrucciones: Son tres las características de los sonidos musicales: Tonalidad (frecuencia), Sonoridad (intensidad) y la Calidad (timbre). Dibuja la gráfica y anota la información que se te pide en la tabla 1.



A-13.- Ejemplos de hojas de trabajo de las prácticas experimentales guiadas que se consideran como elementos de la evaluación sumativa.

Tabla1.- Resultados de los sonidos producidos por los instrumentos musicales.

Nota musical	Número de ciclos	Tiempo del primer máximo	Tiempo del último máximo	Δt (s)	Periodo (s)	Frecuencia calculada (Hz)
Diapasón	4	0.001	0.01	9×10^{-3}	2.25×10^{-3}	444.4 Hz
Guitarra	5	0.001	0.01	9×10^{-3}	1.8×10^{-3}	555.5 Hz
Flauta	7	0.001	0.01	9×10^{-3}	1.28×10^{-3}	781.25 Hz
Armónica						

Desarrolla los cálculos correspondientes para determinar la información que se te pide:

DIAPASÓN

$$T = \frac{\text{tiempo}}{\text{N}^\circ \text{ de ondas}} = \frac{9 \times 10^{-3} \text{ s}}{4} = 2.25 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2.25 \times 10^{-3} \text{ s}} = 444.4 \text{ Hz}$$

GUITARRA

$$T = \frac{\text{tiempo}}{\text{N}^\circ \text{ de ondas}} = \frac{9 \times 10^{-3} \text{ s}}{5} = 1.8 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.8 \times 10^{-3} \text{ s}} = 555.5 \text{ Hz}$$

FLAUTA

$$T = \frac{\text{tiempo}}{\text{N}^\circ \text{ de ondas}} = \frac{9 \times 10^{-3} \text{ s}}{7} = 1.28 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.28 \times 10^{-3} \text{ s}} = 781.25 \text{ Hz}$$

Nota: La sonoridad se verá reflejada en la pantalla mediante un aumento o disminución de la amplitud de la señal. El tono, por su parte, producirá un incremento o disminución de la frecuencia. La calidad sonora modificará el perfil de la señal.

A-14.- Ejemplos de hojas de trabajo de las prácticas experimentales guiadas que se consideran como elementos de la evaluación sumativa (continuación).

ENTREVISTA



NOMBRE: Roldan Hdez Ruiz GRUPO 3
DURACIÓN 20 minutos PORCENTAJE NINGUNO FECHA 27/04/06
VALOR TOTAL NINGUNO PUNTAJE OBTENIDO _____ NOTA _____

INSTRUCCIONES:

I) Responde brevemente a las siguientes preguntas sobre el uso de la computadora en Física.

1.- ¿Usar la computadora para aprender física moderna te pueden ayudar a entender fenómenos microscópicos? *Claro que sí, es una manera más fácil de entenderlo, debido a que se ahorra tiempo y es más interesante.*

2.- ¿El uso de la computadora para aprender física moderna puede ser motivante? *Claro, es más interesante y eso hace que uno aprenda.*

3.- ¿La física es muy aburrida cuando se usa la computadora y no sirve para nada en tu vida futura? *No, porque la computadora nos hace una buena representación a lo que se quiere aprender.*

4.- ¿Qué es necesario para aprender conceptos de física cuando se usa la computadora? *Es tener los conocimientos necesario y lo principal una computadora.*

A-15.- Ejemplos de una entrevista a los alumnos sobre el uso de la computadora en el aprendizaje de la física.

5.- ¿Estudiar física asistido por computadora es una manera valiosa de aprovechar el tiempo? *Si, es mucho mejor y entendible.*

II) En el cuadro de abajo hay dos columnas de adjetivos los de la izquierda son los opuestos a los de la derecha. Coloca una "X" en el espacio en donde consideres que **el uso de la computadora para aprender física moderna** corresponde al adjetivo.

POSITIVO	7	6	5	4	3	2	1	NEGATIVO
Interesante	X							Aburrida
Divertida		X						Triste
Entendible		X						Incomprensible
Fácil		X						Difícil
Buena		X						Mala
Informativa			X					Desinformativa
Objetiva		X						Prejuiciosa
Profunda				X				Superficial
Útil		X						Inútil
Clara		X						Confusa
Activa			X					Pasiva

NOTA: Las respuestas debes hacerse rápidamente, es decir tu primera impresión sobre **el uso de la computadora para aprender física moderna** y la escala tendrá el rango asignado al número uno para la respuesta más negativa y el número siete para la más positiva; y el rango intermedio está entre dos y seis.

COMENTARIO FINAL: *El uso de la computadora es buena pero también se necesita de la ayuda del profesor porque haci se completa claramente lo que se pide como es aprender física.*

A-16.- Ejemplos de una entrevista a los alumnos sobre el uso de la computadora en el aprendizaje de la física (continuación).

ANEXO B.- Productos académicos

Estos trabajos se presentaron en diferentes foros académicos nacionales e internacionales y son el hilo conductor del desarrollo de la tesis. Desde la concepción de la propuesta didáctica (Torres, 2006), hasta la instrumentación en el aula.

Instructional Design of a Multimedia System into the Learning *Photoelectric Effect* at High School Level

J. Torres Montealbán*^{1, 2} y M. S. Ruiz Chavarria².

¹ UACH Universidad Autónoma Chapingo, Preparatoria Agrícola Área de Física, Texcoco México.
² UNAM Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, C.U., México D.F.

*Contact author: e-mail: jonator68@yahoo.com.mx, Phone: +52-57337467

ABSTRACT

This paper presents a didactic strategy in physics area into the learning of *photoelectric effect*. This material was designed in order to be used in different ways: individual, in a discussion group or in the physics class, considering resources of hardware and software available. Main difficulties were analyzed to get comprehension on this phenomenon and some elements were proposed in a linear-hierarchy way. In view that this subject has new concepts, was realized a conceptual capture first; after that, the change of representations was analyzed; meaning constructions of ideas in different abstraction levels: symbols, graphs and equations.

CHANGE OF REPRESENTACIÓN

CONCLUSIONS

The didactic approach here is described has been tasted in courses of modern physics with students in order to get a multimedia allows the learning of photoelectric effect and to facilitate the construction of mental models adequate to help the understanding of this phenomenon as well as the experimentation and the formalism of theory equations. Several parts of instructional design have been proved in two schools at high school levels (UNAM and UACH). The multimedia approach offers real advantages in helping students to construct representations of the same phenomenon, manipulating symbols, graphics, data, images, videos, sounds and simulations understandable.

EVALUATION

SEVILLA ESPAÑA, NOVIEMBRE 2006

B-1.- Trabajo presentado en la "IV Conferencia Internacional sobre Multimedia y Tecnologías de la Información y la Comunicación en Educación", Sevilla España.

Instructional design of a multimedia system into the learning of *photoelectric effect* at high school level

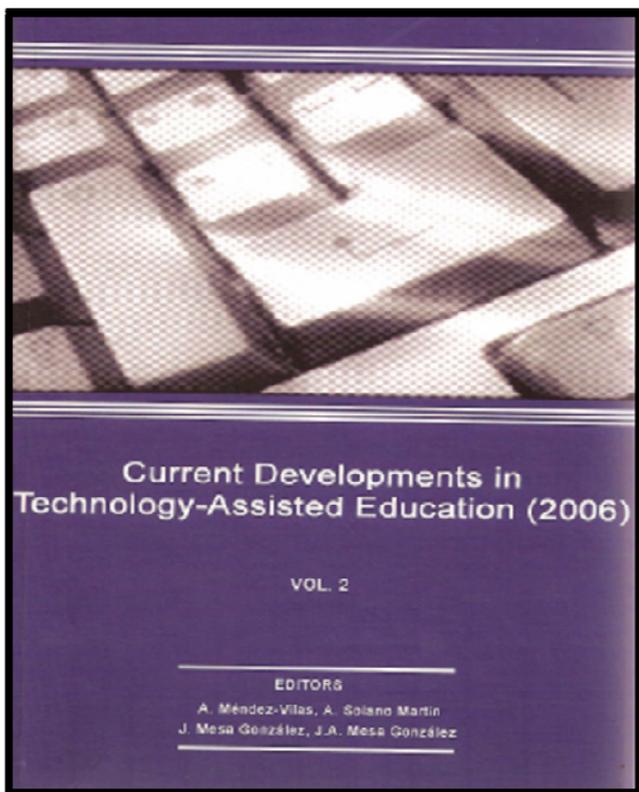
J. Torres Montealbán^{*1,2} y M. S. Ruiz Chavarría².

¹ UACH Universidad Autónoma Chapingo, Preparatoria Agrícola Área de Física, México.

² UNAM Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, C.U., México.

This paper presents a didactic strategy in physics area into the learning of photoelectric effect at high school level. This material was designed in order to be used in different ways: individual, in a discussion group or in the physics class, considering resources of hardware and software available or the way the users want use it. Main difficulties were analyzed to get comprehension on this phenomenon and some elements were proposed in a lineal-hierarchy way. In view that this subject has new concepts, was realized a conceptual capture first; after that, the change of representations was analyzed [3]; meaning constructions of ideas in different abstraction levels: symbols, graphs and equations. Considering that physics is an experimental science, we are approaching and displaying activities using sensors and computer to get full information and their posterior analysis. In the same way, there are easy experiments that the user can do. The use of this multimedia system allows developing of abilities in the students in all levels: concepts, procedures and attitude. In addition, teacher and students can go from an initial (diagnostic) to a formative and a summary evaluation [4]. Consequently, it is possible to help in learning process and to contribute to improve the teaching of modern physics.

Keywords educational physics; photoelectric effect; multimedia; evaluation; conceptual capture; change of representations



B-2.- Resumen de la ponencia y portada de la publicación.

Multimedia para la enseñanza de conceptos de física a nivel microscópico: *El efecto fotoeléctrico.*

Jonás Torres Montealbán^{1,2}

¹Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo,
Carretera México-Texcoco Km 38.5 Estado de México, México.

María Sabina Ruiz Chavarría¹

²Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México,
Ciudad Universitaria, D.F., México C. P. 04510, México.

RESUMEN

Propuesta didáctica en el área de física al nivel bachillerato para la comprensión de un fenómeno: *el efecto fotoeléctrico*. Tomando en cuenta los cambios de representación que los alumnos deben desarrollar: descriptivo, pictórico, gráfico y matemático, se presenta un multimedia que puede ser utilizado individualmente, grupos o con un maestro. Se relacionan los conceptos previos de los estudiantes sobre la naturaleza de la luz, como parte del espectro electromagnético, con los nuevos conceptos: cuantización de la energía, dualidad de la luz y *el efecto fotoeléctrico*. El nivel de abstracción que se requiere para lograr un aprendizaje significativo a nivel microscópico es alto. Por lo cual, se presentan materiales que enfocan la atención sobre el fenómeno, se analizan las diversas representaciones para finalmente relacionarlas entre sí. El multimedia está organizado de forma jerárquico lineal, en un ambiente de aprendizaje enfocado en la construcción del conocimiento, informando al usuario de los objetivos, presentando los contenidos y mostrando una evaluación de sus avances. Este material contiene: imágenes, videos, textos, tablas, graficas experimentos y simulaciones. Se presenta de forma atractiva, dinámica y clara, para que los usuarios puedan alcanzar realmente las diferentes representaciones, lo cual implica un grado de comprensión mayor.

Palabras claves: Multimedia, Cambios de Representación, Evaluación y Captura Conceptual

B-3.- Trabajo presentado en la “VI Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Información”, Orlando; USA.



B-4.- Resumen de la ponencia y portada de la publicación.



GUÍA EXPERIMENTAL PARA LA COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA DUAL DE LA LUZ

J. TorresMontealbán (1) y M. S. Ruiz Chavarria (2).

1 UACH Universidad Autónoma Chiapanca, Preparatoria Agrícola Área de Física, Tuxtla, México.
2 UNAM Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, C.U., México D.F.



RESUMEN

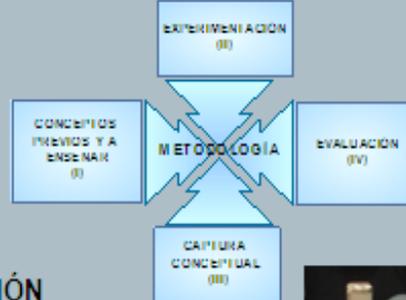
La experimentación uno de los elementos básicos en la enseñanza-aprendizaje de la física al nivel bachillerato. Por lo que se propone una guía experimental que pretende apoyar a los alumnos de este nivel a comprender la naturaleza dual de la luz (ondas y corpuscular). Esta comprende cinco actividades experimentales que están divididas en dos tipos, las más primarias relacionadas con el comportamiento ondulatorio y las otras dos con el comportamiento corpuscular:

- 1- Tipo de ondas
 - 1- Espectro electromagnético
 - 2- Fuentes de luz
 - 3- Espectro de emisión
 - 4- Rotación de la luz

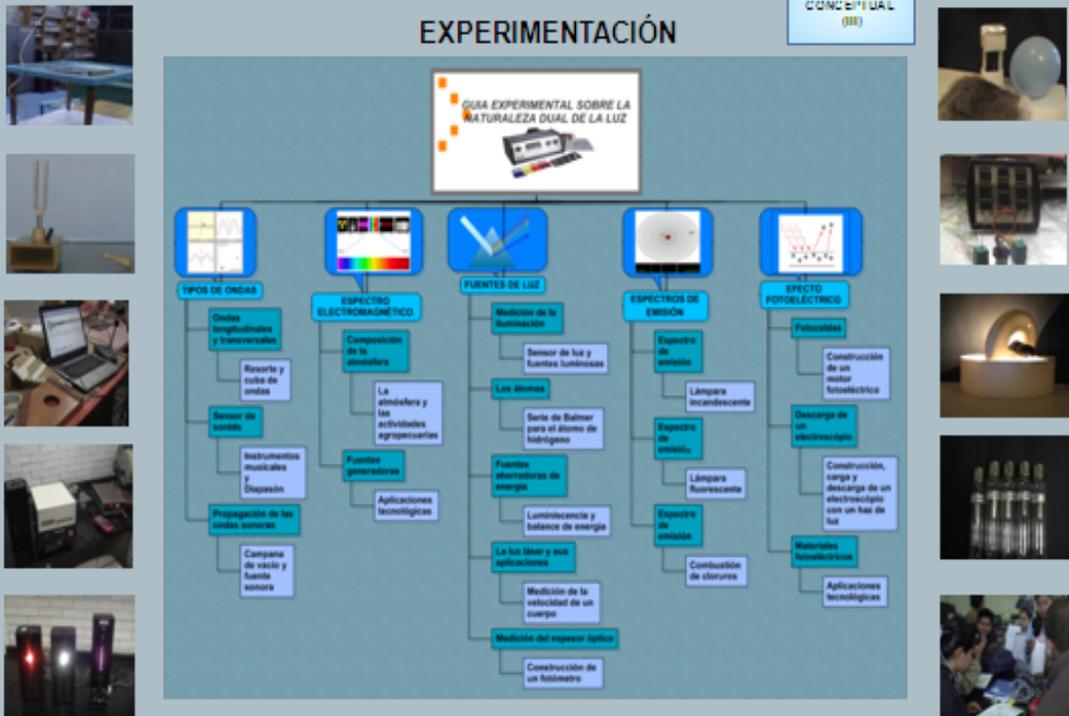
Finalmente, se pretende que los alumnos apoyados en las actividades experimentales conectadas de manera estructurada y con recursos multimedia, puedan pasar de la etapa de operaciones concretas a la etapa de operaciones formales, fortaleciendo la captura conceptual de los conceptos relacionados con la naturaleza dual de la luz.

Palabras clave: Experimentación, naturaleza dual de la luz, capturar conceptual.

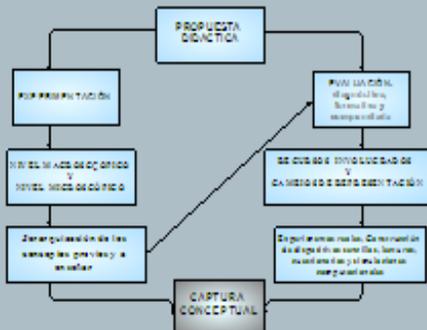
METODOLOGÍA



EXPERIMENTACIÓN



PROPUESTA DIDÁCTICA



CONCLUSIONES

Se presenta una guía experimental sobre la naturaleza dual de la luz que está siendo probado en los cursos de física al nivel bachillerato, para apoyar la captura de conceptos relacionados con física moderna, específicamente la cuantización de la energía. En esta materia, las actividades experimentales son fundamentales, debido a que en parte de variables macroscópicas para dar paso a una serie de actividades en cada experimento poder presentar y relacionar las variables microscópicas. Se observó que con estas actividades se facilita la construcción de modelos mentales adecuados, mediante las operaciones concretas relacionadas con la característica de las ondas a aplicaciones más formales en términos de interacciones de partículas microscópicas, y con estas actividades guiadas pueden los alumnos lograr un nivel de abstracción mayor. En estas propuestas se busca el fortalecimiento de formas representacionales de los fenómenos de manera gradual. Finalmente, los maestros consideren adecuadas al uso de actividades experimentales y otros recursos como los materiales, la construcción de aparatos sencillos y las simulaciones, porque se pueden fortalecer los conceptos previos y los conceptos a enseñar, considerando que al nivel bachillerato, generalmente, no se cuenta con equipos para realizar experimentos relacionados con física moderna.

GUÍA EXPERIMENTAL PARA LA COMPENSIÓN DE LA NATURALEZA DUAL DE LA LUZ

J. Torres Montealbán (1) y M. S. Ruiz Chavarría (2).

- 1 UACH Universidad Autónoma Chapingo, Preparatoria Agrícola Área de Física, Texcoco México.
- 2 UNAM Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, C.U., México D. F

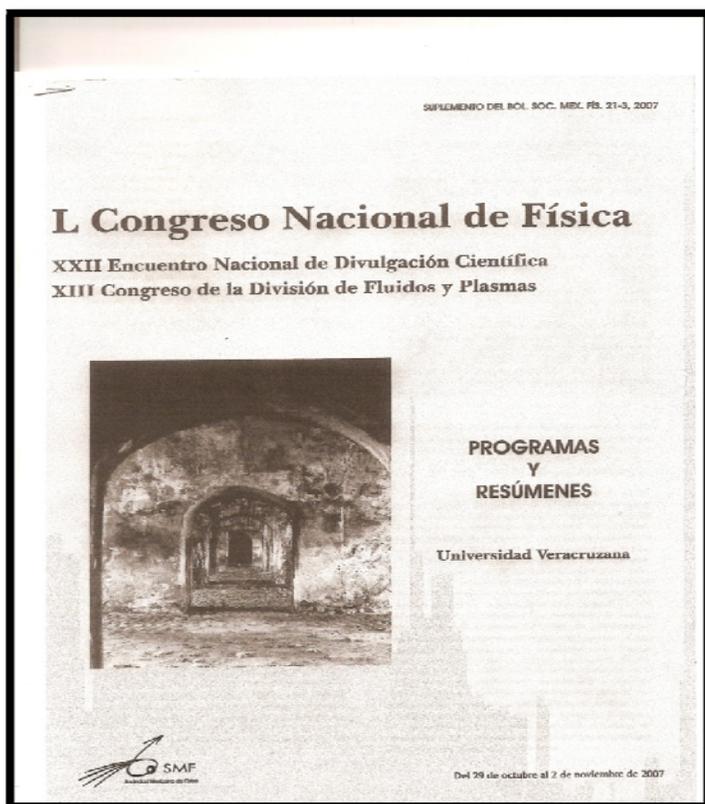
RESUMEN

La experimentación es uno de los elementos básicos en la enseñanza-aprendizaje de la física al nivel bachillerato. Por lo que se propone una guía experimental que pretende apoyar a los alumnos de este nivel a comprender la naturaleza dual de la luz (ondulatoria y corpuscular). Esta comprende cinco actividades experimentales que están divididas en dos tipos, las tres primeras relacionadas con el comportamiento ondulatorio y las otras dos con el comportamiento corpuscular:

- 1.- *Tipo de ondas*
- 2.- *Espectro electromagnético*
- 3.- *Fuentes de luz*
- 4.- *Espectros de emisión*
- 5.- *Fotoceldas.*

Finalmente, se pretende que los alumnos apoyados en las actividades experimentales conectadas de manera estructurada y con recursos multimedia, puedan pasar de la etapa de operaciones concretas a la etapa de operaciones formales, favoreciendo la captura conceptual de los contenidos relacionados con la naturaleza dual de la luz.

Palabras claves: Experimentación, naturaleza dual de la luz y captura conceptual.



B-6.- Resumen de la ponencia y portada de la publicación.



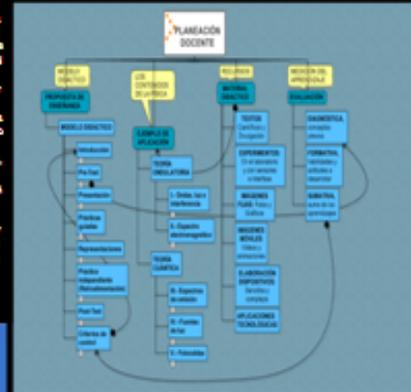
Multimedia para el estudio de la naturaleza dual de la luz en el bachillerato



J. Torres Montalbán (1) y M. S. Ruiz Chevarría (2)
(1) UACh Universidad Autónoma Chihuahua, Preparatorio Agrícola Área de Física, Tzucaco México.
(2) UNAM Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, C.U., México D. F.
E-mail: jtorresm53@yahoo.com.mx



RESUMEN
El material consiste en cinco secciones basadas en una guía experimental. Cada corresponden a actividades que estudian los conceptos de la teoría ondulatoria y la teoría corpuscular de la luz. Cada una de estas secciones se va relacionando de manera interrelacionada con conceptos previos y los conceptos nuevos para los alumnos del nivel bachillerato. Se estudia en cada sección los siguientes fenómenos:
- Sección I. Reflexión, refracción, interferencia, difracción de la luz, además de estudiar ondas en aguas y sonoras.
- Sección II. Características de una onda electromagnética, de acción y aplicaciones tecnológicas, además se estudia la región del visible como parte del espectro electromagnético.
- Sección III. Difracción óptica y relación entre longitud de onda, frecuencia, energía y la constante de Planck.
- Sección IV. Formas de luz natural: bioluminescencia, bioluminescencia, fluorescencia, fosforescencia y láser.
- Sección V. Focosidad, energías alternativas y aplicaciones tecnológicas.
La sección contiene: preguntas generadoras, videos, lecturas, animaciones y evaluaciones, que estimulan el proceso de selección, organización e integración de la información proporcionada, ofreciendo una participación en la que el alumno participa de forma activa en la construcción de los conceptos estudiados en esta materia.
Palabras clave: Material didáctico, naturaleza dual de la luz y alumnos de bachillerato.



PROPUESTA DIDÁCTICA

CONSTRUCTIVISMO



PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN



PLANEACIÓN DOCENTE

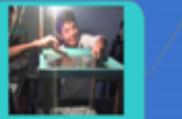
MARCO TEÓRICO



GRUPO COOPERATIVO



MATERIAL DIDÁCTICO

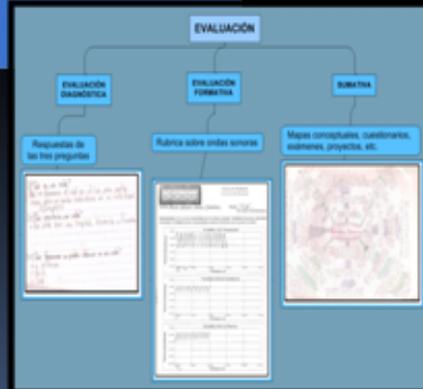


EVALUACIÓN

LOS MULTIMEDIOS



EVALUACIÓN



CONCLUSIÓN

Observamos que con el uso de los multimedia se facilitó la construcción de modelos mentales adecuados mediante los cambios de representación propuestos. Este material didáctico permite trabajar individualmente, grupal y con el maestro, favoreciendo el trabajo cooperativo y de discusión. Los maestros consideran que el modelo didáctico es útil ya que al nivel bachillerato, generalmente, no se tiene espacio para realizar este tipo de experimentos y actividades estructuradas que ayuden al estudio de conceptos relacionados con la naturaleza onda-partícula de la luz. Por otro lado, las 20 actividades de todo tipo incluidas en los cinco secciones interrelacionan los conceptos previos y los conceptos a enseñar, en donde la evaluación tanto diagnóstica, formativa y sumativa permite que los estudiantes avancen en la comprensión de los conceptos estudiados. El multimedia puede ser usado para cualquier bachillerato y la prueba del mismo fue desarrollada en la Preparatorio Agrícola de la Universidad Autónoma Chihuahua y se trabajó con alumnos de licenciatura de nivel bachillerato que tienen edades entre 16 y 18 años. Finalmente, es recomendable que este material esté disponible para obtener una validación más amplia mediante su prueba con otros maestros de otras instituciones de nivel Bachillerato o de manera más avanzada en internet.

MONTALEGÓN, NUEVO LEÓN 2008

B-7.- Trabajo presentado en la Reunión Anual de la American Association of Physics Teacher sección México.