

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN**

Óptica y Acústica (Manual de prácticas)

INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES, SISTEMAS Y ELECTRÓNICA

**Ana María Terreros de la Rosa
Ramón Osorio Galicia
Jaime Rodríguez Martínez
Juan Rogelio Castro Sánchez
Baruch Arriaga Morales
Jesús Felipe Lanuza García
Eduardo Carrizales Ramírez**



Edición **UNAM es FESC**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
SECCIÓN: ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

Óptica y Acústica

(Manual de prácticas)

ASIGNATURA: ÓPTICA Y ACÚSTICA

CLAVE: 1420

INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES, SISTEMAS Y ELECTRÓNICA

CLAVE: 111-36

AUTORES:

Ana María Terreros de la Rosa

Ramón Osorio Galicia

Jaime Rodríguez Martínez

Juan Rogelio Castro Sánchez

Baruch Arriaga Morales

Jesús Felipe Lanuza García

Eduardo Carrizales Ramírez

MAYO 2013.

INTRODUCCIÓN

El presente manual forma parte de la actualización de prácticas de la asignatura de Óptica y Acústica.

Las prácticas han sido modificadas y actualizadas de acuerdo al programa de la asignatura, dando como resultado la elaboración de 10 prácticas, 7 de ellas cubren los temas de Óptica y 3 de Acústica.

Debido al cambio tecnológico, se requiere una constante actualización de prácticas tradicionales y establecimiento de nuevos procedimientos y métodos.

Cada práctica cubre varios temas del programa y está dividida en:

- Cuestionario previo
- Objetivos
- Fundamentos teóricos
- Desarrollo
- Cuestionario
- Conclusión

ELABORACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL REPORTE DE LAS PRÁCTICAS

El cuestionario previo se entrega el día de la elaboración de la práctica en cuestión.

1. Portada (debe incluir como datos mínimos):
 - a. Nombre del alumno.
 - b. Nombre del laboratorio.
 - c. Nombre y número de práctica.
 - d. Grupo de laboratorio.
2. Objetivo de la práctica.
3. Introducción.
4. Listado de material y equipo.
5. Desarrollo (se deben de redactar los pasos seguidos para la elaboración de la práctica).
6. Resultados, se deben de incluir todos los cálculos, tablas, gráficas y respuestas de acuerdo al desarrollo de la práctica en cada punto que se vayan solicitando (no se deben incluir únicamente los resultados juntos al final de la práctica).
7. Conclusiones.
8. Bibliografía.

Nota: Estas instrucciones se proporcionan sólo como recomendación para el profesor que imparte el laboratorio. El profesor tiene la libertad para adecuar el reporte a sus propias necesidades, siempre y cuando cumpla con el sistema de gestión de la calidad.

BREVE HISTORIA DE LA ÓPTICA

En 1900 a.C. se encontró un espejo cerca de la pirámide de Sesostri II.

La primer referencia a las lentes es en los escritos de Confucio en 500 a. C.

En el libro “La República de Platón”, es donde se menciona por primera vez el fenómeno de la refracción.

En el libro de “Catróptica”, de Euclides en 300 a.C. estableció por primera vez la ley de reflexión y algunas propiedades de los espejos esféricos.

En el transcurso de la edad media prácticamente no hubo desarrollo, lo más relevante fue:

- Al Hazen (965-1038 d.C.), estudió la refracción.
- Roger Bacón (1214-1294 d.C.), sugirió la forma en que se podría construir un telescopio aunque nunca lo construyó.

Durante el Renacimiento, hubo más avances que en la Edad Media, algunos fueron:

- Zacharias Janssen. (Holanda, 1604), construye el primer telescopio con una amplificación aproximada de 3 veces.
- Hans Lippersey. (Holanda, 1608), construye el segundo telescopio.
- Galileo Galilei. (Venecia, 1609), construye el mejor telescopio con una amplificación aproximada de 30 veces.
- Willebrod Snell. (Holanda, 1621), descubre la ley de la refracción.
- Robert Hooke. (1665), contruyó el primer microscopio compuesto.
- Isaac Newton. (1672), publicó el fenómeno de la dispersión cromática de la luz en prismas y comprobó la obtención de la luz blanca con la superposición de todos los colores.
- Antony Van Lewenhook. (1674), construye el primer microscopio simple (lupa).
- Christian Huygens. (1678), en Holanda, explicó por medio de la teoría ondulatoria la reflexión, refracción, interferencia y difracción, aunque sólo en forma cualitativa.
- Pierre Fermat. (1679), establece su principio.
- Tomas Young. (1801), describe el experimento de la doble rendija.
- Wollasten, (1802) y J. Fraunhofer. (1807), aplicaron el fenómeno de la dispersión cromática de la luz en prismas con el fin de construir un espectroscopio con propósitos astronómicos.
- Étienne-Louis Malus. (1808), descubrió la polarización de la luz por medio de la reflexión y junto con David Brewster en 1815 hicieron un estudio completo de éste fenómeno.

- H. L. Fizeau. (1849), midió por primera vez en forma directa la velocidad de propagación de la luz. León Foucault, probó experimentalmente en 1850 que la velocidad de la luz es menor en un medio denso que en el vacío.
- J. Clerk Maxwell. (1880), comprobó que la luz es una onda electromagnética transversal de la misma naturaleza de las ondas de radio, diferenciándose de éstas sólo que su frecuencia es mucho mayor.
- Henrich Hertz. (1886), en Alemania, probó experimentalmente la existencia de las ondas de radio, confirmando así la teoría electromagnética de Maxwell. Hertz también descubrió el efecto fotoeléctrico.
- H.A. Lorentz y P. Zeeman. (1902), recibieron el premio Nobel en Física por el descubrimiento del efecto electroóptico que lleva el nombre de P. Zeeman.
- Albert A. Michelson. (1907), recibe el premio Nobel en Física por la construcción de instrumentos ópticos de precisión.
- Gabriel Lippmann. (1908), recibe el premio Nobel en Física por el proceso que usaba el fenómeno de la interferencia en películas delgadas para obtener fotografías en color.
- Gullstrand, A. (1911), recibe el premio Nobel en Medicina por el estudio completo del ojo humano y su fisiología.
- Max Planck. (1918), recibe el premio Nobel en Física por la teoría de la radiación del cuerpo negro.
- Albert Einstein. (1921), recibe el premio Nobel en Física al explicar el efecto fotoeléctrico.
- Dennis Gabor. (1971), recibe el premio Nobel en Física por el invento de los hologramas.

Estudio de la óptica:

- La óptica moderna abarca las áreas de la ciencia y la ingeniería o las propiedades cuánticas de la luz.
- La óptica cuántica trata las propiedades mecánicas de la luz, aplicaciones (como el láser), fotomultiplicadores, diodos emisores y células fotovoltaicas.
- La física óptica, es el estudio de la generación de la radiación electromagnética, las propiedades de esa radiación, y la interacción de esa radiación con la materia, especialmente su manipulación y control.

Los investigadores en la física óptica utilizan y desarrollan fuentes de luz que abarcan todo el espectro electromagnético desde las microondas hasta los rayos X. El campo incluye la generación y detección de la luz, procesos lineales y no lineales, y la espectroscopia. Los láser y la espectroscopia láser, han transformado la ciencia óptica. Un importante campo de estudio de la física óptica es la óptica cuántica y la luz coherente, y la óptica de los femtosegundos (unidad de tiempo que equivale a la milbillonésima parte de un segundo).

OBJETIVO DE LA ASIGNATURA

Al término de la asignatura, el participante:

1. Analizará los conceptos, principios y leyes fundamentales de Óptica y Acústica.
2. Desarrollará la habilidad de observación y manejo de aparatos en el laboratorio para aplicarla en problemas relacionados en las asignaturas consecuentes y en la práctica profesional.

OBJETIVO DEL CURSO EXPERIMENTAL

Al término del curso experimental, el alumno:

Desarrollará la habilidad de observación y el manejo de dispositivos experimentales para la correcta realización de experimentos relacionados con fenómenos ópticos y acústicos como antecedente en su formación y práctica profesional.

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN DEPARTAMENTO DE FÍSICA	
	REGLAMENTO INTERNO DEL LABORATORIO DE FÍSICA	CODIGO:S/C
		N° DE REVISIÓN: 1

OBJETIVO

Establecer los lineamientos de funcionamiento del laboratorio para que los profesores, alumnos y personal administrativo, puedan aplicar el método científico en la realización de las prácticas.

ALCANCE

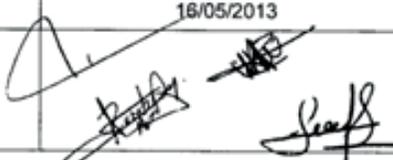
Aplica a las asignaturas teórico-prácticas de las siguientes carreras que se imparten en la Facultad:

CARRERA	ASIGNATURAS
Ingeniería Mecánica Eléctrica	Estática, Cinemática y Dinámica, Electricidad y Magnetismo.
Ingeniería Industrial	Estática, Cinemática y Dinámica, Electricidad y Magnetismo.
Ingeniería en Telecomunicaciones, Sistemas y Electrónica	Estática, Cinemática y Dinámica, Electricidad y Magnetismo, Óptica y Acústica y Teoría Electromagnética.
Ingeniería Agrícola	Física II y Mecánica
Licenciatura en Tecnología	Mecánica Clásica, Electromagnetismo, Física Moderna.

Ingeniería Química	Electromagnetismo y Física de Ondas.
Química	Física II y Física III
Química Industrial	Mecánica Clásica, Electricidad y Magnetismo y Física de Ondas

Para dar cumplimiento a dicho objetivo es necesario llevar a cabo, en apego estricto, los siguientes lineamientos:

1. El aviso para inscripciones a los Laboratorios de Física se publicará oportunamente especificando lugar, fecha y horario de atención.
2. Para poder inscribirse, el alumno deberá presentar su tira de materias con las asignaturas respectivas e identificación oficial vigente.
3. La inscripción a los laboratorios se realizará únicamente en la fecha establecida (después del período de altas y bajas y antes de la tercera semana).
4. El jefe de sección entregará a cada profesor el formulario FPE-FS-DEX-01-04 (evaluación de alumnos), antes de la primera sesión.
5. Las prácticas de laboratorio iniciarán después del periodo de altas y bajas, finalizando en la antepenúltima semana de clases, de acuerdo al registro FPE-FES-DEX-01-07 (programa de prácticas de laboratorio), el que deberá ser respetado, publicado y entregado a cada profesor oportunamente.
6. Para la realización de las prácticas queda prohibido:
 - Realizar más de una práctica por sesión.
 - Aceptar o agregar alumnos que no estén en el formulario FPE-FS-DEX-01-04 (evaluación de alumnos).
 - Juntar grupos.

	Elaboró	Revisó y Aprobó	Autorizó Emisión
Puesto:	Jefe de Departamento Jefe de Sección Responsable de Calidad	Comité de Calidad	Jefe de Comité de Calidad
Nombre:	Ing. Casildo Rodríguez Arciniega Ing. Roberto Reyes Arce Ing. José Luis Palmas Velasco	Ing. Roberto Reyes Arce Ing. Ángel Rueda Ángeles Ing. José Luis Palmas Velasco Q. Jaime Pérez Huerta	Ing. Casildo Rodríguez Arciniega
Fecha:	14/05/2013	16/05/2013	17/05/2013
Firma:			

7. Queda prohibido realizar prácticas que no estén en el alcance o consideradas en el Departamento de Física.

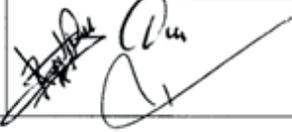
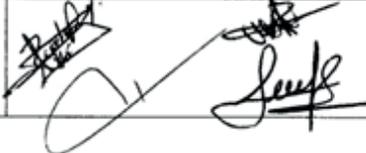
8. En la presentación del curso experimental, el profesor deberá:
 - Verificar que los alumnos que se presenten al laboratorio se encuentren registrados en el formulario FPE-FS-DEX-01-04 (evaluación de alumnos).
 - Dar a conocer a los alumnos el programa de prácticas de laboratorio.
 - Dar a conocer a los alumnos el Reglamento de Seguridad e Higiene del Laboratorio de Física y el Reglamento Interno del Laboratorio de Física.
 - Informar a los alumnos que los laboratorios están certificados bajo la norma ISO 9001:2008.
 - Presentar a los alumnos, el o los laboratoristas que colaborarán durante el curso; indicando las actividades que realizan.
 - Dar a conocer a los alumnos la manera de trabajar durante el curso:
 - a) Organizar a los alumnos para realizar las actividades experimentales.
 - b) Evaluación parcial y final (antes-durante-después) considerando los criterios señalados en la hoja de seguimiento al producto.
 - c) Procedimiento para el préstamo de material y equipo.
 - Informar a los alumnos que el porcentaje mínimo de asistencia es del 80% para la acreditación del mismo.
9. Para realizar cada práctica, el alumno podrá disponer del equipo y material necesario listado en la práctica, llenando el vale de préstamo de material/equipo FPE-FS-DEX-01-03, dejando en garantía su credencial vigente.
10. Es responsabilidad del profesor y alumnos el buen uso y manejo del equipo y material, así como también la devolución en buen estado de los mismos.
11. Cuando se presente una descompostura ó falla imprevista del equipo y/o material, la brigada deberá comunicárselo a su profesor y éste a su vez al encargado en turno o responsable para que sea reemplazado por otro en buen estado.
12. En caso de presentarse una descompostura o rotura del equipo y/o material por negligencia, uso indebido, o la pérdida del mismo, la brigada deberá cubrir, ya sea el costo de la reparación o reposición, a través de la supervisión y coordinación del profesor, antes del fin de clases del semestre; de no ser así se detendrán las calificaciones de toda la brigada y no se asentarán en listas hasta que sea saldado el adeudo. La credencial de respaldo del vale quedará en el laboratorio como garantía.
13. Al finalizar la práctica el alumno deberá dejar limpio el salón, no dejando papeles o basura y colocar los bancos sobre la mesa. Así como informar de cualquier anomalía durante su estancia en el laboratorio.
14. La persona que sea sorprendida maltratando o haciendo mal uso del mobiliario o instalaciones de laboratorio, será sancionada con la reparación del daño y lo que indique la legislación universitaria.

15. La calificación mínima aprobatoria es 6.
16. Es obligación del profesor cubrir el 100% de prácticas programadas.
17. Será responsabilidad del profesor de laboratorio dar a conocer a sus alumnos las calificaciones parciales y final obtenida.
18. Los profesores deberán entregar sus calificaciones a la jefatura de sección con la copia del formato FPE-FS-DEX-01-04 (evaluación de alumnos), de acuerdo al aviso de finalización de prácticas, FPE-FS-DEX-01-09.
19. Es requisito acreditar el laboratorio para que el profesor de teoría asiente la calificación.
20. La jefatura de sección correspondiente proporcionará el listado final de calificaciones a los profesores de teoría.
21. Cuando el alumno no apruebe la parte teórica de la asignatura y acredite el laboratorio correspondiente, su calificación aprobatoria tendrá vigencia de dos semestres posteriores al que se haya cursado.
22. Quien haga uso de los laboratorios en la realización de proyectos académicos, acatará lo dispuesto en el presente reglamento y en el de Seguridad e Higiene.
23. Situaciones no contempladas en este reglamento deberán acordarse, por las partes involucradas y el Departamento de Física.

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN DEPARTAMENTO DE FÍSICA	
	REGLAMENTO DE SEGURIDAD E HIGIENE DEL LABORATORIO DE FÍSICA	CODIGO:S/C
		N° DE REVISIÓN: 1

1. El presente reglamento es aplicable a los laboratorios de Física de campo 1 y campo 4, así como obligatorio para el personal académico, alumnos y trabajadores administrativos que hagan uso de los mismos y no excluye a otra reglamentación que resulte.
2. Los laboratorios deberán estar acondicionados, como mínimo, con lo siguiente:
 - Un tablero de control (centro de cargas), para energía eléctrica, con señalamientos para su identificación y ubicar fácilmente los circuitos que se energizan.
 - Un botiquín de primeros auxilios.
 - Agua potable.
 - Drenaje.
 - Señalamientos de protección civil.

3. Todas las actividades experimentales que se realicen en los laboratorios deberán estar supervisadas por un responsable, previa autorización del Jefe del Departamento o Jefe de Sección correspondiente.
4. El personal académico, administrativo y alumnos que utilicen las instalaciones del laboratorio, deberán saber:
 - Que hacer en caso de incendios y sismos.
 - Las zonas de seguridad.
 - Las rutas de evacuación.
 - La ubicación del equipo para combatir incendios.
5. En los laboratorios queda prohibido:
 - Correr.
 - Empujar a los compañeros.
 - Jugar.
 - Fumar.
 - Consumir alimentos y bebidas alcohólicas.
 - Todas aquellas acciones que pongan en peligro la integridad de quien hace uso de las instalaciones.

	Elaboró	Revisó y Aprobó	Autorizó Emisión
Puesto:	Jefe de Departamento Jefe de Sección Responsable de Calidad	Comité de Calidad	Jefe de Comité de Calidad
Nombre:	Ing. Casildo Rodríguez Arciniega Ing. Roberto Reyes Arce Ing. José Luis Palmas Velasco	Ing. Roberto Reyes Arce Ing. Ángel Rueda Ángeles Ing. José Luis Palmas Velasco Q. Jaime Pérez Huerta	Ing. Casildo Rodríguez Arciniega
Fecha:	14/05/2013	16/05/2013	17/05/2013
Firma:			

6. Las puertas de acceso y salidas de emergencia deberán de estar siempre libres de obstáculos y en posibilidad de ser utilizadas ante cualquier contingencia.
7. El profesor deberá tener identificados los riesgos específicos de cada práctica e indicar a los alumnos las medidas de seguridad adecuadas al usar el equipo.
8. Durante el desarrollo de las actividades experimentales deberán cumplir con las siguientes disposiciones:
 - Uso obligatorio de bata para el profesor, alumnos y personal administrativo.
 - Debe evitarse el uso de anillos, pulseras, collares y cadenas.
 - De preferencia utilizar equipos y herramientas que cuenten con cable de alimentación con conexión a tierra física.

- Al utilizar fuentes de alimentación, deberán estar apagadas mientras se hacen conexiones y desconexiones en los circuitos eléctricos.
 - Revisar continuamente los cables y terminales antes de utilizarlos, verificando que no estén dañados.
 - Evitar estar en contacto con materiales metálicos o pisos húmedos al energizar equipo eléctrico.
 - No llevar ropa holgada ni cabello largo y suelto cerca de máquinas en movimiento o equipo energizado.
 - Para la protección de los equipos, no utilizar fusibles de mayor o menor amperaje al indicado por el fabricante.
 - Al trabajar con cargas electrostáticas se deberá usar una esfera de descarga.
 - Cuando se utilice alto voltaje, el profesor deberá verificar que no se conecte ningún equipo a la línea de alimentación hasta que se revisen las conexiones de acuerdo al diagrama correspondiente.
 - Cuando se trabaje con cautines, muflas, soldadura, agua caliente o elementos a los cuales se les tenga que incrementar su temperatura, se deberán llevar a un área asignada para su enfriamiento y posterior manipulación teniendo cuidado de no tocarlos.
9. Cualquier medida y/o procedimiento no considerado en el presente reglamento queda sujeto a lo indicado en el Reglamento de Seguridad e Higiene para los laboratorios de FES Cuautitlán.

ÍNDICE

PRÁCTICAS		Unidad, tema y subtema relacionado con el índice temático del programa de la asignatura
Número	Título	
1	Movimiento ondulatorio	Unidad 1. Naturaleza de la luz. Subtemas: 1.2, 1.3
2	Ondas electromagnéticas	Unidad 1. Naturaleza de la luz. Subtemas: 1.1, 1.4
3	Propagación de la luz	Unidad 1: Naturaleza de la luz. Subtemas: 1.1, 1.2, 1.3 Unidad 2: Principios y fundamentos de la óptica. Subtemas: 2.1, 2.3, 2.3.1
4	Óptica geométrica (Parte I)	Unidad 3: Óptica geométrica. Subtemas: 3.6
5	Óptica geométrica (Parte II) y polarización	Unidad 3: Óptica geométrica Subtemas: 3.4, 3.5 Unidad 4: Óptica física Subtemas: 4.1
6	Interferencia	Unidad 4: Óptica física. Subtemas: 4.2, 4.3
7	Difracción	Unidad 4: Óptica física. Subtemas: 4.4, 4.5
8	Transmisión del sonido por medio del láser	Unidad 4: Óptica física. Subtemas: 4.6 Unidad 5: Efectos fotoeléctricos y electro ópticos. Subtemas: 5.2 Unidad 8: transmisión del sonido. Subtemas: 8.5
9	Transmisión del sonido por medio de microondas	Unidad 7: Principios y fundamentos de la acústica. Subtemas: 7.2 Unidad 8: Transmisión del sonido. Subtemas: 8.4, 8.5
10	Acústica	Unidad 6: Naturaleza del sonido. Subtemas: 6.1, 6.2, 6.3, 6.4

PRÁCTICA 1

MOVIMIENTO ONDULATORIO

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

UNIDAD 1: NATURALEZA DE LA LUZ

SUBTEMAS: 1.2, 1.3

SEMESTRE LECTIVO: _____

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR (NOMBRE Y FIRMA)		

CONCEPTO	%	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (investigar y comprender)	(20%)	
Aprender a usar los equipos	(20%)	
Trabajo en equipo	(20%)	
Comparación y análisis de resultados	(20%)	
Redacción y presentación de reporte	(20%)	

CALIFICACIÓN FINAL PRÁCTICA 1	
--------------------------------------	--

CUESTIONARIO PREVIO

1. ¿Qué es un movimiento ondulatorio? Describa sus características.
2. Describa las características de las ondas longitudinales y transversales. Enuncie algunos ejemplos.
3. Defina la onda armónica y escriba algunos ejemplos de expresiones matemáticas equivalentes para la onda armónica viajera.
4. Defina los siguientes términos de movimiento armónico, así como sus unidades correspondientes:
 - a) Longitud de onda (λ)
 - b) Periodo (T)

- c) Frecuencia (f)
 - d) Número de onda (k)
 - e) Frecuencia angular (ω)
 - f) Amplitud (A)
5. ¿Cuál es la relación entre frecuencia y longitud de onda?
 6. Defina los siguientes conceptos:
 - a) Fase de la onda armónica
 - b) Velocidad de propagación de la onda (velocidad de fase)
 7. Describa los conceptos de ondas:
 - a) Plana
 - b) Cilíndrica
 - c) Esférica
 8. Suponiendo un tren de ondas: plana, cilíndrica y esférica. Dibuje sus frentes de onda y rayos correspondientes.
 9. Describa las características de una onda estacionaria. Identifique nodos y antinodos en la misma.

OBJETIVOS

- I. Demostrar experimentalmente el fenómeno del movimiento ondulatorio.
- II. Determinar experimentalmente las características de las ondas armónicas.
- III. Determinar experimentalmente las características de las ondas armónicas bidimensionales

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Uno de los fenómenos más importantes en la naturaleza es, la transmisión de la energía de un punto a otro por el movimiento de las ondas. A la propagación de la energía por medio de una perturbación en un medio, y no por el movimiento del medio mismo, se le llama movimiento ondulatorio. La energía radiada en ondas a través de un medio propicio ocasiona vibraciones, o bien las vibraciones producen ondas, por lo tanto el movimiento ondulatorio en todas sus formas transporta energía.

Una onda consiste en oscilaciones que se mueven sin arrastrar materia con ellas, es decir, la perturbación avanza pero no el medio material. Por medio de la mano podemos transferir energía a una cuerda la cual a su vez, la transporta y puede transmitirla a un objeto al otro extremo de ella. Es posible formar un pulso único en una cuerda mediante un movimiento rápido de la mano hacia arriba y hacia abajo.

Las ondas se clasifican según la dirección de los desplazamientos de las partículas con relación a la dirección del movimiento de la propia onda en:

- a) Si la vibración es paralela a la dirección de propagación de la onda, ésta se denomina longitudinal (figura 1.1). Una onda longitudinal siempre es mecánica. Las ondas sonoras son un ejemplo típico de esta forma de movimiento ondulatorio.

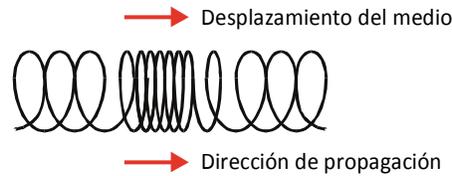


Figura 1.1. Onda longitudinal

- b) Si las vibraciones son perpendiculares a la dirección de propagación de la onda, ésta es transversal (figura 1.2). Las ondas transversales pueden ser mecánicas (como las ondas que se propagan a lo largo de una cuerda tensa cuando se produce una perturbación en uno de sus extremos), o electromagnéticas (como la luz, los rayos X o las ondas de radio) en las cuales las direcciones de los campos eléctricos y magnéticos son perpendiculares a la dirección de propagación.

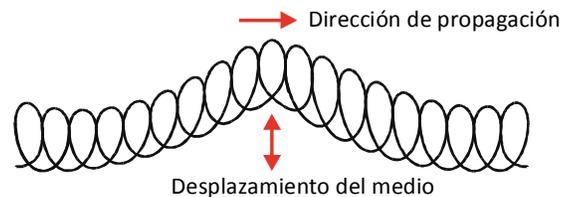


Figura 1.2. Onda transversal

Las ondas se pueden clasificar por el número de dimensiones en que se propaguen; las ondas que viajan a lo largo de una línea en una dimensión, como las ondas transversales en una cuerda estirada, o las ondas longitudinales en una varilla o en un tubo lleno de fluido son ondas lineales o unidimensionales; las ondas de agua son, por ejemplo, ondas bidimensionales. En el caso de las tridimensionales, podemos mencionar a las ondas sonoras y luminosas las cuales se dispersan radialmente desde una fuente pequeña.

Un frente de onda o cresta es una superficie cuyos puntos se hallan en el mismo estado de movimiento. Una línea trazada en la dirección del movimiento perpendicular al frente de onda, se llama rayo.

Las formas de los frentes de onda son muchas, aunque las principales para su estudio son las planas (figura 1.3), las esféricas (figura 1.4) y las cilíndricas.

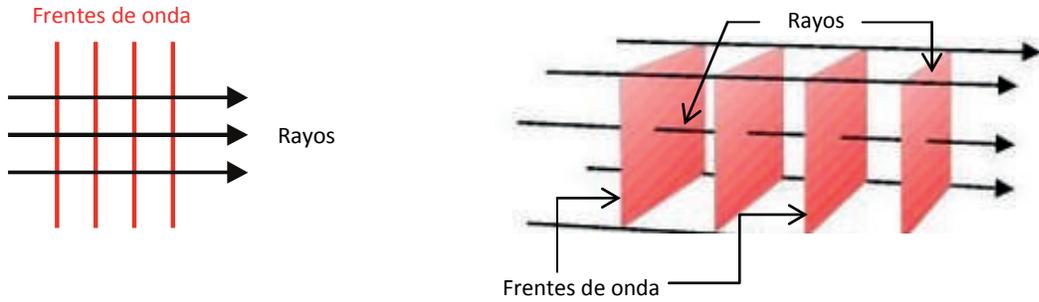


Figura 1.3. Frentes de onda planas

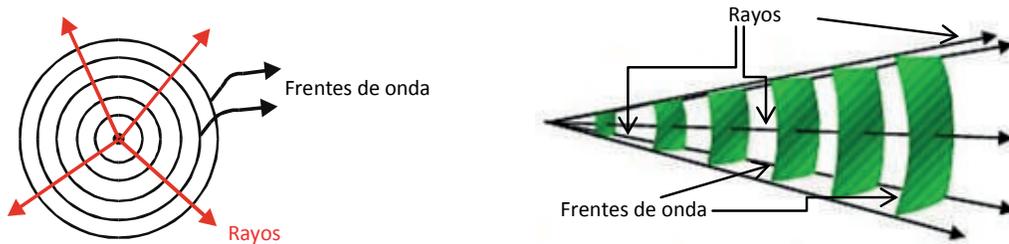


Figura 1.4. Frentes de onda esféricas

Cuando dos ondas de igual amplitud, longitud de onda y velocidad, avanzan en sentido opuesto a través de un medio, se forman ondas estacionarias. Por ejemplo, si se ata a una pared el extremo de una cuerda y se agita el otro extremo hacia arriba y hacia abajo, las ondas se reflejan en la pared y vuelven en sentido inverso.

Si suponemos que la reflexión es perfectamente eficiente, la onda reflejada estará media longitud de onda retrasada, con respecto a la onda inicial. Se producirá interferencia entre ambas ondas y el desplazamiento resultante en cualquier punto y momento será la suma de los desplazamientos correspondientes a la onda incidente y la onda reflejada. En los puntos en los que una cresta de la onda incidente coincide con un valle de la reflejada, no existe movimiento; estos puntos se denominan nodos (figura 1.5).

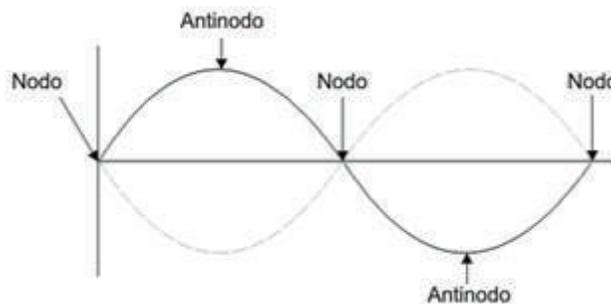


Figura 1.5. Nodos y antinodos en una onda estacionaria

A mitad de camino entre dos nodos, las dos ondas están en fase, es decir, las crestas coinciden con crestas y los valles con valles; en esos puntos, la amplitud de la onda resultante es dos veces mayor que la de la onda incidente; por tanto, la cuerda queda dividida por los nodos en secciones de una longitud de onda. Entre los nodos (que no avanzan a través de la cuerda), la cuerda vibra transversalmente.

ONDAS SUPERFICIALES EN UN LÍQUIDO

Las ondas superficiales en un líquido (figura 1.6), se originan cuando una porción del líquido en la superficie libre se desplaza de su posición de equilibrio.

Un tren de ondas producidas en la superficie del agua, en la cuba de ondas, se observarán en la pantalla como una serie de franjas brillantes (crestas) y oscuras (valles).



Figura 1.6. Ondas superficiales en un líquido

Las crestas (máximos de la onda), actúan como lentes convergentes concentrando la luz de la lámpara y los valles (mínimos de la onda), actúan como lentes divergentes dispersándola.

La longitud de onda se obtiene midiendo la distancia entre crestas o entre valles (distancia entre dos franjas brillantes o entre las franjas oscuras consecutivas).

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Ondas mecánicas
2. Ondas unidimensionales
3. Ondas armónicas
4. Ondas estacionarias en una cuerda

MATERIAL Y EQUIPO

- 1 Generador mecánico de ondas y aditamentos
- 1 Generador de funciones analógico
- 1 Osciloscopio con un cable de entrada
- 2 Soportes universales
- 2 Prensas de carpintero
- 1 Estroboscopio digital
- 1 Cuba de ondas con aditamentos
- 1 Flexómetro
- 1 Regla
- Cartulina blanca

DESARROLLO

I. MOVIMIENTO ONDULATORIO EN UNA CUERDA

a) Con base en la figura 1.7:

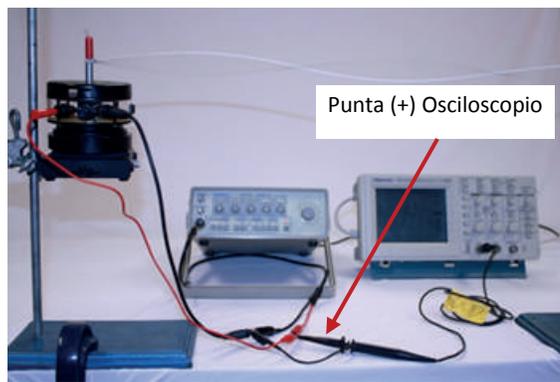


Figura 1.7. Conexión del generador mecánico

- Encienda el generador de funciones y conecte a la salida de 50Ω , con una función senoidal a su máxima amplitud y una frecuencia de 20 Hz.
- Conecte el osciloscopio al generador de funciones para verificar su frecuencia. El positivo-tierra del osciloscopio al positivo-negativo respectivamente del generador de funciones. (El osciloscopio permanece conectado durante la práctica).
- El generador mecánico de ondas:
 - Debe estar fijo en un soporte universal de modo que quede firme.
 - No tiene polaridad.
 - Tiene un botón (unlock-Lock), el cual tiene que estar desactivado (unlock).
 - Enciende al conectarlo al generador de funciones.

- En el accesorio (plug), se ata el hilo, después se coloca en el orificio (figura 1.8).

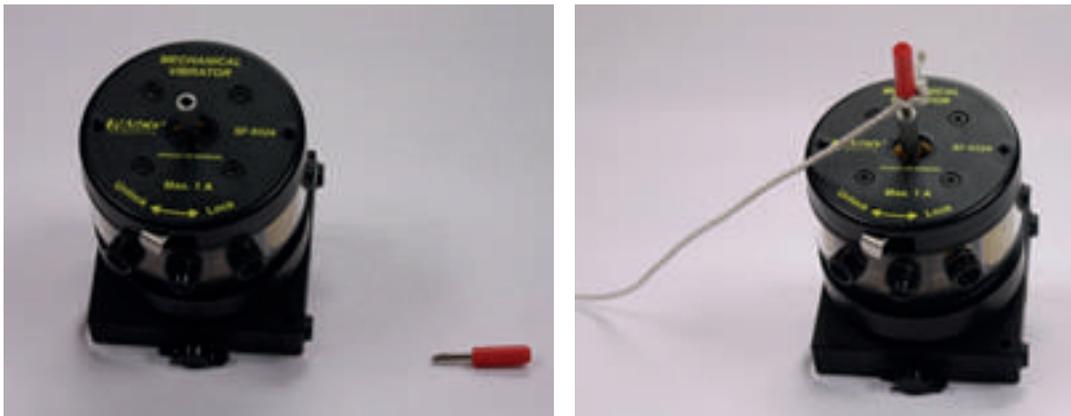


Figura 1.8. Generador mecánico de ondas y accesorio

- b) Sujete un extremo del hilo al generador mecánico de ondas y el otro extremo sujételo en el segundo soporte universal con la tensión necesaria para obtener una onda estacionaria con 2 nodos.

El dispositivo debe quedar instalado como se muestra en la figura 1.9, con una longitud aproximada del hilo de 1.5m a 2m.

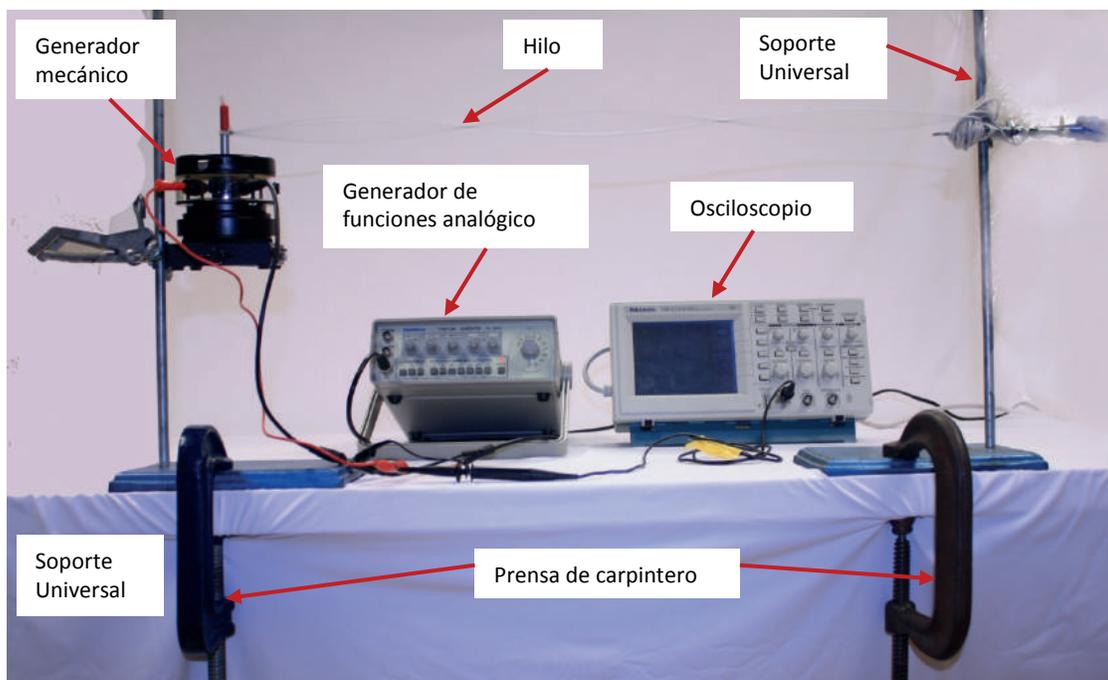


Figura 1.9. Movimiento ondulatorio

c) Marque un punto en el hilo, de tal manera que se ubique en la cresta o valle de una onda estacionaria.

1. Describa el movimiento del punto marcado así como, la dirección de propagación y de acuerdo a éstas características, explique qué tipo de onda mecánica se generó.

2. Dibuje la onda estacionaria y el movimiento del punto marcado.

3. ¿Qué transporta el hilo durante la propagación de las ondas?

d) Explicación por parte del profesor del funcionamiento del estroboscopio.

e) Conecte el estroboscopio (Figura 1.10), enciéndalo, apague la luz del aula y desde un costado del soporte universal proyecte su luz a lo largo del hilo, iniciando desde cero, varíe la frecuencia del estroboscopio hasta que la onda incidente se observe estática.



Figura 1.10. Estroboscopio

4. ¿En qué momento se puede observar la onda estática con el estroboscopio?

Apague el estroboscopio y encienda la luz.

f) Llene la tabla 1.1, para cada una de las frecuencias indicadas para el generador de funciones de acuerdo a lo siguiente:

- Anote el valor de la frecuencia indicada en el osciloscopio.
- Al estabilizarse la onda estacionaria, mida su longitud de onda (λ).
- Calcule la velocidad de propagación de la onda ($V=\lambda f$)

Generador de funciones Frecuencia (Hz)	Osciloscopio Frecuencia (Hz)	Longitud de onda (λ) (m)	Velocidad de propagación (m/s)
20			
40			
60			

Tabla 1.1. Onda en una cuerda

5. De acuerdo a la tabla 1.1, explique en función de la frecuencia y longitud de onda, si el desplazamiento de propagación a lo largo del hilo se puede considerar a velocidad constante.

II. ONDAS BIDIMENSIONALES

a) Realice las siguientes conexiones:

- I. Conecte el cable de alimentación de la fuente de luz blanca y de la carátula del estroboscopio mecánico (Figura 1.11).
- II. El botón de encendido/apagado está por la parte trasera de la carátula.



Figura 1.11. Estroboscopio mecánico

b) Conecte el cable de alimentación del generador de ondas. (Fig. 1.12).

El botón de ajuste de amplitud debe estar en el mismo número por ambos lados.



Figura 1.12. Generador de ondas

c) Vierta un poco de agua en el tanque de ondas.

d) Coloque en el generador de ondas el perturbador lineal (Figura 1.13), y acérquelo al tanque de ondas hasta que roce el agua (los tornillos inferiores del perturbador lineal no deben tocar el agua).

La perilla de fase debe estar en 45.

Mueva la perilla de frecuencia en la letra "B" para que se originen las ondas.

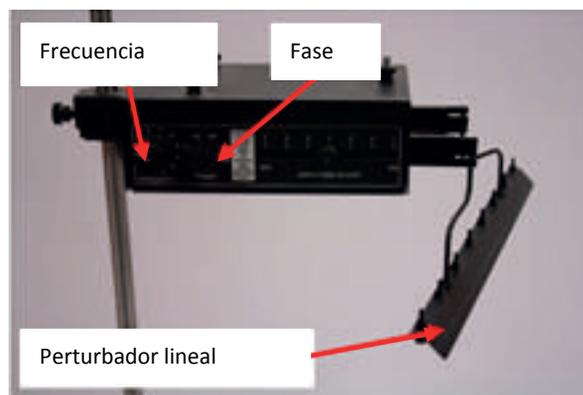


Figura 1.13. Generador de ondas

e) Apague la luz del aula, encienda el estroboscopio mecánico y mueva la perilla de ajuste de frecuencia (fig. 1.14), hasta que la proyección de las ondas en la cartulina se observen estacionarias. Mueva lentamente la frecuencia para que se estabilice la lectura en la carátula.

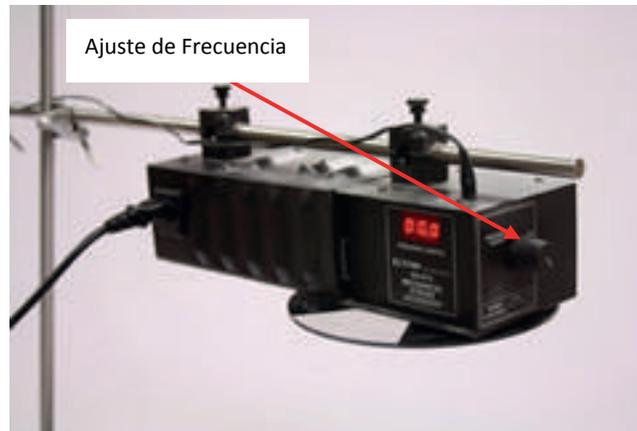


Figura 1.14. Estroboscopio mecánico

f) El dispositivo debe quedar armado como lo indica la figura 1.15:

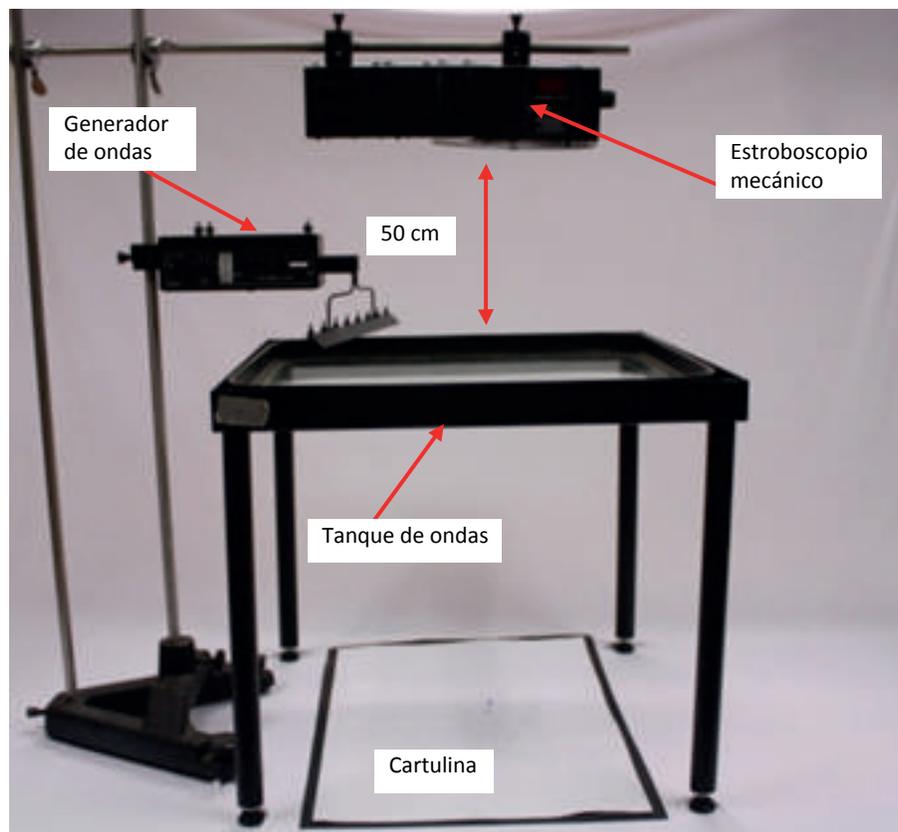


Figura 1.15. Ondas bidimensionales

6. Llene la tabla 1.2, para tres frecuencias diferentes del generador de ondas (se recomienda de la letra "c" a la "d"), de acuerdo a lo siguiente:
 - Anote el valor de la frecuencia indicada en la carátula del estroboscopio mecánico.
 - En la cartulina trace los frentes de onda estacionarios y con el flexómetro mida la longitud de onda (λ).

- Calcule la velocidad de propagación de la onda ($V=\lambda f$)

Generador de ondas Frecuencia (Hz)	Estroboscopio mecánico Frecuencia (Hz)	Longitud de onda (λ) (m)	Velocidad de propagación (m/s)
Letra " "			
Letra " "			
Letra " "			

Tabla 1.2. Onda con perturbador lineal

7. De acuerdo a la tabla 1.2, explique en función de la frecuencia y longitud de onda si el desplazamiento de propagación de la onda se puede considerar a velocidad constante.

8. Dibuje una onda de la tabla 1.2, indicando los frentes de onda, la dirección de propagación de la onda (rayos), y medida de la longitud de onda.

g) De acuerdo a lo observado, indique:

9. Tipo de frente de onda: _____
10. Tipo de onda: _____

h) Apague todos los equipos.

i) En el generador de ondas (con cuidado), retire la base recta dejando un soporte para que haga la función de un perturbador puntual (fig. 1.16), introdúzcalo al tanque de ondas hasta que esté a la mitad del nivel del agua.

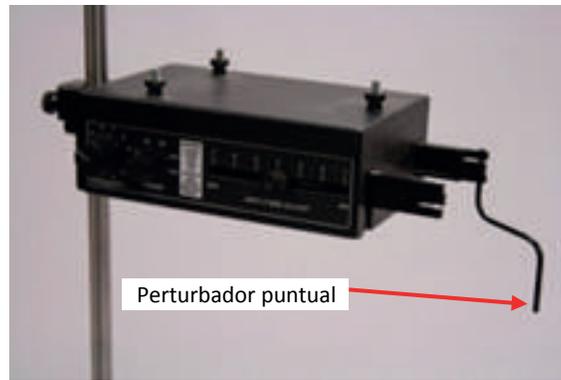


Figura 1.16. Generador de ondas

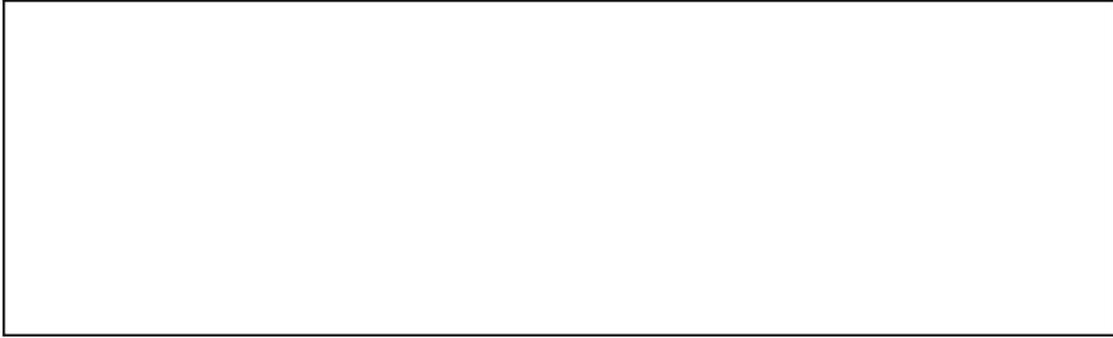
- j) Apague la luz del aula, encienda el estroboscopio mecánico y mueva la perilla de ajuste de frecuencia (figura 1.15), hasta que la proyección de las ondas en la cartulina se observen estacionarias.
11. Llene la tabla 1.3 para cada una de las frecuencias indicadas para el generador de ondas de acuerdo a lo siguiente:
- Anote el valor de la frecuencia indicada en la carátula del estroboscopio mecánico.
 - En la cartulina trace los frentes de onda y con el flexómetro mida la longitud de onda (λ).
 - Calcule la velocidad de propagación de la onda ($V=\lambda f$).

Generador de ondas Frecuencia (Hz)	Estroboscopio mecánico Frecuencia (Hz)	Longitud de onda (λ) (m)	Velocidad de propagación (m/s)
Letra "c"			
Letra "d"			
Letra "e"			

Tabla 1.3. Onda con perturbador puntual

12. De acuerdo a la tabla 1.3, explique en función de la frecuencia y longitud de onda si el desplazamiento de propagación de la onda se puede considerar a velocidad constante.

13. Dibuje una onda de la tabla 1.3, indicando los frentes de onda, la dirección de propagación de la onda (rayos), y medida de la longitud de onda.



k) De acuerdo a lo observado, indique:

14. Tipo de frente de onda: _____

15. Tipo de onda: _____

16. CONCLUSIONES

PRÁCTICA 2

ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

UNIDAD 1: NATURALEZA DE LA LUZ

SUBTEMAS: 1.1, 1.4

SEMESTRE LECTIVO: _____

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR (NOMBRE Y FIRMA)		

CONCEPTO	%	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (investigar y comprender)	(20%)	
Aprender a usar los equipos	(20%)	
Trabajo en equipo	(20%)	
Comparación y análisis de resultados	(20%)	
Redacción y presentación de reporte	(20%)	

CALIFICACIÓN FINAL PRÁCTICA 2	
--------------------------------------	--

CUESTIONARIO PREVIO

1. ¿Qué es una onda electromagnética?
2. Mencione las características principales de una onda electromagnética.
3. Explique el fenómeno de inducción electromagnética.
4. Defina el concepto de potencia electromagnética (vector poynting), y escriba su expresión matemática.
5. Defina el concepto de irradiancia o intensidad de una onda electromagnética y escriba su expresión matemática.

6. Defina y muestre la gráfica del espectro electromagnético indicando longitud de onda y frecuencia.
7. Indique el rango de frecuencia y longitud de onda de la luz visible.

OBJETIVOS

- I. Observar la inducción de ondas electromagnéticas por medio del osciloscopio.
- II. Realizar mediciones de irradiancia o intensidad luminosa (para el caso de la luz visible).

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

James Clerk Maxwell (1831-1879), resumió brillantemente las propiedades conocidas de los fenómenos eléctricos y magnéticos en cuatro ecuaciones, éstas predicen la existencia de las ondas electromagnéticas que se desplazan en el espacio vacío con rapidez definida igual a la rapidez de la luz.

Las ecuaciones muestran que los campos eléctricos y magnéticos que varían con el tiempo están interrelacionados. Estas ecuaciones son:

1. *Ley de Gauss*. El flujo eléctrico total a través de cualquier superficie cerrada es igual a la carga neta dentro de esa superficie dividida entre ϵ_0 (permitividad del medio).
2. *Ley de Gauss para el campo magnético*. El flujo magnético total a través de una superficie cerrada es cero, es decir, el número de líneas de campo magnético que entran en un volumen cerrado debe ser igual al número de líneas que salen.
3. *Ley de Faraday*. La integral de línea del campo eléctrico alrededor de cualquier trayectoria cerrada es igual a la razón de variación del flujo magnético a través de cualquier área superficial limitada por esa trayectoria, es decir, describe la forma en que puede inducirse un campo eléctrico mediante un flujo magnético variable.
4. *Ley de Ampere- Maxwell*. La integral de línea del campo magnético alrededor de cualquier trayectoria cerrada se determina mediante la suma de la corriente de conducción total a través de la trayectoria y, la razón de variación de flujo eléctrico a través de cualquier superficie limitada por esa trayectoria, es decir, describe como un campo magnético puede ser producido mediante un flujo eléctrico variable y una corriente de conducción.

En la siguiente tabla se muestran las ecuaciones de Maxwell:

Nombre	Forma Integral
1. Ley de Gauss	$\Psi_E = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{Q}{\epsilon_0}$
2. Ley de Gauss para el campo magnético (Inexistencia de carga magnética aislada)	$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$
3. Ley de Faraday	$\oint_\ell \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\frac{d\Psi_B}{dt}$
4. Ley de Ampere- Maxwell	$\oint_\ell \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Psi_E}{dt}$

Tabla 2.1. Ecuaciones de Maxwell

donde:

Ψ_E = Flujo eléctrico; \vec{E} = Campo eléctrico; $d\vec{s}$ = Elemento de superficie;

Ψ_B = Flujo magnético; ϵ_0 = Permitividad del medio; Q = Carga;

\vec{B} = Campo magnético; $d\vec{s}$ = Elemento de superficie; $d\vec{\ell}$ = Elemento de línea;

μ_0 = constante de permeabilidad magnética;

Maxwell demostró que las ondas electromagnéticas tenían una velocidad en el vacío igual a:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad (1)$$

donde:

c = velocidad en el vacío

μ_0 cte. de permeabilidad magnética = $4\pi \times 10^{-7} \left(\frac{Wb}{A}\right) m$

ϵ_0 cte. de permitividad del medio = $8.85418 \times 10^{-12} \left(\frac{C^2}{N}\right) m^2$

Sustituyendo los valores en la ecuación (1):

$$c = 2.99792 \times 10^8 \text{ (m/s)}$$

Esta cantidad es aproximadamente 3×10^8 m/s igual que la velocidad de la luz, por lo que Maxwell, pudo afirmar que la luz es una onda electromagnética.

Las ondas electromagnéticas están originadas por cargas eléctricas aceleradas. En éstas, los campos eléctricos y magnéticos son perpendiculares entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación de la onda, debido a esto, son ondas transversales.

Las ondas electromagnéticas no necesitan de un medio material para propagarse. La longitud de onda (λ), y la frecuencia (f), de las ondas electromagnéticas están relacionadas mediante la expresión:

$$c = \lambda f \quad (2)$$

donde:

c es velocidad en el vacío; λ es longitud de onda y f es frecuencia

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

La radiación electromagnética se puede clasificar en un espectro desde ondas de frecuencias muy elevadas (con longitudes de onda pequeñas), hasta frecuencias muy bajas (con longitudes de onda altas). La luz visible es sólo una pequeña parte del espectro electromagnético. Todas las radiaciones del espectro electromagnético presentan las propiedades típicas del movimiento ondulatorio, como la difracción y la interferencia.

En la figura 2.1, se muestra el espectro electromagnético por orden decreciente de frecuencias (o bien, orden creciente de longitudes de onda).

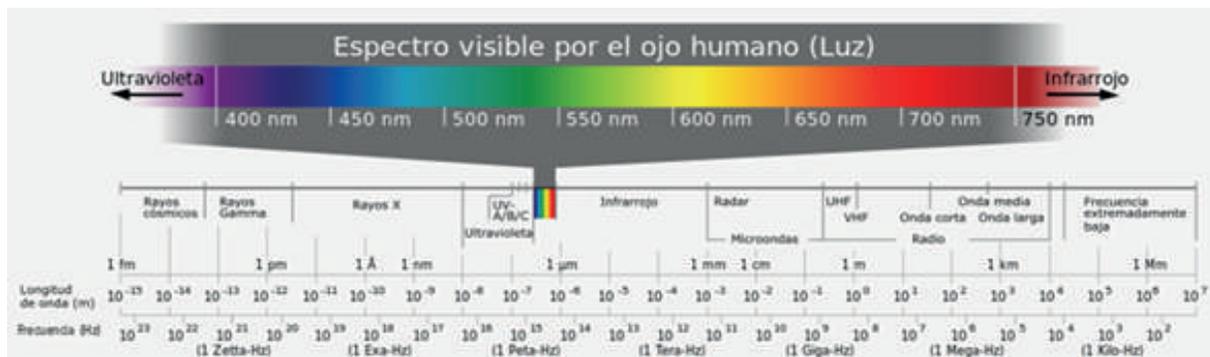


Figura 2.1. Espectro electromagnético

El espectro electromagnético está integrado por:

Ondas de Radio

Las ondas de radio se utilizan no sólo en la radiodifusión, sino también en la telegrafía inalámbrica, la transmisión por teléfono, la televisión, el radar, los sistemas de navegación y la comunicación espacial.

Microondas

Las microondas tienen muchas aplicaciones: radio y televisión, radares, meteorología, comunicaciones vía satélite, medición de distancias, investigación de las propiedades de la materia o cocinado de alimentos.

Infrarrojo

La radiación infrarroja puede detectarse como calor. Los rayos infrarrojos se utilizan para obtener imágenes de objetos lejanos ocultos por la bruma atmosférica que dispersa la luz visible pero no la radiación infrarroja. En astronomía se utilizan los rayos infrarrojos para estudiar determinadas estrellas y nebulosas.

Luz visible

Forma de radiación electromagnética similar al calor radiante, las ondas de radio o los rayos X. La luz corresponde a oscilaciones extremadamente rápidas de un campo electromagnético, en un rango determinado de frecuencias que pueden ser detectadas por el ojo humano. Las diferentes sensaciones de color corresponden a luz que vibra con distintas frecuencias, que van desde aproximadamente 4×10^{14} vibraciones por segundo en la luz roja hasta, aproximadamente 7.5×10^{14} vibraciones por segundo en la luz violeta.

Ultravioleta

La radiación ultravioleta puede ser dañina para los seres vivos, sobre todo cuando su longitud de onda es baja. La radiación ultravioleta con longitudes de onda inferiores a 300nm, se emplea para esterilizar superficies porque mata a las bacterias y los virus. En los seres humanos, la exposición a radiación ultravioleta de longitudes de onda inferiores a los 310nm, puede producir quemaduras; una exposición prolongada durante varios años puede provocar cáncer de piel.

Rayos X

Es una forma de radiación electromagnética o luz de muy alta energía (longitud de onda corta). Los rayos X, son invisibles para nosotros, pero pueden fácilmente penetrar nuestro cuerpo.

Rayos Gama

Radiación electromagnética de muy alta frecuencia y por lo tanto de alta energía, es emitida como consecuencia de la radioactividad.

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Ondas electromagnéticas
2. Ecuaciones de Maxwell
3. Potencia electromagnética

MATERIAL Y EQUIPO

- 1 Generador de funciones
- 1 Osciloscopio con dos puntas de prueba
- 1 Riel acanalado
- 1 Fuente de poder
- 1 Fuente de luz blanca
- 1 Juego de filtros (transparente, cuadrulado, rayado, rojo y azul)
- 1 Soporte universal con pinzas
- 2 Bobinas de 1000 espiras
- 1 Fotómetro
- 1 Colimador
- Cables de conexión

DESARROLLO

I. GENERACIÓN Y PROPAGACIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

- Encienda el generador de funciones y:
 - Seleccione la señal sinusoidal.
 - Ajuste la frecuencia a 5 kHz, con una amplitud máxima.
 - Conecte el cable de salida en la terminal de 50 Ω .
- Conecte la bobina inductora, como se muestra en la figura 2.2.

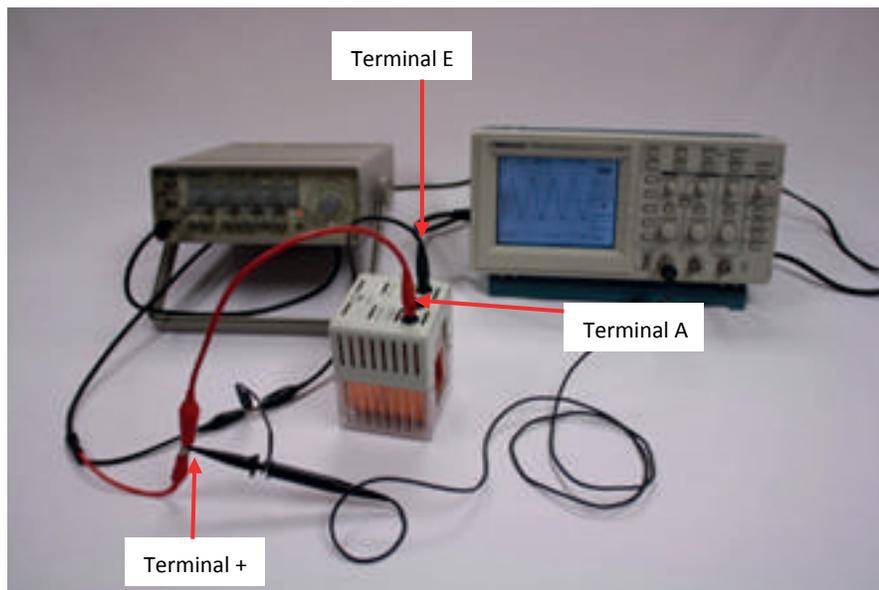


Figura 2.2. Conexión bobina inductora

- Conecte el cable de salida del generador de funciones a una bobina (emisora), a sus terminales A y E (cable rojo, terminal A; cable negro, terminal E).
 - Así mismo, conecte la entrada del canal 1 del osciloscopio, a la misma bobina para observar la señal de entrada (positivo, terminal A; tierra, terminal E).
- c) Conecte la bobina inducida (receptora), como se muestra en la figura 2.3.

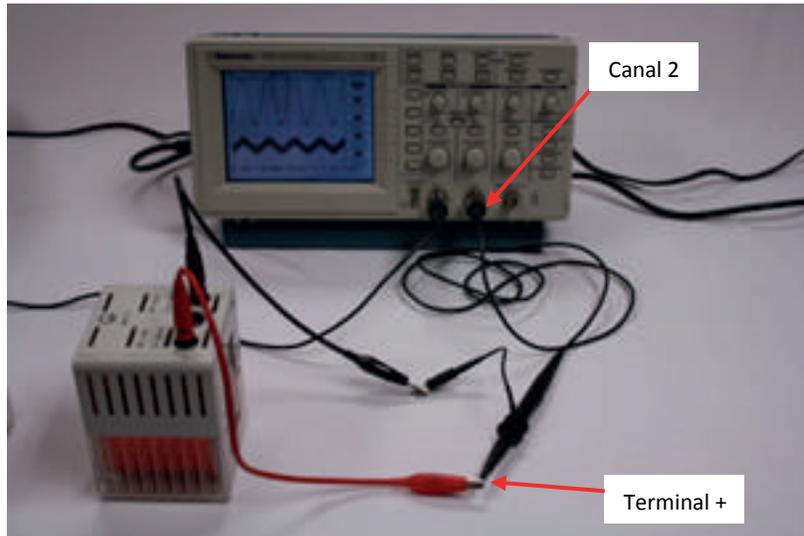


Figura 2.3. Conexión bobina inducida

- Las terminales A y E se conectan al canal 2 del osciloscopio (positivo, terminal A; tierra, terminal E).
- d) El dispositivo debe quedar como se muestra en la figura 2.4, coloque ambas bobinas frente a frente.

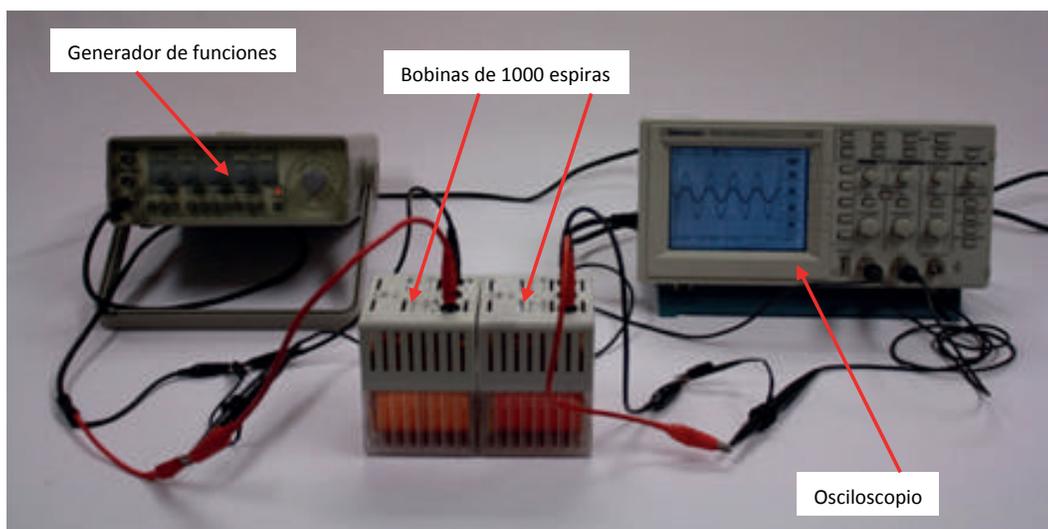


Figura 2.4. Generación y propagación de ondas electromagnéticas

Aleje lentamente la bobina inducida en línea recta y después acérquela lentamente hasta la posición original (cuide que el desplazamiento entre las bobinas sea en línea recta).

1. Explique lo observado en el osciloscopio.

e) Considerando en el osciloscopio al canal 1, como la señal de entrada (bobina emisora), y al canal 2, como la señal de salida (bobina receptora), llene la tabla 2.2.

Distancia de bobinas (cm)	Señal de entrada (bobina emisora)		Señal de salida (bobina receptora)	
	Frecuencia (Hz)	Voltaje (V)	Frecuencia (Hz)	Voltaje (V)
0				
1				
2				
3				
4				

Tabla 2.2. Propagación de ondas electromagnéticas

2. Dibuje para la distancia de 4 cm de la tabla 2.2, las dos ondas observadas indicando amplitud, período y frecuencia de cada una.

3. ¿La frecuencia de la bobina inductora (emisora), es la misma que, la de la bobina inducida (receptora)? Justifique su respuesta.

4. En esta práctica, para la generación de las ondas electromagnéticas ¿Son los campos eléctrico y magnético variables o constantes? Explique su respuesta.

II. INTENSIDAD LUMINOSA (POTENCIA ELECTROMAGNÉTICA O IRRADIANCIA)

- f) Arme el dispositivo que se muestra en la figura 2.5.

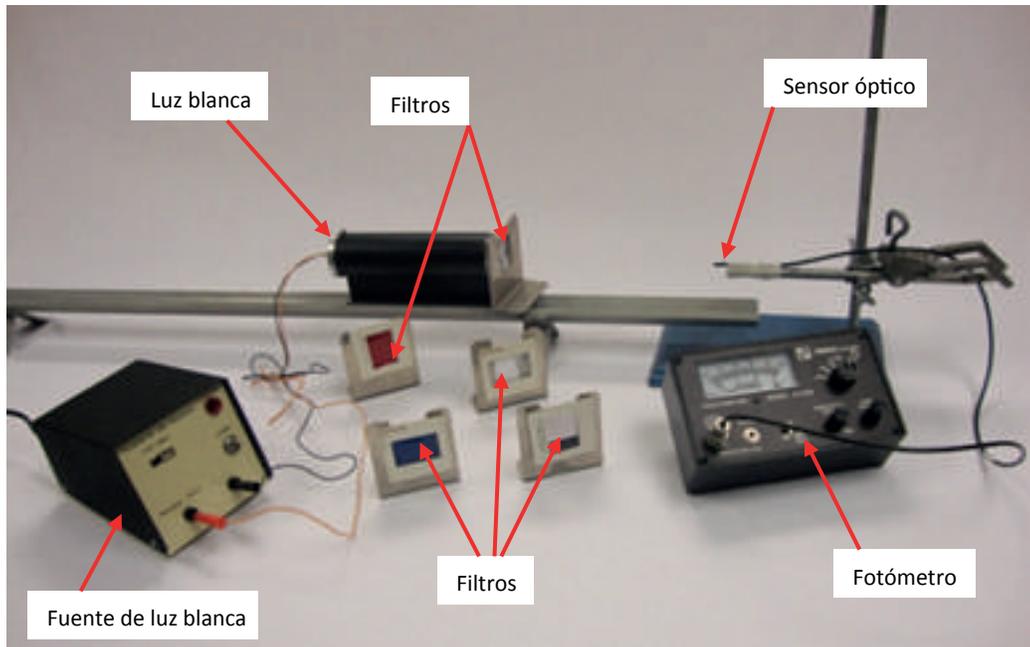


Figura 2.5. Intensidad luminosa

- g) Coloque la fuente de luz blanca a una distancia de 10cm del sensor óptico. El sensor óptico debe quedar fijo en el soporte universal (por medio de masking tape), de manera que quede alineado al centro de la luz blanca.
- h) Encienda la fuente de luz blanca y el fotómetro, cambie los filtros según se indica en la tabla 2.3 (en cada cambio de filtro apague la luz para tomar las lecturas), y anótelas en la columna 2 de la misma tabla.

Filtro	Intensidad luminosa [lux]	% de absorción
Sin filtro		0
Transparente		
Cuadrulado		
Rayado		
Rojo		
Azul		

Tabla 2.3. Intensidad luminosa

i) Para la tercer columna (% de absorción), utilice la siguiente fórmula:

$$\% \text{ absorción} = \left(\frac{IL_{sf} - IL_{cf}}{IL_{sf}} \right) * 100$$

donde: IL_{sf} = Intensidad luminosa sin filtro

IL_{cf} = Intensidad luminosa con filtro

5. Atendiendo a la tabla 2.3, ¿qué filtro absorbe más cantidad de luz?

6. Atendiendo a la tabla 2.3, ¿qué filtro absorbe menos cantidad de luz?

7. CONCLUSIONES

PRÁCTICA 3

PROPAGACIÓN DE LA LUZ

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

UNIDAD 1: NATURALEZA DE LA LUZ

SUBTEMAS: 1.1, 1.2, 1.3

UNIDAD 2: PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE LA ÓPTICA

SUBTEMAS: 2.1, 2.3, 2.3.1

SEMESTRE LECTIVO: _____

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR (NOMBRE Y FIRMA)		

CONCEPTO	%	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (investigar y comprender)	(20%)	
Aprender a usar los equipos	(20%)	
Trabajo en equipo	(20%)	
Comparación y análisis de resultados	(20%)	
Redacción y presentación de reporte	(20%)	

CALIFICACIÓN FINAL PRÁCTICA 3	
--------------------------------------	--

CUESTIONARIO PREVIO

1. Defina el concepto de rayo de luz así como sus características.
2. Enuncie las leyes de reflexión de la luz, así como su expresión matemática.
3. Enuncie el principio de Fermat.
4. Aplicando el principio de Fermat, deduzca la ley de la refracción de la luz (ley de Snell).

5. Defina el concepto de índice de refracción, así como su expresión matemática.
6. Indique en una tabla los valores de índice de refracción para diferentes sustancias y/o medios ópticos.
7. Defina el concepto de reflexión interna total y escriba la expresión matemática del ángulo crítico.

OBJETIVOS

- I. Evaluar experimentalmente la ley de reflexión de la luz.
- II. Valorar experimentalmente la ley de refracción de la luz (ley de Snell).
- III. Evaluar experimentalmente el índice de refracción de un material sólido y transparente (Lucita).
- IV. Reproducir el fenómeno de la reflexión interna total y calcular el ángulo crítico de dicha reflexión (aire-Lucita).

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Las observaciones ordinarias nos demuestran que los haces (rayos) de luz que inciden en superficies tales como espejos, metales, superficie de agua, etc., se reflejan. Este fenómeno se conoce como reflexión de la luz (figura 3.1).



Figura 3.1 Reflexión de la luz

La refracción es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro. Solo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si éstos, tienen índices de refracción distintos. La refracción se origina en el cambio de velocidad de propagación de la onda.

Un ejemplo de este fenómeno se puede observar cuando se sumerge un lápiz en un vaso con agua: el lápiz parece quebrado (figura 3.2).

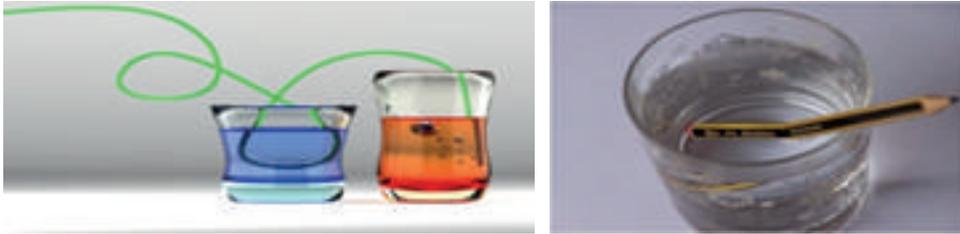


Figura 3.2. Refracción de la luz

También se produce refracción, cuando la luz atraviesa capas de aire a distinta temperatura de la que depende el índice de refracción. Los espejismos son producidos por un caso extremo de refracción, denominado reflexión interna total. Aunque el fenómeno de la refracción se observa frecuentemente en ondas electromagnéticas como la luz, el concepto es aplicable a cualquier tipo de onda.

Cuando un rayo se refracta al pasar de un medio a otro, el ángulo de refracción con el que entra es igual al ángulo en que sale al volver a pasar de ese medio al medio inicial.

La refracción se produce cuando la luz pasa de un medio de propagación a otro con una densidad óptica diferente, sufriendo un cambio de rapidez y un cambio de dirección sino incide perpendicularmente en la superficie. Esta desviación en la dirección de propagación se explica por medio de la ley de Snell. Esta ley, así como la refracción en medios no homogéneos, son consecuencia del principio de Fermat, que indica que la luz se propaga entre dos puntos siguiendo la trayectoria de recorrido óptico de menor tiempo.

En la refracción se cumplen las leyes deducidas por Huygens, que rigen todo el movimiento ondulatorio:

- El rayo incidente, el reflejado y el refractado se encuentran en el mismo plano.
- Los ángulos de incidencia y reflexión son iguales, entendiendo por tales los que forman respectivamente el rayo incidente y el reflejado con la perpendicular (llamada Normal), a la superficie de separación trazada en el punto de incidencia.

En óptica, es de interés el estudio de los materiales dieléctricos transparentes que tienen forma de lentes, prismas, placas, películas, etcétera, en donde la velocidad de propagación de la luz se modifica al propagarse a través de estos materiales.

Al producto del cociente de la velocidad de la luz en el vacío entre la velocidad de la luz en un material transparente se le denomina índice de refracción (η), que se expresa como:

$$\eta = \frac{c}{v},$$

donde: $v = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}$ (velocidad de la luz en el medio)

y $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\epsilon_0}}$ (velocidad de la luz en el vacío)

Recordando que

$$c = \lambda_0 f$$

y

$$v = \lambda f$$

además, teniendo presente que la frecuencia es constante cuando la luz se propaga en los diferentes medios tenemos:

$$n = \frac{\lambda_0}{\lambda}, \quad \text{entonces:} \quad \lambda = \frac{\lambda_0}{n}.$$

De acuerdo a las ecuaciones anteriores, podemos resumir que:

La velocidad de la luz depende del medio que atraviese, por lo que es más lento cuanto más denso sea el material y viceversa.

Por ello, cuando la luz pasa de un medio menos denso (aire), a otro más denso (cristal), el rayo de luz es refractado acercándose a la normal y por tanto, el ángulo de refracción será más pequeño que el ángulo de incidencia. Del mismo modo, si el rayo de luz pasa de un medio más denso a uno menos denso, será refractado alejándose de la normal y, por tanto, el ángulo de incidencia será menor que el de refracción.

En la tabla 3.1, se muestran algunos índices de refracción:

Medio	Índice de refracción (η)	Medio	Índice de refracción (η)
1.- Agua	1.33	4.- Lucita (lexan)	1.50
2.- Aire (1 atm, 20° C)	1.0003	5.- Vidrio (crown)	1.52
3.- Cuarzo fundido	1.46	6.- Vidrio (flint)	1.66

Tabla 3.1. Índices de refracción

LEY DE REFRACCIÓN (Ley de Snell)

La relación entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción, es igual a la razón entre la velocidad de la onda en el primer medio y la velocidad de la onda en el segundo medio,

o bien, puede entenderse como el producto del índice de refracción del primer medio, por el seno del ángulo de incidencia, es igual al producto del índice de refracción, del segundo medio, por el seno del ángulo de refracción (figura 3.3).

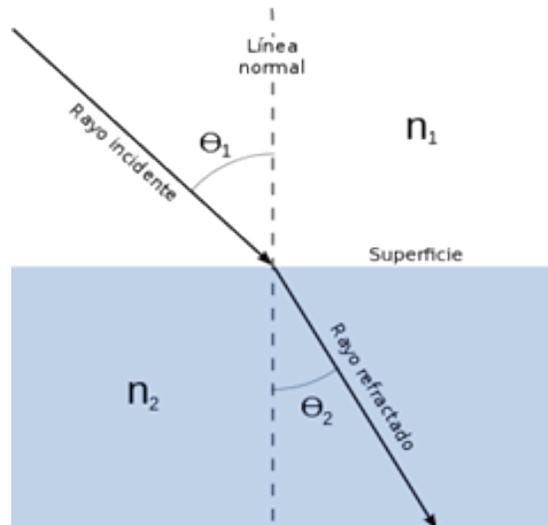


Figura 3.3. Ley de Snell

Es decir: $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$

donde:

n_1 = índice de refracción del primer medio

θ_1 = ángulo de incidencia

n_2 = índice de refracción del segundo medio

θ_2 = ángulo de refracción

Teniendo presente como se refleja y transmite (refracta), la luz en una interfaz entre dos materiales (medios), con índices de refracción diferentes, en ciertas circunstancias, se puede reflejar toda la luz en la interfaz, sin que nada de ella se transmita (refracte), aunque el segundo material sea transparente. A éste fenómeno se le denomina reflexión interna total (figura 3.4), esta situación se presenta cuando el índice de refracción del medio incidente es mayor que el índice de refracción del medio transmisor es decir $n_1 > n_2$.

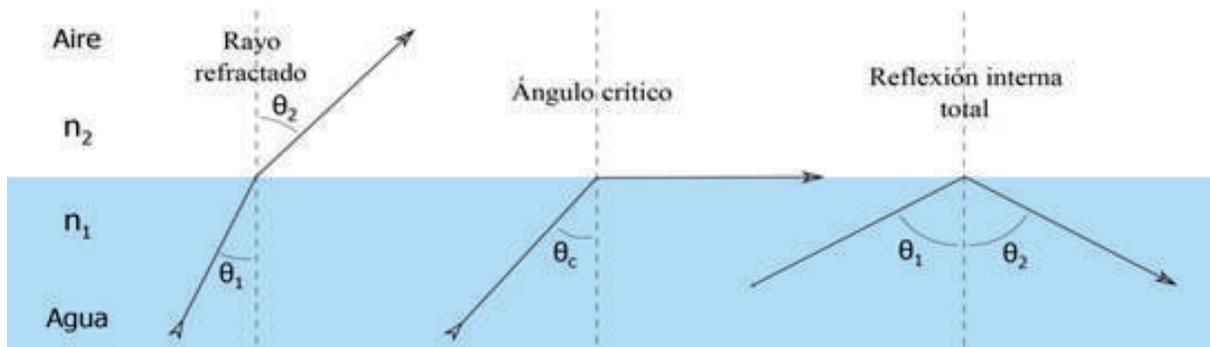


Figura 3.4. Reflexión interna total

Un ejemplo ordinario se observa en los materiales agua (n_1), y aire (n_2), entonces, deduciendo la fórmula para calcular el ángulo crítico para reflexión interna total por medio de la ley de refracción (Ley de Snell):

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

entonces, considerando que:

$$\theta_1 = \theta_c \text{ y } \theta_2 = 90^\circ$$

la ecuación anterior queda:

$$n_1 \sin\theta_c = n_2 \sin 90^\circ$$

sabiendo que $\sin 90^\circ = 1$ y despejando θ_c :

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1} \quad \text{para } n_1 > n_2$$

El fenómeno de reflexión interna total se aprovecha en las fibras ópticas y prismas, por mencionar algunas, las cuales tienen una amplia aplicación, por ejemplo en medicina, sistemas de comunicación, binoculares, etc.

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Ley de Reflexión
2. Ley de la Refracción (Ley de Snell)
3. Ley de la Reflexión Interna Total
4. Índice de Refracción

MATERIAL Y EQUIPO

- 1 Espejo
- 1 Láser
- 1 Disco graduado
- 1 Riel
- 1 Semicírculo de Lucita
- 1 Pantalla blanca
- 1 Flexómetro
- 1 Soporte para el espejo

DESARROLLO

I. REFLEXIÓN DE LA LUZ

- a) Coloque el láser sobre el riel e instale el disco graduado, como la base de éste, está desnivelado, coloque la parte baja frente al láser según se muestra en la figura 3.5.

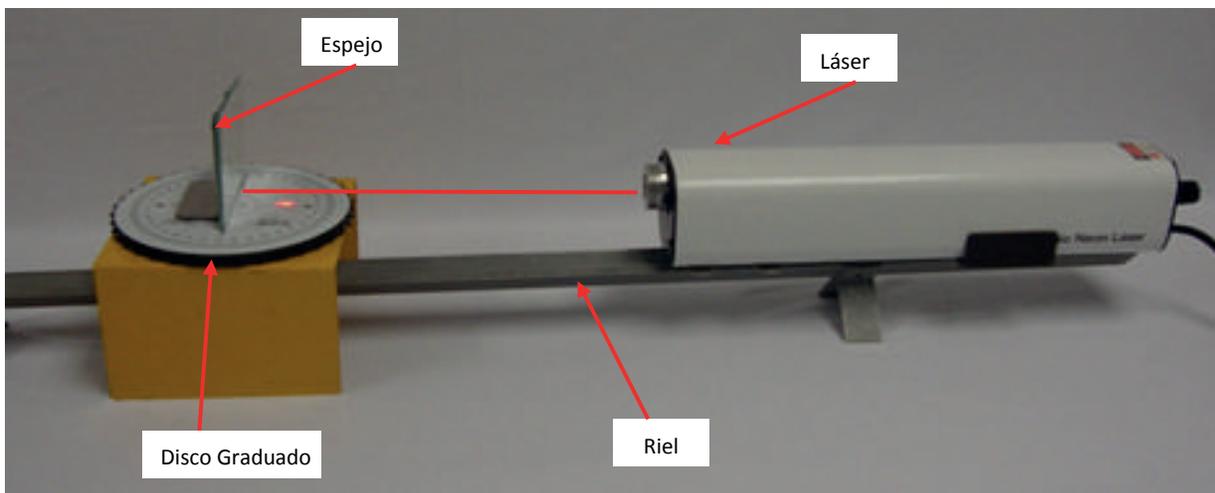


Figura 3.5. Reflexión de la luz

- b) Accione el interruptor del láser a la posición “on” (encendido), apague la luz del aula, coloque el láser de tal manera que el rayo pase por la línea de 0° . Fije el disco graduado a la mesa de trabajo con masking tape por los lados.
- c) Encienda la luz y coloque un espejo a la mitad del disco (sobre la línea de 90°), perpendicular a la línea de 0° . Apague la luz del aula, gire el disco graduado (sentido horario ó antihorario), para los ángulos de incidencia de la tabla 3.2.

1. Anote los valores de los ángulos de reflexión.

Ángulo de incidencia $\theta_1 [^\circ]$	Ángulo de reflexión $[^\circ]$
0	
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	

Tabla 3.2. Reflexión de la luz

2. De acuerdo a las mediciones de la tabla 3.2, ¿Se cumple con la ley de la reflexión? _____
3. Realice el dibujo en el cual demuestre que el ángulo incidente, el ángulo reflejado y la normal al punto de incidencia están en un mismo plano (plano de incidencia).

II. REFRACCIÓN DE LA LUZ

- d) Quite el espejo, verifique que el rayo del láser pase por la línea de 0 grados.
- e) Coloque el semicírculo de Lucita, por su lado plano frente al rayo láser, el centro del semicírculo debe quedar en el centro del disco graduado y perpendicular al rayo de luz como se muestra en la figura 3.6.

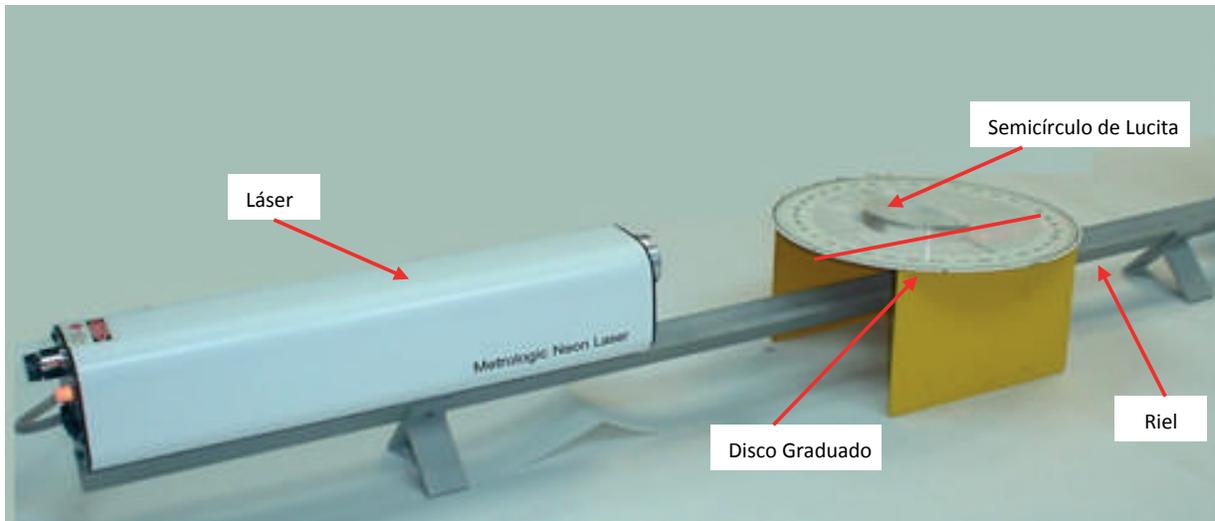


Figura 3.6. Refracción de la luz

- f) Apague la luz del aula, gire el disco graduado (hacia la izquierda ó derecha), para los ángulos de incidencia de la tabla 3.3.
4. Anote los ángulos de refracción y los cálculos requeridos en la tabla 3.3.

Ángulo de incidencia $\theta_1 [^\circ]$	Ángulo de refracción $\theta_2 [^\circ]$	$\text{sen } \theta_1$	$\text{sen } \theta_2$	$\eta_2 = \frac{\eta_1 \sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ (Con $\eta_1 = 1$)
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				

Tabla 3.3. Reflexión de la luz

5. Atendiendo a los valores de la tabla 3.3, grafique $\text{sen } \theta_2$ (eje x), contra $\text{sen } \theta_1$ (eje y). Anexe su gráfica en otra hoja.
6. Obtenga el valor de la pendiente de la recta esperada del punto 5 (describa el método utilizado).

7. ¿Qué relación guarda el valor de la pendiente obtenido en el punto 6, con la ley de Snell?

8. Utilizando la expresión $m = \frac{\eta_2}{\eta_1}$, calcule el índice de refracción del semicírculo de Lucita (recuerde que el índice de refracción del aire vale 1.00). $\eta_2 =$ _____

9. Obtenga el promedio de η_2 (columna 5), de la tabla 3.3. $\eta_2 =$ _____

10. ¿El valor experimental del índice de refracción del material utilizado (Lucita), coincide con el valor dado en la tabla?

III. REFLEXIÓN INTERNA TOTAL

g) Gire el disco graduado de tal manera que el haz de luz entre por la parte curva del semicírculo de Lucita (figura 3.7), cuide que su centro de curvatura coincida con el centro del disco graduado (verifique que el rayo del láser pase por la línea de 0 grados).

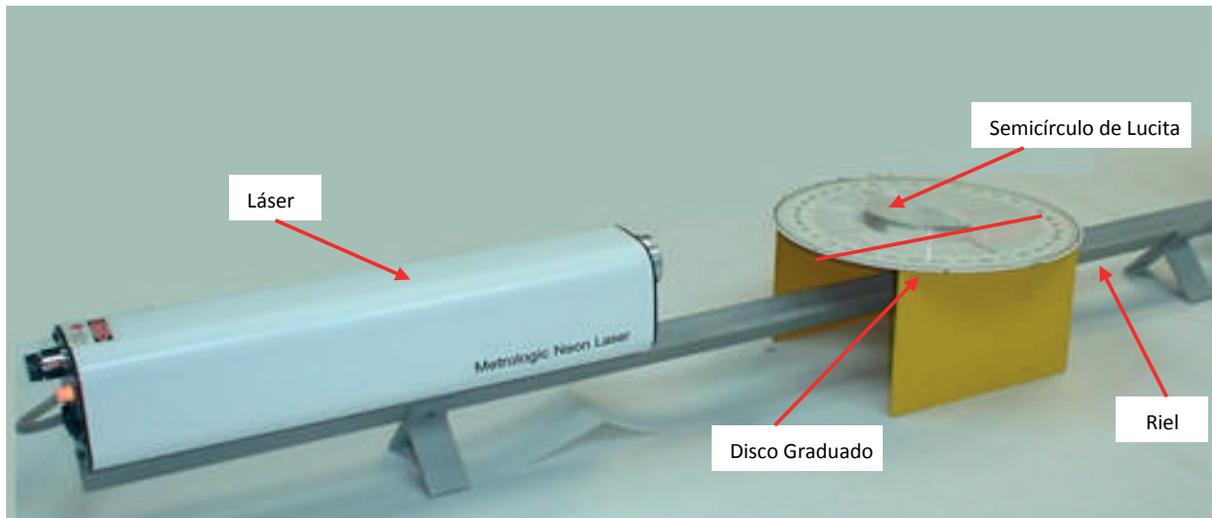
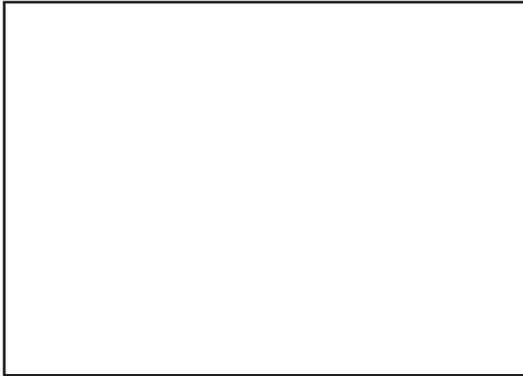


Figura 3.7. Reflexión interna total

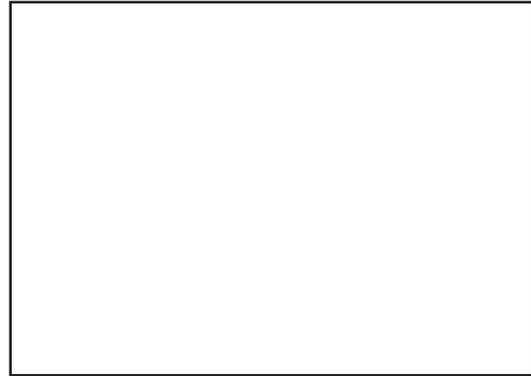
h) Gire lentamente el disco graduado hasta que observe la reflexión interna total.

i) Muestre en un dibujo la normal, los rayos y ángulos (de incidencia, reflexión y refracción) observados para los siguientes casos:

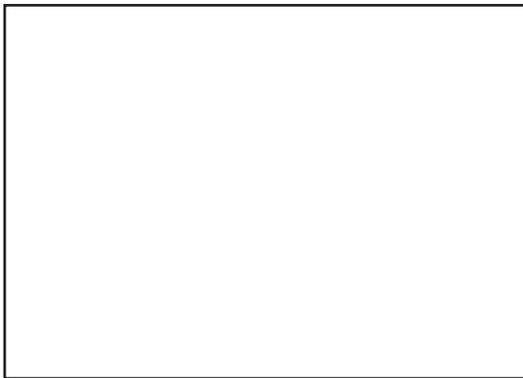
11. Antes de que ocurra la reflexión en ángulo crítico (θ_c).



13. Después de la reflexión en ángulo crítico (reflexión interna total).



12. En la reflexión en ángulo crítico (θ_c).



14. En base a su dibujo No. 12 y utilizando la Ley de Snell, deduzca la fórmula para obtener el ángulo crítico.



15. CONCLUSIONES

PRÁCTICA 4

ÓPTICA GEOMÉTRICA (PARTE I)

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

UNIDAD 3: ÓPTICA GEOMÉTRICA

SUBTEMAS: 3.6

SEMESTRE LECTIVO: _____

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR (NOMBRE Y FIRMA)		

CONCEPTO	%	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (investigar y comprender)	(20%)	
Aprender a usar los equipos	(20%)	
Trabajo en equipo	(20%)	
Comparación y análisis de resultados	(20%)	
Redacción y presentación de reporte	(20%)	

CALIFICACIÓN FINAL PRÁCTICA 4	
--------------------------------------	--

CUESTIONARIO PREVIO

1. Defina la óptica geométrica
2. Defina:
 - a) Una lente divergente
 - b) Una lente convergente

3. Explique y dibuje cómo se forma:
 - a) Una imagen real
 - b) Una imagen virtual
4. Defina y dibuje:
 - a) Distancia objeto
 - b) Distancia imagen
 - c) Foco
 - d) Distancia (punto) focal
5. Defina amplificación lateral (aumento lateral), su fórmula y tabla de signos.
6. Muestre en una tabla la convención de signos para lentes delgadas.
7. Explique y dibuje el método gráfico para localizar una imagen formada por una lente:
 - a) Divergente
 - b) Convergente
8. Dibuje la formación de imágenes por una lente convergente a diversas distancias de objeto.
9. Mencione la ecuación de lentes delgadas y defina sus parámetros.
10. Explique cómo se calcula la imagen final para un arreglo de dos lentes convergentes.

OBJETIVOS

- I. Clasificar experimentalmente las características de lentes delgadas: convergentes y divergentes.
- II. Utilizando el concepto de rayo luminoso, trazar los rayos principales para formar la imagen de un objeto.
- III. Determinar experimentalmente la distancia focal de lentes delgadas y el aumento lateral.
- IV. Determinar experimentalmente el aumento lateral en un arreglo de dos lentes convergentes.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La óptica geométrica desarrolla el estudio de la formación de imágenes mediante rayos luminosos. En todos los casos, los rayos de luz provenientes de un punto de un objeto, se desvían por reflexión o refracción de tal forma que, convergen hacia, o parecen divergir respecto a un punto denominado punto imagen.

Las imágenes formadas por reflexión y refracción son utilizadas en muchos aparatos de uso cotidiano entre ellos, las cámaras fotográficas, los anteojos, los microscopios y telescopios. El dispositivo óptico ordinario es la lente, que tiene dos superficies esféricas muy próximas entre sí, razón por la cual se denominan lentes delgadas.

Las lentes convergentes (figura 4.1), son más gruesas por el centro que por el borde, y concentran (hacen converger), en un punto los rayos de luz que las atraviesan. A este punto se le llama foco (F), y la separación entre él y la lente se conoce como distancia focal (f).

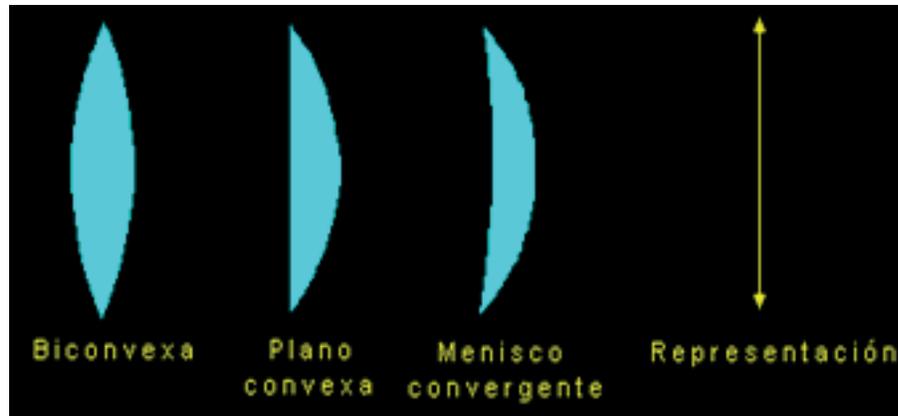


Figura 4.1. Tipos de lentes convergentes

Las lentes divergentes (figura 4.2), son más gruesas por los bordes que por el centro, hacen diverger (separan), los rayos de luz que pasan por ellas.

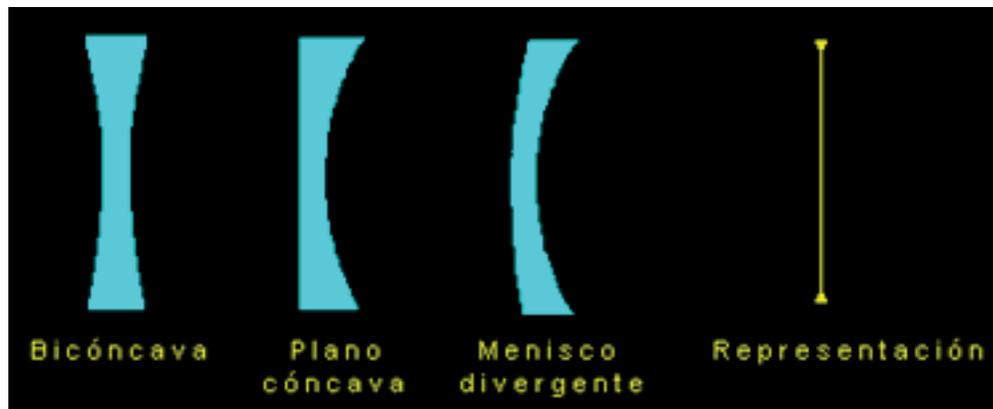


Figura 4.2. Tipos de lentes divergentes

En una lente divergente los rayos parecen proceder del punto F. A éste punto se le llama foco virtual. En las lentes divergentes la distancia focal se considera negativa (figura 4.3).

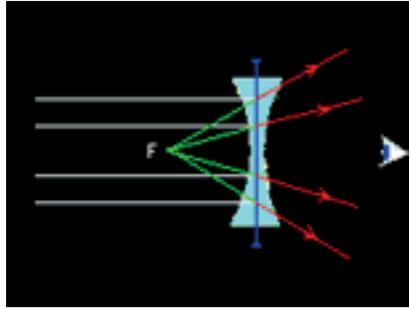


Fig. 4.3. Distancia focal y foco en una lente divergente

La ecuación de la lente delgada puede usarse tanto para lentes divergentes como para convergentes, esta ecuación es:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$$

donde:

f es distancia focal; S_o es distancia objeto; S_i es distancia imagen

El conocimiento de la distancia focal (f), nos permitirá calcular la distancia imagen (S_i), a partir de un valor conocido de la distancia objeto (S_o), y viceversa.

El aumento ó amplificación lateral (M), es la relación entre el tamaño de la imagen (y_i), y el tamaño del objeto (y_o), o bien, la relación entre la distancia imagen (S_i), y la distancia objeto (S_o), su ecuación es:

$$M = \frac{y_i}{y_o} = \frac{S_i}{S_o}$$

FORMACIÓN DE IMÁGENES

Cuando es posible proyectar la imagen formada decimos que se trata de una imagen real, y si no la podemos proyectar la denominamos imagen virtual.

Las formaciones de imágenes por una lente convergente a diversas distancias de objeto son:

1. Objeto situado en el doble de la distancia focal.

La imagen es real, invertida y de igual tamaño y aparece en el doble de la distancia focal (figura 4.4).

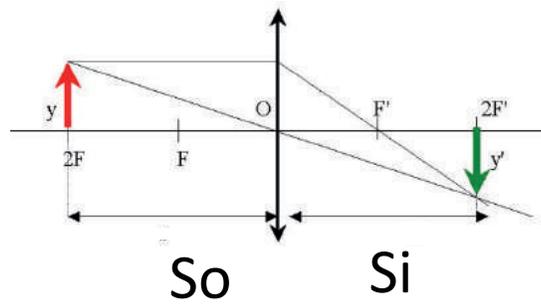


Figura 4.4. Objeto situado en el doble de la distancia focal

- Objeto situado entre una y dos veces la distancia focal.
La imagen es real, invertida y mayor que el objeto (figura 4.5).

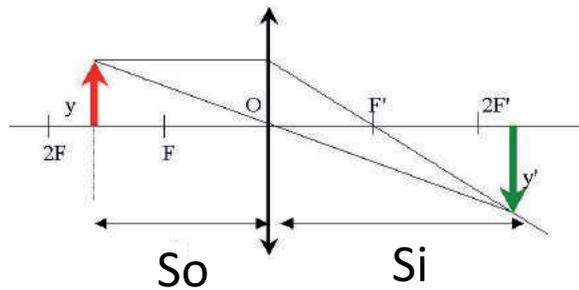


Figura 4.5. Objeto situado entre una y dos veces la distancia focal

- Objeto situado en el foco.
La imagen se forma en el infinito (figura 4.6).

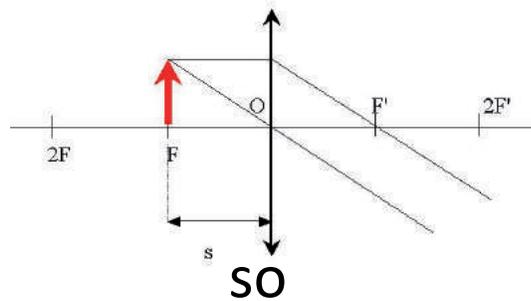


Figura 4.6. Objeto situado en el foco

4. Objeto situado entre la lente y el foco.

La imagen es virtual, derecha y de mayor tamaño (figura 4.7).

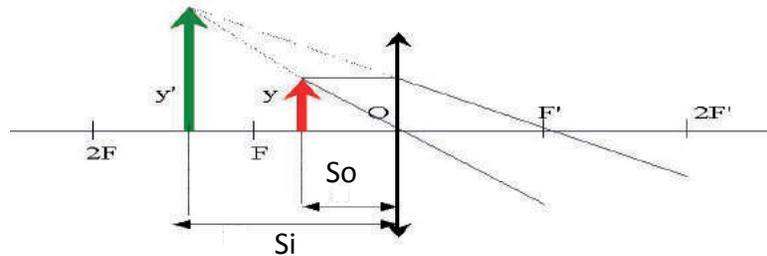


Figura 4.7. Objeto situado entre la lente y el foco

Para una **lente divergente** (figura 4.8), las imágenes que se forman son siempre virtuales, derechas, menores y situadas entre el foco y la lente.

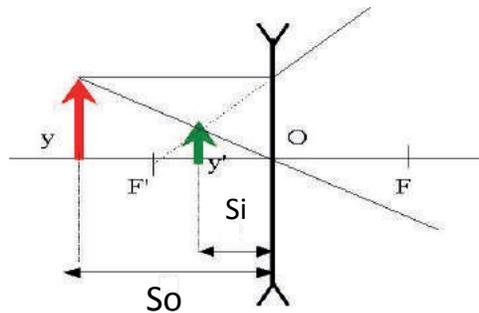


Fig. 4.8. Imagen en una lente divergente

La potencia de una lente es la inversa de su distancia focal (f), y se mide en dioptrías, si la distancia focal está dada en metros entonces una dioptría es igual a 1m^{-1} .

$$P = \frac{1}{f} \text{ sus unidades son } \left(\frac{1}{m}\right)$$

En la figura 4.9, se observa que la lente 2, tiene menor distancia focal que la lente 1, por lo tanto la lente 2, tiene mayor potencia que la 1.

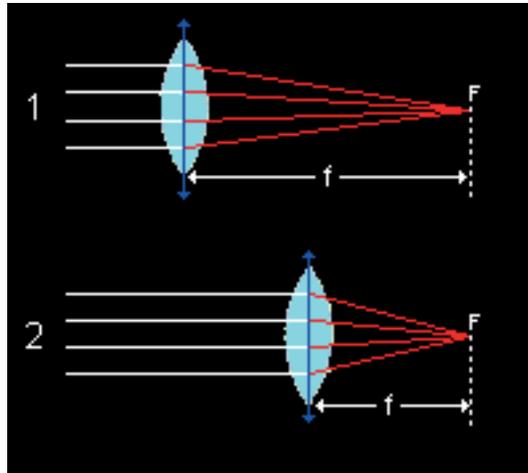


Fig. 4.9. Potencia de una lente

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Lentes divergentes
2. Lentes convergentes
3. Formación de imágenes
4. Ecuación de lentes delgadas
5. Arreglo de lentes convergentes

MATERIAL Y EQUIPO

- 1 Fuente de poder
- 1 Fuente de luz blanca
- 1 Colimador
- 1 Lente convergente de Lucita
- 1 Lente divergente de Lucita
- 5 Lentes (50, 150, 300, -150 y -300)
- 1 Riel
- 1 Pantalla blanca
- 1 Flexómetro
- 1 Vernier
- 1 Hoja blanca ó milimétrica

DESARROLLO

I. LENTES CONVERGENTES

- a) Arme el dispositivo que se muestra en la figura 4.10.

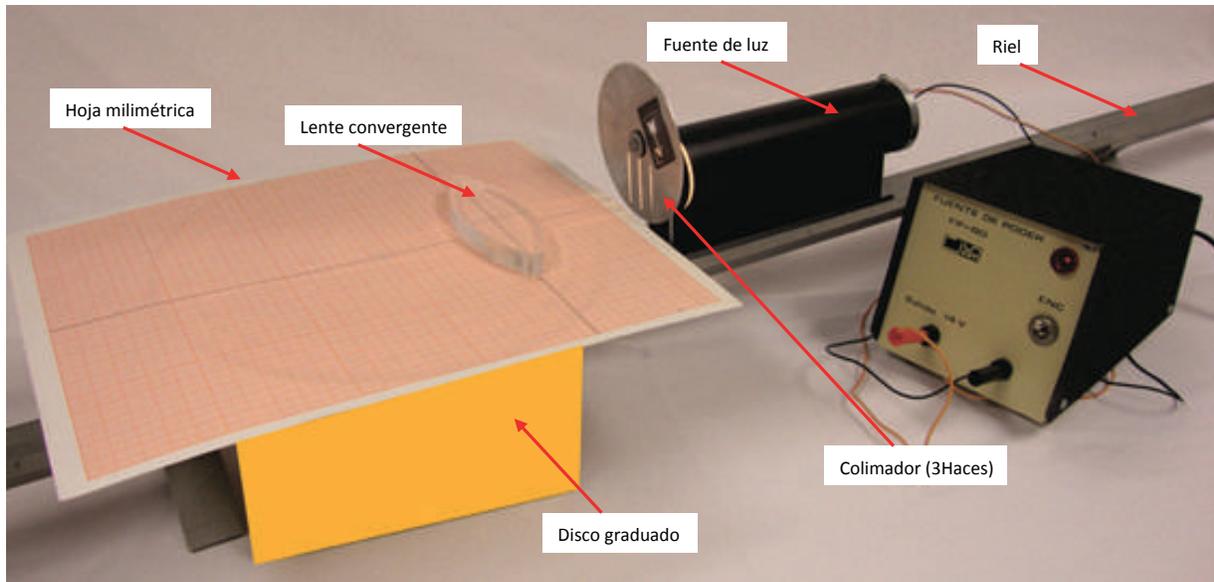


Fig. 4.10. Lentes convergentes

- b) Coloque la hoja (con un eje x-y marcado a lo largo y ancho de ésta, como se muestra en la figura 4.10), en el disco graduado.
- c) Coloque el centro de la lente convergente en el origen del eje x-y.
- d) Coloque el colimador de tal manera que la salida sea de 3 haces, el haz central del colimador debe entrar en el eje óptico (centro de la Lucita) de la lente.
- e) Apague la luz y observe la dirección de los rayos y el foco.

1. Dibuje lo observado

2. Anote la distancia del foco. $f = \underline{\hspace{2cm}}$ m

II. LENTES DIVERGENTES

- f) Arme el dispositivo que se muestra en la figura 4.11.

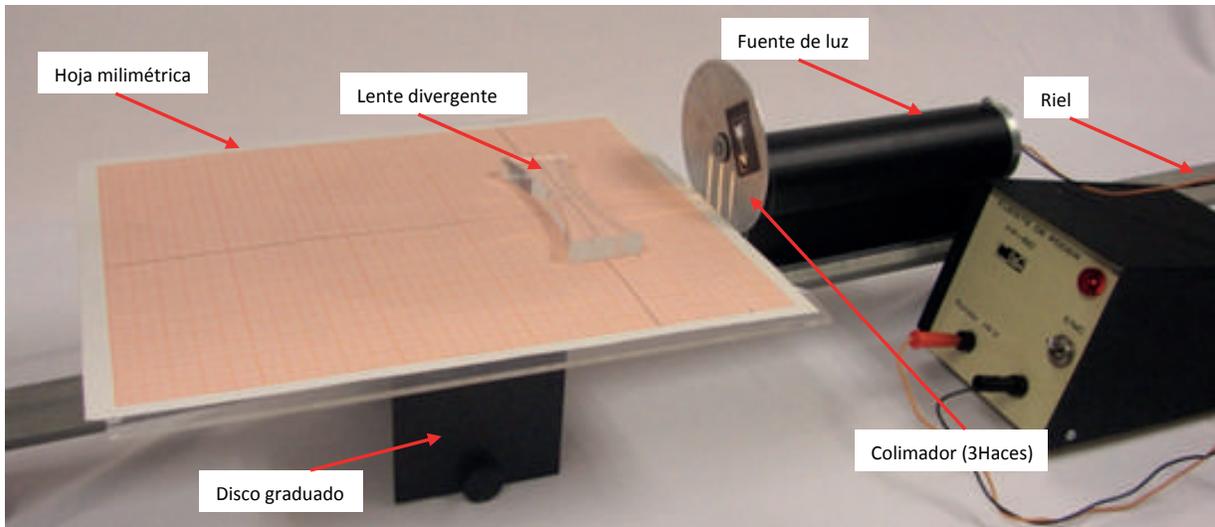


Fig. 4.11. Lentes divergentes

- g) Cambie la lente convergente por la divergente en el disco óptico, cuidando que su eje óptico (centro de la Lucita), coincida con el origen del eje x-y de la hoja.
 - h) Apague la luz y observe la dirección de los rayos y el foco.
3. Dibuje lo observado

- 4. Anote la distancia del foco. $f = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$
- 5. De acuerdo a lo observado en el punto 1 y 3 ¿Explique cuál lente invertirá una imagen?

III. CLASIFICACIÓN DE LENTES DELGADAS

- i) Arme el dispositivo mostrado en la figura 4.12 (las distancias en ésta no son las reales):

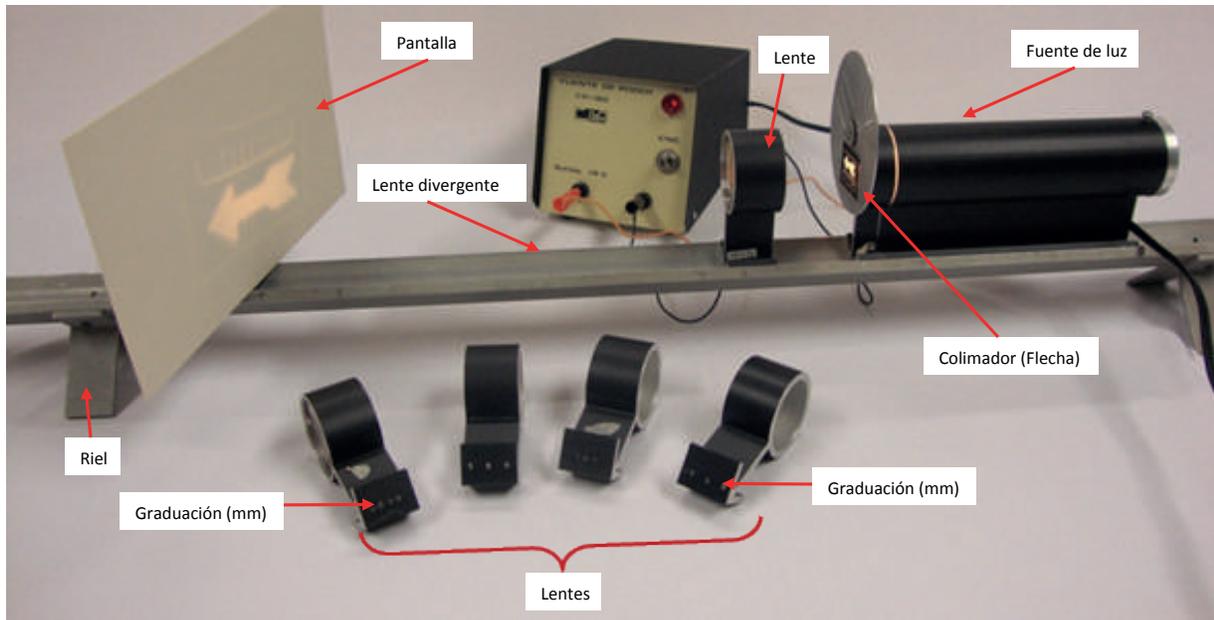


Figura 4.12. Clasificación de lentes delgadas

j) Coloque la fuente de luz blanca sobre el riel (al inicio), el colimador con la figura de la flecha (objeto), pegado a la fuente de luz blanca. Coloque la pantalla al final del otro extremo del riel.

k) Llene la tabla 4.1, tomando en cuenta lo siguiente:

- Coloque las lentes negativas (divergentes), correspondientes (una a la vez), sobre el riel desplazándola (también puede mover la pantalla), para localizar la posición que da lugar a imágenes nítidas.
- Una lente divergente tiene una distancia focal.
- Las imágenes deben verse nítidas en cada uno de los eventos.
- Figura. Es la imagen de la dirección de la flecha en la pantalla comparada con la imagen inicial.

Lente (mm)	Figura
Sin lente	
-300	
-150	

Tabla 4.1. Lentes negativas o divergentes

l) Llene la tabla 4.2, tomando en cuenta lo siguiente:

- Para las lentes positivas (convergentes), cuando tome los datos del evento 1, desplace la lente y/o la pantalla para localizar la posición que da lugar a una imagen nítida. Para el evento 2, NO MUEVA LA PANTALLA, únicamente desplace la lente hasta obtener la segunda imagen nítida.
- Una lente convergente tiene dos distancias focales.

- Las imágenes deben verse nítidas en cada uno de los eventos.
- La longitud inicial (y_o), es de 19 mm.
- Mida la longitud de la imagen (y_i), con el vernier.
- S_o es la distancia objeto (distancia del objeto a la lente).
- S_i es la distancia imagen (distancia de la imagen a la pantalla).
- S_{o1} y S_{o2} . Son la distancia objeto del evento 1 y 2 respectivamente.
- S_{i1} y S_{i2} . Son la distancia imagen del evento 1 y 2 respectivamente.
- y_{i1} y y_{i2} . Son la longitud de la imagen del evento 1 y 2 respectivamente.
- Figura. Es la imagen de la dirección de la flecha en la pantalla.

Lente (mm)	Figura	S_o (mm)	S_i (mm)	y_i (mm)
300		$S_{o1} =$	$S_{i1} =$	$y_{i1} =$
		$S_{o2} =$	$S_{i2} =$	$y_{i2} =$
150		$S_{o1} =$	$S_{i1} =$	$y_{i1} =$
		$S_{o2} =$	$S_{i2} =$	$y_{i2} =$
50		$S_{o1} =$	$S_{i1} =$	$y_{i1} =$
		$S_{o2} =$	$S_{i2} =$	$y_{i2} =$

Tabla 4.2. Lentes positivas o convergentes

6. Atendiendo a los resultados de la tabla 4.1 y 4.2, explique sus observaciones al realizar el cambio de lentes con respecto a la imagen inicial.

IV. DISTANCIA FOCAL DE UNALENTE CONVERGENTE

Considerando el experimento, para una distancia d dada (distancia del objeto a la pantalla), la ecuación de las lentes puede expresarse como:

$$\frac{1}{S_o} + \frac{1}{d - S_o} = \frac{1}{f} \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde:

S_o es la distancia objeto.

d es la distancia desde el objeto hasta la pantalla (la suma de $S_o + S_i$).

f es la distancia focal.

Entonces de la ecuación 1, la distancia focal viene dada por la expresión:

$$f = \frac{dS_o - S_o^2}{d} \text{ (ecuación 2)}$$

El que ésta ecuación sea de segundo grado en S_o , significa que hay dos valores (S_{o1} y S_{o2}), correspondiente a ambas posiciones de la lente, para las que se forma una imagen en la pantalla.

- De acuerdo a los datos de la tabla 4.2, calcule (por medio de la ecuación 2), las distancias focales para las lentes convergentes y anote sus resultados en la tabla 4.3.

Lentes (mm)	$f_{s_{o1}}$ (mm)	$f_{s_{o2}}$ (mm)
300		
150		
50		

Tabla 4.3. Distancias focales de las lentes convergentes

- Compare los valores de las distancias focales de la tabla 4.3, con el indicado en la lente utilizada. ¿Qué concluye al respecto?

V. AUMENTO LATERAL O TRANSVERSAL (M_T)

- De acuerdo a los datos de la tabla 4.2, calcule el aumento lateral (M_T), para las lentes convergentes y anote sus resultados en la tabla 4.4.

Lentes	$M_T = \frac{y_{i1}}{y_o}$	$M_T = \frac{S_{i1}}{S_{o1}}$
300		
150		
50		

Tabla 4.4. Aumento lateral de lentes convergentes

10.- ¿Qué concluye respecto a los resultados obtenidos en la tabla 4.4? _____

VI. LENTES CONVERGENTES COMPUESTAS

m) Arme el dispositivo de la figura 4.13, coloque la fuente de luz blanca sobre el riel, enseguida el colimador con la figura de la flecha (objeto). Coloque la pantalla a 70 cm del colimador.

n) Coloque la lente convergente de 150 mm, a una distancia "d" del colimador. Esta distancia "d", es la distancia del objeto a la lente de 150 mm y, tiene que ser menor que su distancia focal (menor a 150 mm).

o) Coloque la lente convergente de 300mm cerca de la pantalla.

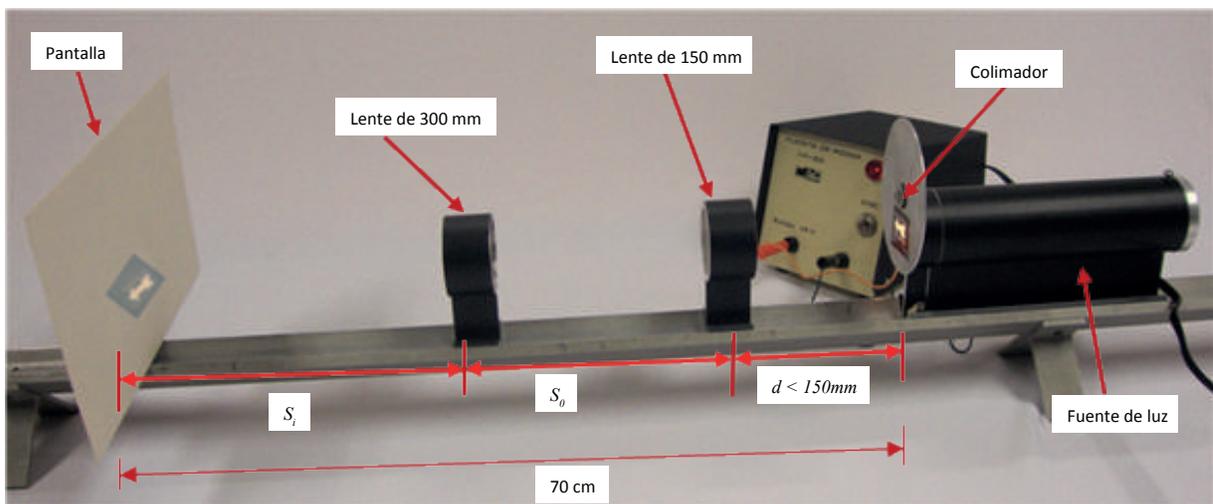


Figura 4.13. Lentes convergentes compuestas

p) Sobre el riel, desplace ÚNICAMENTE LA LENTE DE 300 mm hasta obtener una imagen nítida.

q) Auxiliándose de la figura 4.11, obtenga los siguientes datos:

$S_o =$ ____ mm $S_i =$ ____ mm $d =$ ____ mm $Y_i =$ ____ mm

11. En la tabla 4.5, calcule el aumento o amplificación lateral total con las mediciones anteriores y considerando:

- La longitud inicial (Y_o) es de 19 mm
- La distancia focal dada por el fabricante ($f_1 = 150\text{ mm}$)
- La distancia focal obtenida en la práctica (de la tabla 4.3: f_{s01} y f_{s02})

Para las dos primeras columnas, considere la siguiente expresión:

$$M_T = \frac{f_1 S_i}{d(S_o - f_1) - S_o f_1}$$

donde f_1 es la distancia focal del fabricante y también la obtenida en la práctica.

	Dato fabricante $f = 150 \text{ mm}$	Dato práctica $f_{s01} = \underline{\hspace{2cm}}$	Dato práctica $f_{s02} = \underline{\hspace{2cm}}$	Fórmula $\frac{y_i}{y_0}$
M_T (a dimensional)				

Tabla 4.5. Aumento lateral en un arreglo de lentes convergentes

12. ¿Qué concluye respecto a los resultados de la amplificación lateral obtenidos en la tabla 4.5?

13. Calcule la potencia de ambas lentes por medio de:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad \text{unidades} \left(\frac{1}{m} = 1 \text{ dioptría} \right)$$

Cálculos:

Potencia = _____ dioptrías.

14. CONCLUSIONES

PRÁCTICA 5

ÓPTICA GEOMÉTRICA (PARTE II)

Y POLARIZACIÓN

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

UNIDAD 3: ÓPTICA GEOMÉTRICA

SUBTEMAS: 3.4, 3.5

UNIDAD 4: ÓPTICA FÍSICA

SUBTEMAS: 4.1

SEMESTRE LECTIVO: _____

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR (NOMBRE Y FIRMA)		

CONCEPTO	%	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (investigar y comprender)	(20%)	
Aprender a usar los equipos	(20%)	
Trabajo en equipo	(20%)	
Comparación y análisis de resultados	(20%)	
Redacción y presentación de reporte	(20%)	

CALIFICACIÓN FINAL PRÁCTICA 5	
--------------------------------------	--

CUESTIONARIO PREVIO

1. Enuncie y describa las características principales de un prisma, atendiendo a su aplicación en óptica.
2. Describa qué es un prisma dispersivo y enuncie algunas aplicaciones.

3. Defina los prismas reflectores y clasifíquelos (al menos tres).
4. Mencione tres aplicaciones de la doble reflexión interna total.
5. Describa los fundamentos básicos de la fibra óptica.
6. Defina los siguientes conceptos:
 - a) Ángulo máximo del cono de aceptación (auxíliese con un dibujo)
 - b) Apertura numérica para fibras ópticas, así como la expresión matemática correspondiente.
7. Describa algunas aplicaciones de las fibras ópticas.
8. Describa el fenómeno de polarización de la luz.
9. Defina el concepto polarización lineal.
10. Describa qué es un filtro polarizador de luz.
11. Enuncie la Ley de Malus, y escriba su expresión matemática.

OBJETIVOS

- I. Verificar experimentalmente la dispersión de la luz en un prisma.
- II. Obtener experimentalmente los índices de refracción de prismas.
- III. Verificar experimentalmente el fenómeno de reflexión y reflexión interna total en diferentes formas de prismas.
- IV. Observar experimentalmente la transmisión de un haz luminoso en las fibras ópticas.
- V. Obtener experimentalmente el ángulo de aceptación en las fibras ópticas.
- VI. Verificación experimental de la polarización de un haz de luz no polarizado.
- VII. Medición experimental de irradiancia (intensidad luminosa), y su relación con la Ley de Malus.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

PRISMA

Un prisma es todo medio refringente limitado por dos caras planas inclinadas una respecto a otra.

Sí un prisma cambia la dirección de un haz luminoso sin producir dispersión cromática, se puede considerar equivalente a un sistema de espejos planos.

Siempre que un rayo atraviesa un prisma de índice de refracción superior al del medio exterior, el rayo se desvía hacia la base del prisma, saliendo con un ángulo de desviación δ como se muestra en la figura (5.1).

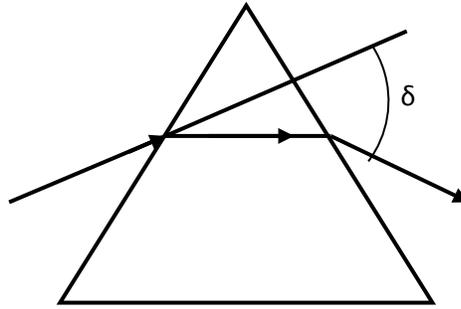


Figura 5.1. Refracción de un rayo de luz monocromático en un prisma

Cuando el rayo incide en un prisma cuya sustancia es menos refringente que el medio circundante, se desvía hacia el vértice del prisma.

Los prismas con reflexión interna total, atendiendo a la función que desempeñen con respecto a la dirección y orientación de la imagen, se clasifican en: deflectores, retrovisores, inversores y rotadores.

DISPERSIÓN DE LA LUZ EN UN PRISMA

Un material dispersivo, es aquel en el que la velocidad con que la radiación se desplaza a través de ellos, depende de la frecuencia (o de la longitud de onda), de la radiación.

Si un haz luminoso constituido por un conjunto de diferentes longitudes de onda se refracta al entrar o salir de un material dispersivo, el ángulo de refracción será diferente para las diferentes longitudes de onda, ya que el índice de refracción varía con la longitud de onda.

Por lo tanto, si un haz delgado de luz incide sobre la superficie de un material dispersivo, abandona la superficie en forma de un abanico formado por muchos haces, cada uno con una longitud de onda particular. Éste fenómeno se llama dispersión.

Isaac Newton, hizo pasar un haz angosto de luz solar, por un prisma triangular de vidrio (figura 5.2), y demostró que es una mezcla de todos los colores del arco iris.

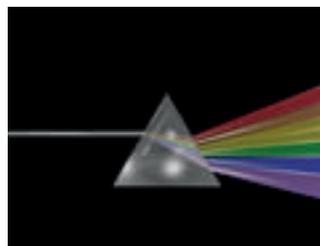


Figura 5.2. Dispersión de la luz

El prisma proyectaba la luz del sol como una mancha alargada de colores en una hoja de papel blanco. Newton, llamó espectro a esta banda de colores. Luego recombino con otra lente los colores de este espectro y obtuvo luz blanca (figura 5.3).

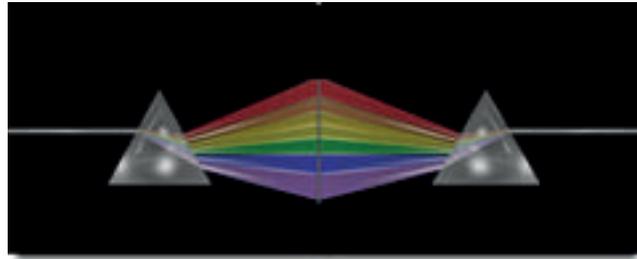


Figura 5.3. Obtención de luz blanca con dos prismas

Bajo la luz blanca, los objetos blancos se ven blancos y, los objetos de color se ven cada uno del color correspondiente.

En términos estrictos, la luz blanca no es un color, sino la combinación de todos los colores.

Análogamente, el negro no es un color propiamente dicho, sino la ausencia de luz. Los objetos se ven negros cuando absorben todas las frecuencias de luz visible.

Los objetos negros que podemos ver no absorben toda la luz que incide en ellos; siempre se refleja un poco de ella en la superficie. De lo contrario, no podríamos verlos.

FIBRA ÓPTICA

Una aplicación de la reflexión interna total son las fibras ópticas. En la figura 5.4, se observa la estructura de la fibra óptica:

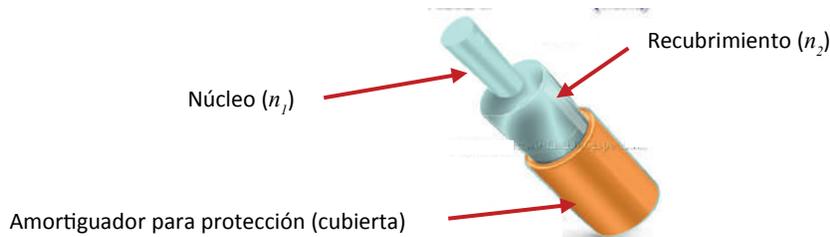


Figura 5.4. Estructura básica de la fibra óptica

El núcleo de la fibra se utiliza como el medio de transmisión, mientras que el recubrimiento sirve para contener la señal transmitida. Esto significa que, el núcleo debe tener un índice de refracción mayor que el índice de recubrimiento $n_1 > n_2$.

En la figura 5.5, se muestra un corte de fibra óptica conocida como fibra multimodo de índice escalonado. El término índice escalonado hace referencia a la discontinuidad en el índice de refracción entre el núcleo y el revestimiento y, multimodo se refiere al hecho de que se transmite la luz en una gran variedad de ángulos.

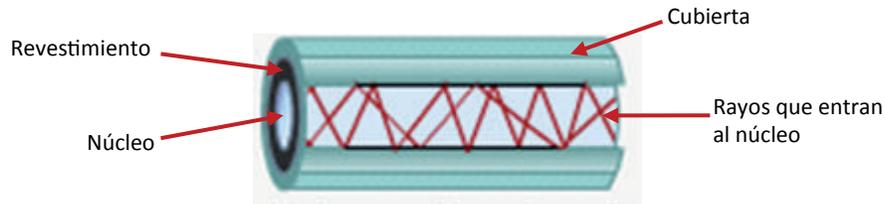


Figura 5.5. Fibra óptica multimodo de índice escalonado

Finalmente cabe mencionar que debido a que son inmunes a la interferencia de ondas electromagnéticas y que su diámetro es del orden de 0.002 a 0.01 mm; entre otras ventajas, las fibras ópticas tienen variedad de aplicaciones en comunicaciones, la industria, la medicina y la metrología.

POLARIZACIÓN

Toda fuente real de luz, emite una mezcla aleatoria de ondas electromagnéticas linealmente polarizadas en todas las direcciones transversales posibles, en consecuencia se denomina luz no polarizada o luz natural.

El aparato óptico cuya energía de entrada es luz natural (no polarizada), y cuya salida es luz polarizada se denomina polarizador.

Atendiendo a que la luz es de naturaleza electromagnética, ordinariamente nos referimos al vector de campo eléctrico \vec{E} , para definir la dirección de polarización de una onda electromagnética, esto debido a que los detectores de ondas eléctricas son más comunes. Cuando la vibración del vector campo eléctrico \vec{E} , es en una sola dirección, decimos que está linealmente polarizado.

Un polarizador sólo transmite una componente del vector de campo eléctrico \vec{E} , ya sea reflejando o absorbiendo a la otra componente. El fenómeno por el que un material absorbe preferentemente una componente de \vec{E} , se denomina dicroísmo; por ejemplo, el material conocido como polaroid, está formado por numerosos cristales dicroicos incrustados en plástico, con todos sus ejes orientados de forma paralela.

Para crear luz polarizada a partir de luz no polarizada se necesita un filtro polarizador, el cual tiene diferentes detalles de construcción atendiendo a la longitud de onda electromagnética de que se trate.

Por ejemplo; el polaroid (se usa mucho en los anteojos de sol y en los filtros polarizadores para lentes de cámaras fotográficas), es un material común para luz visible, la rejilla conductora para microondas, etc.

Cuando la luz polarizada incide en un polarizador ideal (figura 5.6), la intensidad de la luz transmitida es exactamente la mitad que, la de la luz incidente no polarizada, sin importar como se oriente el eje de polarización.

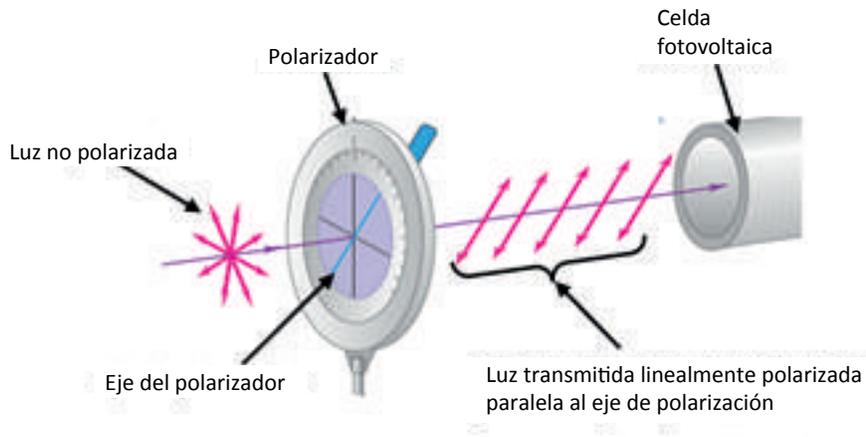


Figura 5.6. Luz linealmente polarizada

Cuando el eje de polarización del analizador (segundo polarizador), forma un ángulo ϕ , con el eje de polarización del primer polarizador, la luz linealmente polarizada es transmitida por el primer polarizador en dos componentes, una paralela y la otra perpendicular al eje del analizador (figura 5.7).

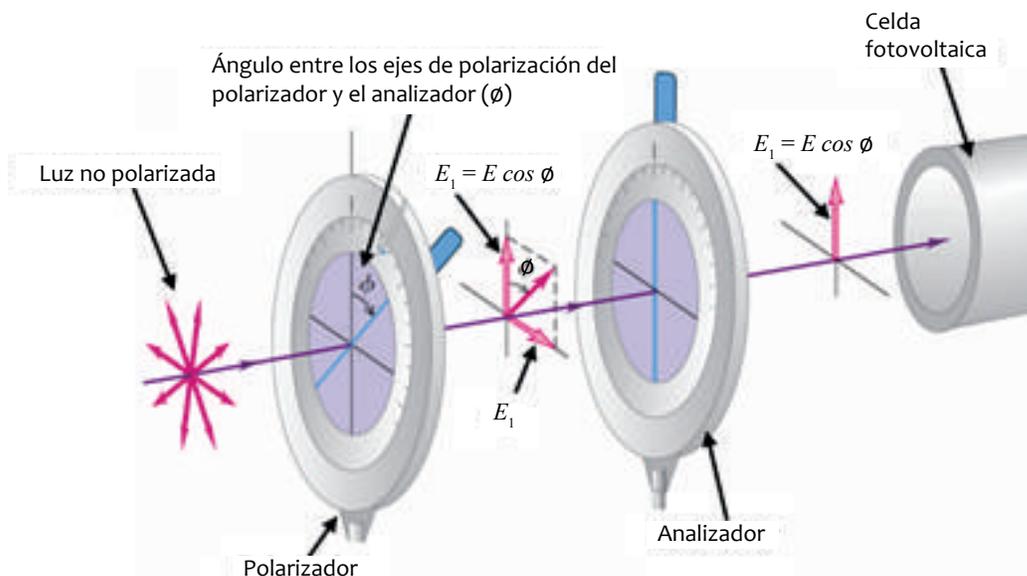


Figura 5.7. Polarizador lineal y analizador

De la figura 5.7, observamos que sólo la componente paralela, con amplitud $E \cos \phi$, es transmitida por el analizador. La intensidad transmitida es máxima ($I_{m\acute{a}x}$) cuando $\phi = 0^\circ$, y es igual a cero cuando el polarizador y el analizador están cruzados, es decir $\phi = 90^\circ$.

La intensidad de luz transmitida a través del analizador es:

$$I = I_{m\acute{a}x} \cos^2 \phi$$

A esta ecuación se le conoce como Ley de Malus, que es la luz que pasa a través de un analizador, donde:

I es la cantidad de luz transmitida con el ángulo ϕ

$I_{m\acute{a}x}$ es la intensidad máxima de luz transmitida en $\phi = 0^\circ$

La ley de Malus, sólo aplica si la luz incidente que pasa a través del analizador ya está linealmente polarizada.

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Prisma
2. Dispersión de la luz en un prisma
3. Desviación y ángulo crítico
4. Doble reflexión interna total
5. Fibra óptica
6. Cono de aceptación
7. Polarización de la luz
8. Ley de Malus

MATERIAL Y EQUIPO

- 1 Prisma equilátero de Lucita
- 1 Prisma rectangular (de Porro)
- 1 Prisma de semicírculo de Lucita
- 1 Disco graduado
- 1 Riel
- 1 Láser
- 1 Fuente de luz blanca
- 1 Fotómetro con fibra óptica
- 1 Soporte universal
- 1 Luxómetro

- 2 Polarizadores
- 2 Portales para los polarizadores
- 1 Pantalla blanca

DESARROLLO

I. ÁNGULO CRÍTICO EN UN PRISMA

a) Coloque el láser sobre el riel, a continuación el disco graduado y sobre de él, el prisma rectangular de Porro, con una cara colineal al eje de 90° y perpendicular al haz del láser (figura 5.8):

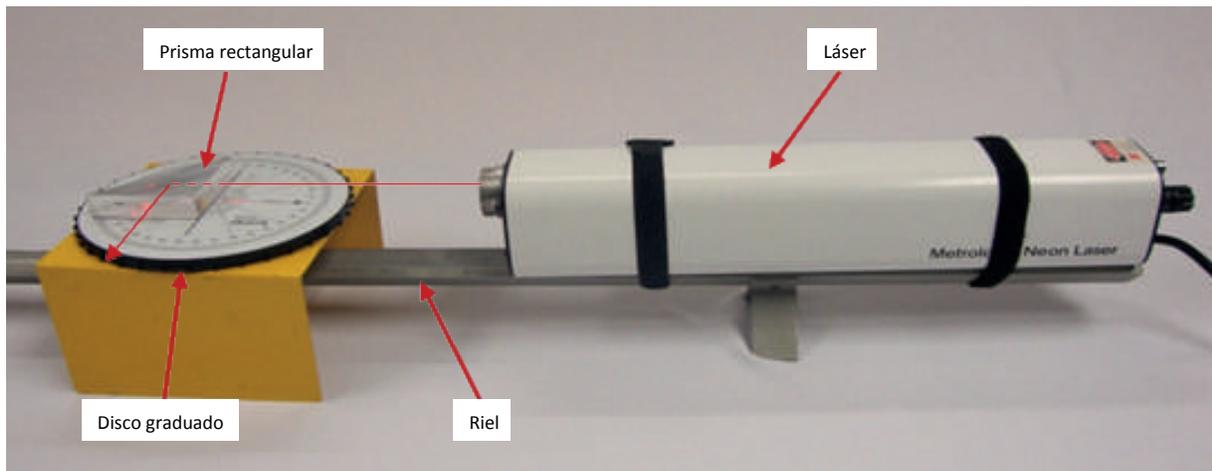


Figura 5.8. Ángulo crítico en un prisma

- b) Encienda el láser y apague la luz del aula.
- c) Coloque el prisma para que el rayo incidente entre como se indica en la figura 5.9, el rayo saliente del prisma debe ser paralelo al eje de 90° del disco graduado (figura 5).
- d) Gire el disco óptico hasta que el haz refractado esté sobre la hipotenusa del prisma (figura 5.9).

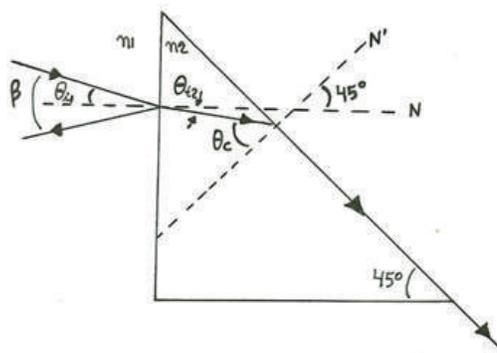


Figura 5.9. Ángulo crítico

e) Mida el ángulo formado por el rayo incidente y reflejado (β). $\beta = \underline{\hspace{2cm}}^\circ$

1. Si $\theta_{i1} = \frac{\beta}{2}$ calcule el ángulo $\theta_{i1} = \underline{\hspace{2cm}}^\circ$

2. El ángulo crítico $\theta_c = 45^\circ - \sin^{-1} \left[\frac{\eta_1}{\eta_2} \sin \theta_{i1} \right]$

donde: $\eta_1 = \eta_{\text{aire}}$ y $\eta_2 = \eta_{\text{prisma}} = 1.5$

Calcule el ángulo crítico: $\theta_c = \underline{\hspace{2cm}}^\circ$

f) Gire el disco hasta un ángulo mayor que el ángulo crítico obtenido.

3. ¿Qué sucedió para ángulos mayores que el ángulo crítico θ_c ?

II. DOBLE REFLEXIÓN INTERNA TOTAL

g) Arme el dispositivo que se muestra en la figura 5.10, colocando el prisma rectangular (prisma de Porro), sobre el eje de 90° , desplácelo sobre éste hasta encontrar la doble reflexión interna total.

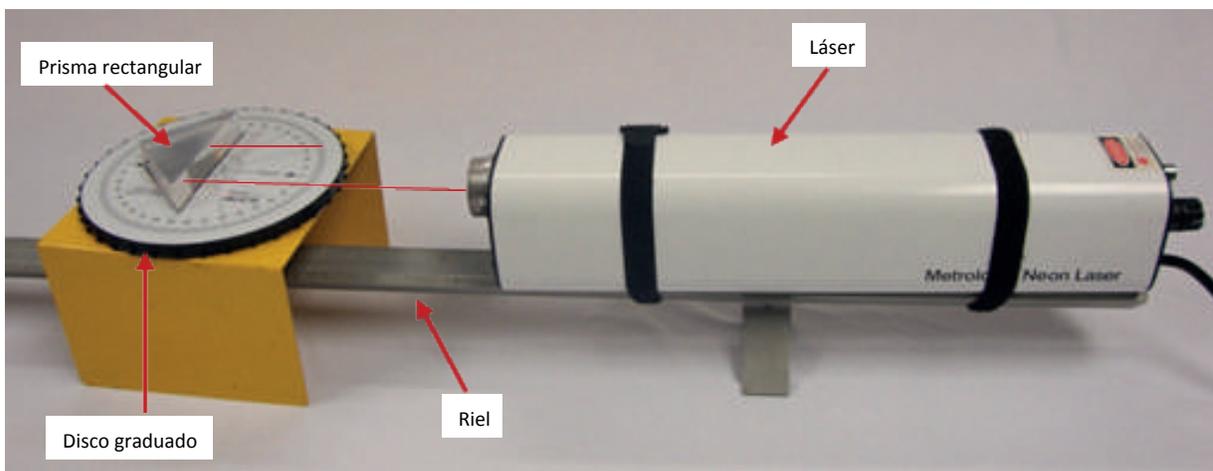
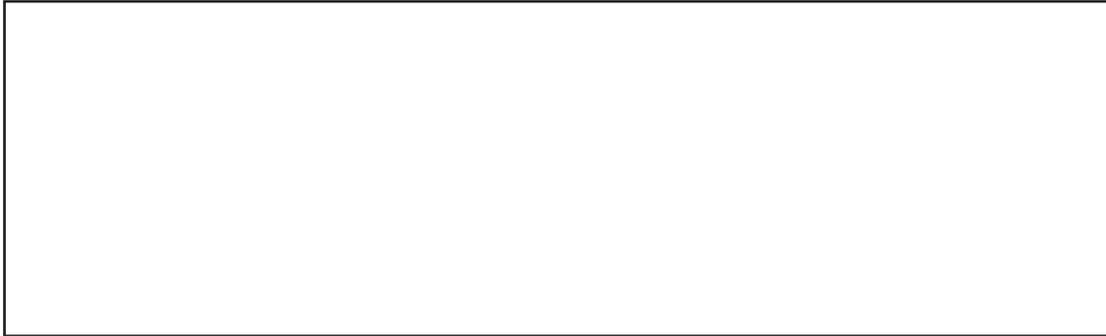


Figura 5.10. Doble reflexión interna total con prisma rectangular

4. Dibuje lo observado **indicando** el rayo incidente (entrante), en el prisma, los rayos internos reflejados con sus ángulos y el rayo retransmitido (saliente), del prisma.



- h) Cambie el prisma de Porro, por el semicírculo de Lucita y colóquelo sobre el eje de 90° (figura 5.11), desplácelo sobre éste hasta encontrar la doble reflexión interna total.

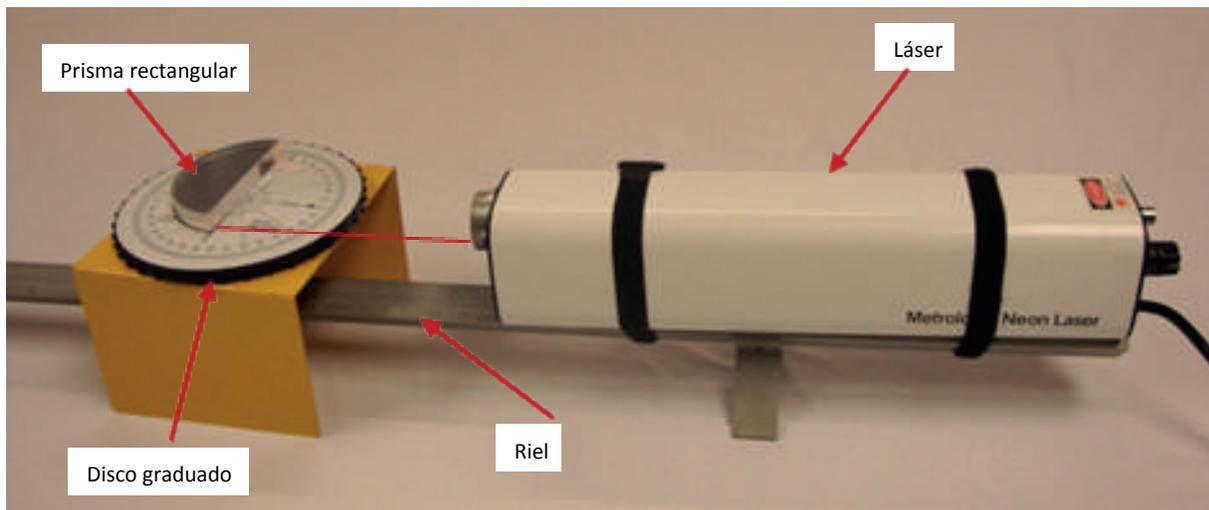


Figura 5.11. Doble reflexión interna total con semicírculo de Lucita

5. Dibuje un diagrama **indicando** el rayo incidente (entrante), los rayos internos reflejados y el rayo retransmitido (saliente), identificando los ángulos en la figura.



III. FIBRA ÓPTICA

III.I. Transmisión de luz

- i) Sin conectar la fibra óptica al fotómetro, haga coincidir la luz del rayo láser a un extremo de la fibra.
6. Describa lo que pasa en el otro extremo.
-
-
- j) Forme una circunferencia de aproximadamente 10cm de diámetro con la fibra óptica y haga coincidir la luz del rayo láser a un extremo de la fibra.
7. Describa lo que pasa en el otro extremo.
-
-
- k) Conecte la fibra óptica al fotómetro, haga coincidir la luz del rayo láser con la terminal de la fibra. A continuación seleccione una escala sensible del fotómetro y tome la lectura:
 $I = \text{_____ Luxes.}$
- l) Forme una circunferencia de aproximadamente 10 cm de diámetro con la fibra óptica y repita el paso anterior. Tome la lectura: $I = \text{_____ Luxes.}$
8. ¿Existió diferencia entre los valores obtenidos de los puntos k y l? Justifique su respuesta.
-
-

III.II. Cono de aceptación

- m) Conecte la fibra óptica al fotómetro, pegue el otro extremo de la fibra óptica en el centro del disco graduado (sobre el eje de 0°), coloque el láser pegado al disco, la luz de éste debe entrar por el eje de 0° (figura 5.12).

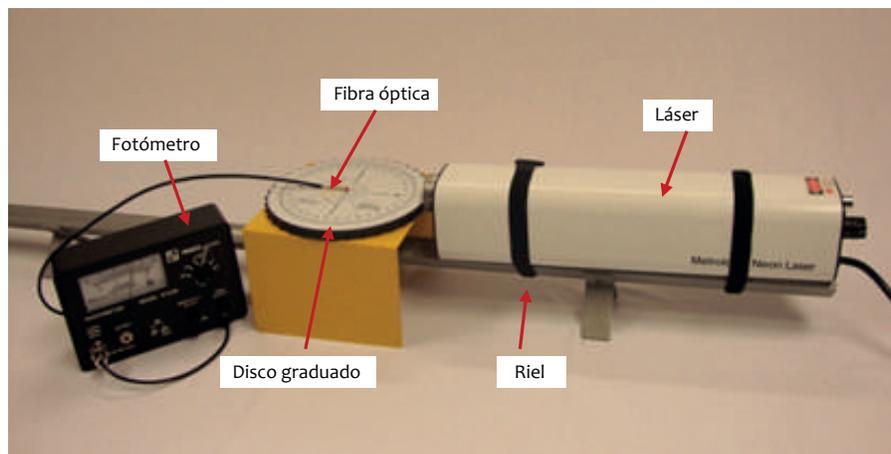


Figura 5.12. Cono de aceptación de la fibra óptica

- n) Gire en sentido horario el disco graduado para obtener el ángulo máximo (α_M) del cono de aceptación para reflexión interna total en la fibra óptica. Escriba su lectura: $\alpha_M = \text{---}^\circ$
- o) Regrese el disco a su posición original, ahora gírelo en sentido antihorario. Escriba su lectura: $\alpha_M = \text{---}^\circ$

9. ¿Existió diferencia en las lecturas de los ángulos medidos en los incisos m y n? Justifique su respuesta

10. Con el valor de ángulo máximo (α_M) del cono de aceptación obtenido experimentalmente, calcule la apertura numérica (NA), con la expresión:

$$NA = \sin \alpha_M$$

$$NA = \text{---}$$

11. Considerando $\eta_1 = 1.62$ (índice de refracción de la fibra), y $\eta_2 = 1.52$ (índice de refracción del revestimiento –dieléctrico-)¹, calcule el valor teórico de la apertura numérica (NA) mediante:

$$NA = \sqrt{(\eta_1)^2 - (\eta_2)^2} \quad NA = \pm \text{---}$$

12. ¿Existe alguna diferencia en los puntos 10 y 11? Justifique su respuesta.

IV. DISPERSIÓN DE LA LUZ BLANCA EN UN PRISMA

- p) Coloque la fuente de luz blanca, enseguida el colimador (con una rendija), coloque el prisma en el centro del disco graduado alineado sobre el eje de 90° . Encienda la fuente de luz, apague la luz del aula (figura 5.13).

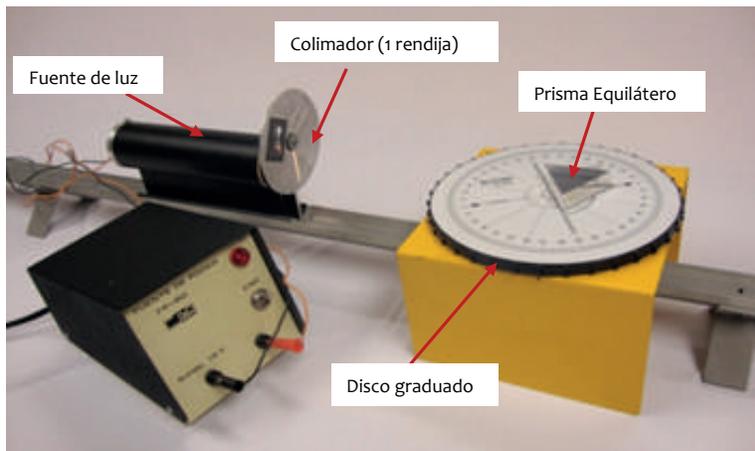


Figura 5.13. Descomposición de la luz blanca en un prisma

¹ Valores tomados del problema 5.62 ÓPTICA DE HECHT, tercera edición.

- q) Gire el disco graduado hasta que observe la dispersión de la luz.
13. ¿Cuántos y cuáles colores puede observar? _____
- _____

V. POLARIZACIÓN DE LA LUZ

- r) Coloque los dos polarizadores en un portalente con su eje de transmisión vertical (que el cero del polarizador coincida con la marca del porta lente (figura 5.14).

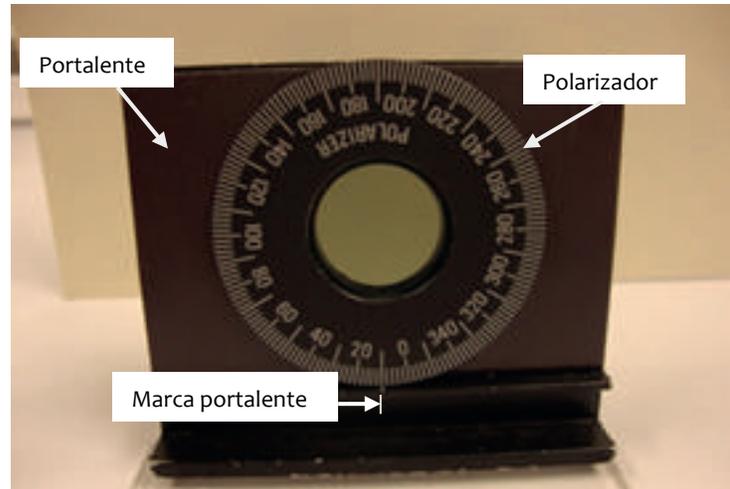


Figura 5.14. Polarizador de la luz y portalente

- s) Coloque sobre el riel la fuente de luz blanca (luz no polarizada), enseguida el polarizador en el portalente, después un analizador (segundo polarizador), con su respectivo portalente y una pantalla a 10cm del analizador (figura 5.15).

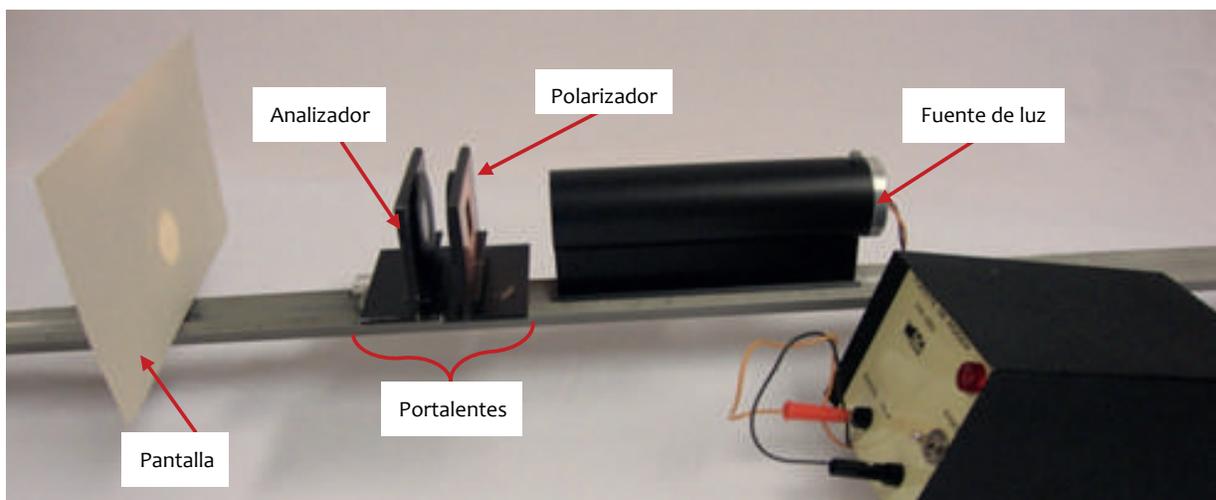


Figura 5.15. Polarización de la luz

- t) Encienda la fuente de luz y apague la luz del laboratorio.
- u) Observando lo que ocurre en la pantalla, gire el analizador hasta que los 90° coincidan con la marca del portalente.

14. Describa lo observado justificando su respuesta de acuerdo a la polarización de la luz.

V.I. Ley de Malus

- v) Retire la pantalla, pegue la fibra óptica del fotómetro en la pinza del soporte universal y colóquelo a 10cm del analizador (cuide que la fibra óptica coincida con el centro de la salida del analizador, figura 5.16).

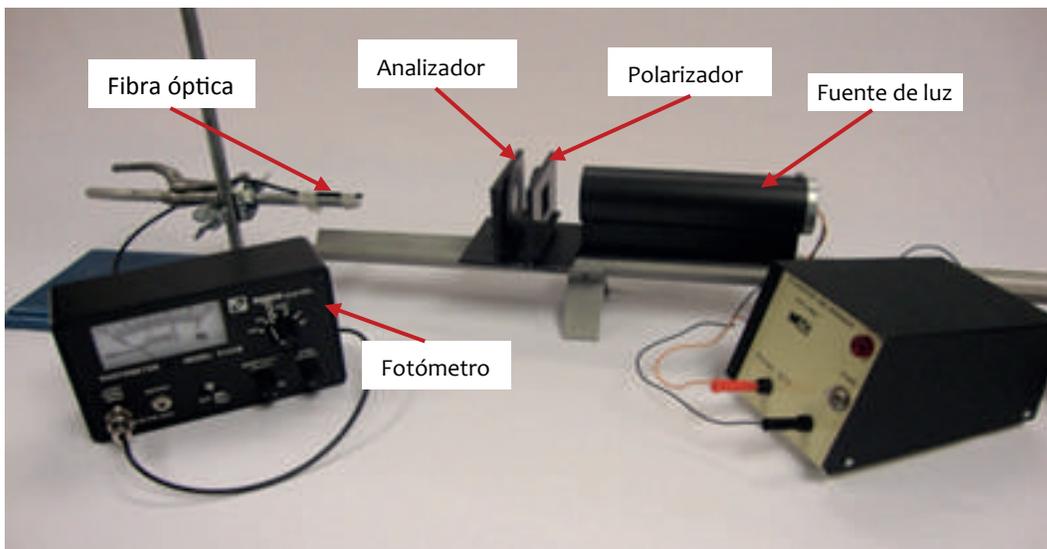


Figura 5.16. Ley de Malus

- w) Gire el analizador de acuerdo a los ángulos dados en la tabla 5.1, y concentre sus lecturas de irradiancia experimental.

Analizador (ϕ) (Grados)	Irradiancia (Experimental) [Lux]	Irradiancia (Teórica) [Lux]
0		
45		
90		
135		
180		
225		
270		
315		
360		

Tabla 5.1. Ley de Malus

15. De acuerdo a la Ley de Malus, y para la tabla 5.1, calcule la intensidad de luz transmitida a través del analizador (irradiancia teórica), por medio de la ecuación:

$$I = I_{m\acute{a}x} \cos^2 \phi$$

donde:

I es la cantidad de luz transmitida con el ángulo ϕ (irradiancia teórica)

$I_{m\acute{a}x}$ es la intensidad máxima de luz transmitida en $\phi = 0^\circ$

16. ¿Existe alguna diferencia en los resultados teóricos y experimentales? Justifique su respuesta.

17. CONCLUSIONES

PRÁCTICA 6

INTERFERENCIA

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

UNIDAD 4: ÓPTICA FÍSICA.

SUBTEMAS: 4.2, 4.3

SEMESTRE LECTIVO: _____

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR (NOMBRE Y FIRMA)		

CONCEPTO	%	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (investigar y comprender)	(20%)	
Aprender a usar los equipos	(20%)	
Trabajo en equipo	(20%)	
Comparación y análisis de resultados	(20%)	
Redacción y presentación de reporte	(20%)	

CALIFICACIÓN FINAL PRÁCTICA 6	
--------------------------------------	--

CUESTIONARIO PREVIO

1. Enuncie el principio de superposición de ondas.
2. Enuncie las condiciones más relevantes para que ocurra el fenómeno de interferencia de ondas luminosas.

3. Atendiendo a dos ondas luminosas coherentes y con la misma frecuencia. ¿En qué circunstancias se tiene:
 - a) interferencia constructiva
 - b) interferencia destructiva
4. Explique el experimento de Young, debido a la interferencia de dos fuentes de ondas luminosas y escriba la expresión matemática respectiva.
5. Explique la interferencia por división de frente de onda; enuncie algunos sistemas y aplicaciones.
6. Explique la interferencia por división de amplitud; enuncie algunos sistemas y aplicaciones.

OBJETIVOS

- I. Aplicar los conceptos de los fenómenos de interferencia.
- II. Medir experimentalmente la longitud de onda de un haz de láser.
- III. Medir experimentalmente la longitud de onda de un haz de microondas.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

INTERFERENCIA

La interferencia ocurre cuando dos ondas mutuamente coherentes se superponen en algún punto del espacio. Se dice que dos ondas son mutuamente coherentes únicamente si tienen su origen en la misma fuente o si son monocromáticas.

Para su análisis los sistemas de interferencia se dividen en dos grupos:

- a) Interferencia por división del frente de onda. Los dos haces luminosos que interfieren se pueden obtener a partir de un frente de onda primario. La división del frente de onda se puede lograr por medio de difracción, reflexión o refracción.
- b) Interferencia por división de amplitud. Divide el haz original en dos haces de diferente amplitud sin destruir la coherencia original. La división de amplitud se efectúa mediante un prisma divisor de haz o un espejo semi-plateado, luego se reúnen de alguna manera en un detector, por lo general usando el mismo dispositivo divisor del haz.

Un haz de luz puede ser modelado como una onda de campos eléctricos y magnéticos oscilantes. Cuando dos rayos de luz se encuentran en el espacio, estos campos se suman de acuerdo al principio de superposición. Para cada punto en el espacio, los campos magnético y eléctrico están determinados como la suma vectorial de los campos de los rayos por separado.

Si los dos haces de luz se originan en fuentes diferentes, generalmente no hay grados de correlación entre la frecuencia y la fase de oscilaciones electromagnéticas de los haces. Si los dos rayos se encuen-

tran en cualquier instante habrá puntos en el espacio donde los campos se sumarán para producir un campo de magnitud máxima. Sin embargo, las oscilaciones de luz visible son mucho más rápidas que lo que el ojo humano puede percibir.

No hay relación de fase entre las oscilaciones electromagnéticas de los haces, un punto en el que hay un máximo en un instante, puede tener al siguiente instante un mínimo. El ojo humano promedia estos resultados y percibe una luz de intensidad uniforme.

Si los dos haces de luz se originan en la misma fuente, hay por lo general algún ángulo de correlación entre la frecuencia y fase de las oscilaciones de los dos haces de luz. En un punto en el espacio la luz de los rayos puede estar constantemente en fase, entonces el campo combinado siempre será un máximo y será visto como un punto o una franja brillante. En otro punto la luz de los dos rayos pueden estar continuamente fuera de fase y entonces se formará un mínimo, el cual será visto como un punto o una franja oscura.

Thomas Young, fue uno de los primeros en diseñar un método para producir tal patrón de interferencia. El dejó incidir un sólo haz de luz entre dos ranuras estrechas. Delante de las ranuras puso una pantalla. Cuando la luz de las ranuras incidía en la pantalla, un patrón regular de bandas oscuras y brillantes se volvía visible. Cuando el experimento de Young, fue realizado por primera vez, ofreció importante evidencia para la naturaleza ondulatoria de la luz.

Las ranuras de Young, funcionan como un simple interferómetro. Si el espacio entre las ranuras es conocido, el espaciamiento máximo y mínimo puede ser usado para determinar la longitud de onda de la luz. Inversamente, si la longitud de onda es conocida, el espaciamiento entre las divisiones puede ser determinado por los patrones de interferencia.

INTERFERÓMETRO DE MICHELSON

El interferómetro fue inventado en 1881 por el físico americano Albert A. Michelson (1852-1931), por lo que ahora es llamado el interferómetro de Michelson, o interferómetro de división de amplitud. Este interferómetro divide el haz de luz monocromática en dos partes, sólo que un haz golpea un espejo fijo y el otro un espejo movable. Cuando los haces reflejados son juntados en su regreso, resulta un patrón de interferencia.

Un diagrama esquemático del interferómetro de Michelson, es mostrado en la figura 6.1. El haz de luz 1, de una fuente de luz monocromática (S), es incidente sobre un divisor de haz (BS). El haz 1, es dividido en dos partes por el divisor de haz (BS), por medio de una delgada superficie metálica con frente

semitransparente o una película dieléctrica depositada sobre un cristal. El interferómetro es, por lo tanto, del tipo divisor de amplitud.

La parte reflejada 2 y parte transmitida 3, de más o menos igual amplitud, continúan reflejándose totalmente en los espejos M_2 y M_1 respectivamente, donde estas direcciones son revertidas.

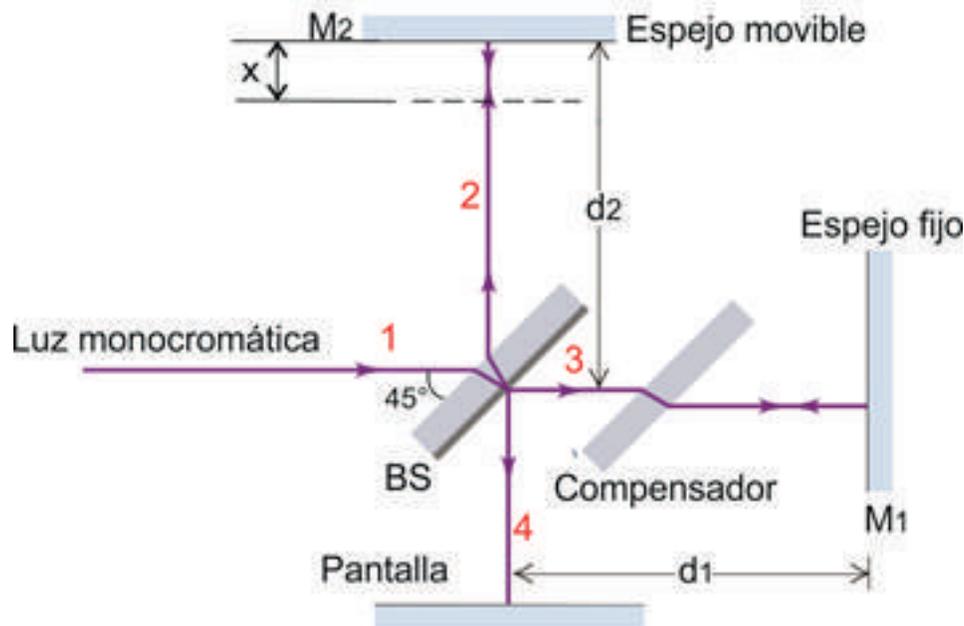


Figura 6.1. Interferómetro de Michelson

El espejo fijo es M_1 y M_2 es el espejo móvil. Retornando sobre del divisor de haz (BS), la parte 2 es ahora transmitida y la parte 3 es reflejada por la película semitransparente, de modo que las dos partes se juntan y recombinan por el divisor de haz (BS), como un haz 4. Este interferómetro de doble haz es tal que, todos los rayos golpean M_1 y M_2 siendo estos exactamente normales. El espejo M_1 es equipado con un tornillo que ajusta la inclinación de la superficie M_1 haciendo que esta sea exactamente perpendicular a la de M_2 . El espejo M_2 es solo movable a lo largo de la dirección del camino por medio de un tornillo micrométrico de precisión. (El compensador plateado asegura que la parte 1 y parte 2 pasen a través de un mismo espesor de vidrio. Este compensador plateado tiene el mismo índice de refracción que el BS. De este modo, el haz 4 incluye rayos que viajan con diferente camino óptico y muestra interferencia).

Cuando un haz de luz monocromática es usado como una fuente y los espejos son ajustados exactamente, son observadas franjas circulares de interferencia. De este modo, un observador quien inspecciona la superposición de los haces, observará interferencia destructiva o constructiva (figura 6.2), dependiendo solamente de la diferencia de recorrido en la longitud de camino d_1 y d_2 por los dos haces.

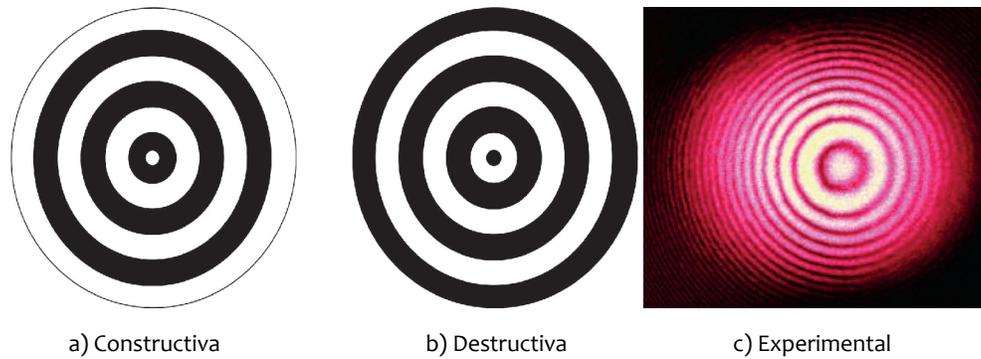


Figura 6.2. Patrones de interferencia de franjas circulares

La figura 6.1, muestra que los espejos son perpendiculares uno con otro, solamente el BS tiene 45° con cada uno, y las distancias d_1 y d_2 son iguales. Sin embargo, si el espejo es movido alejándose de la pantalla por una distancia de $1/4\lambda$, parte 2 viaja hacia atrás y hacia adelante para un total que es dos veces este valor, conduciendo a una lectura extra de $1/2\lambda$.

En este caso, las partes están fuera de fase cuando ellas alcanzan la pantalla panorámica, por tanto, ocurre interferencia destructiva y el panorama percibido son franjas oscuras.

Si el espejo ajustable es movido más lejos, retornan brillando por completo tan pronto ya que, las partes están en fase e interfieren constructivamente. Esta condición en fase ocurre cuando la parte 2 recorre una distancia extra total de λ relativa a la parte 3. De este modo, como el espejo es movido continuamente, el observador de campo ve cambios de brillante a oscuro, entonces regresa a brillante, y así sucesivamente. La cantidad por la cual d_2 es cambiada, puede ser medida y relacionada con la longitud de onda λ de la luz, desde una entrada de cambio de franja brillante a franja oscura siendo brillante cada tiempo d_2 es cambiada por una media-longitud de onda (el cambio hacia delante y hacia atrás en distancia es λ). Si una gran cantidad de ondas es contada de esta manera, el interferómetro de Michelson, puede ser usado para obtener un valor muy preciso para la longitud de onda de los cambios medidos en d_2 .

Mediciones precisas de distancia (x), pueden ser medidas con el interferómetro de Michelson, por movimiento del espejo M_2 y contando el número de franjas de interferencia (m), que aparecen cuando pasan por un punto de referencia. La distancia x , asociada con las m , franjas está dada por:

$$x = \frac{m\lambda}{2} \quad \text{ó} \quad \lambda = \frac{2x}{m}$$

Alternativamente, si el número de franjas (m), es encontrado, y una distancia (x), puede ser medida cuando el espejo movable es movido por esta distancia, un valor preciso para la longitud de onda λ de la fuente de luz puede ser obtenido usando la ecuación anterior.

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Superposición de ondas
2. Interferencia
3. Experimento de Young

MATERIAL Y EQUIPO

- Cartulina blanca
- Interferómetro de Michelson
- Láser
- Equipo de Microondas

DESARROLLO

I. MEDICIÓN DE LONGITUD DE ONDA CON INTERFERÓMETRO DE MICHELSON

- a) El profesor explicará el principio de funcionamiento de los componentes básicos del interferómetro de Michelson (figura 6.3).

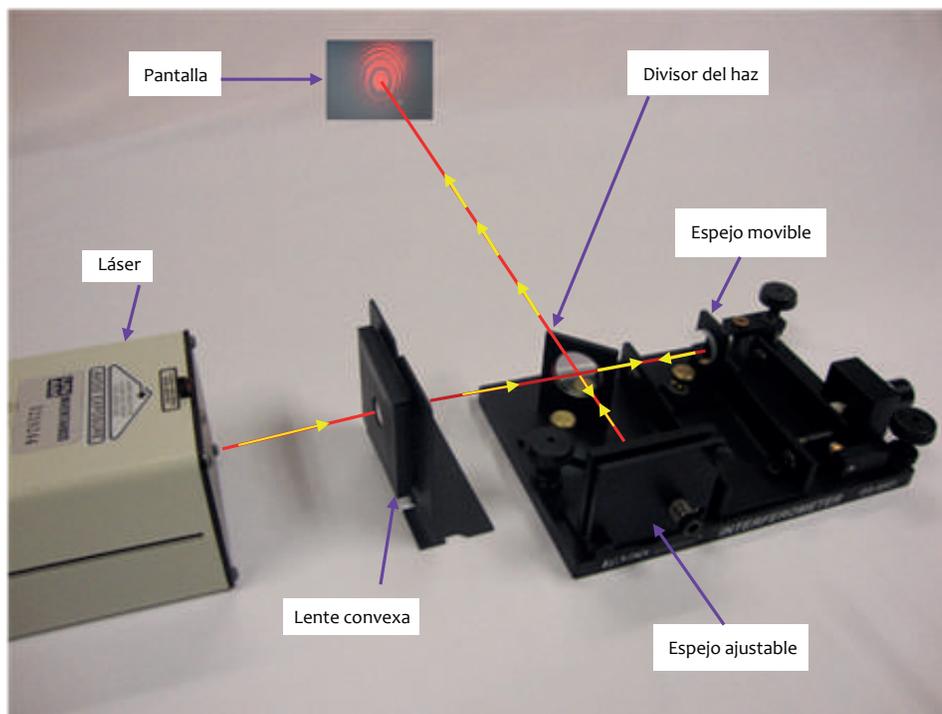


Figura 6.3. Componentes básicos del interferómetro de Michelson

Para la instalación correcta del interferómetro considere las siguientes indicaciones:

- b) Coloque el interferómetro de manera que el rayo del láser incida en el centro del espejo móvil, cuide que el reflejo del láser NO entre nuevamente al láser sino, a un costado como se indica en la figura 6.4.

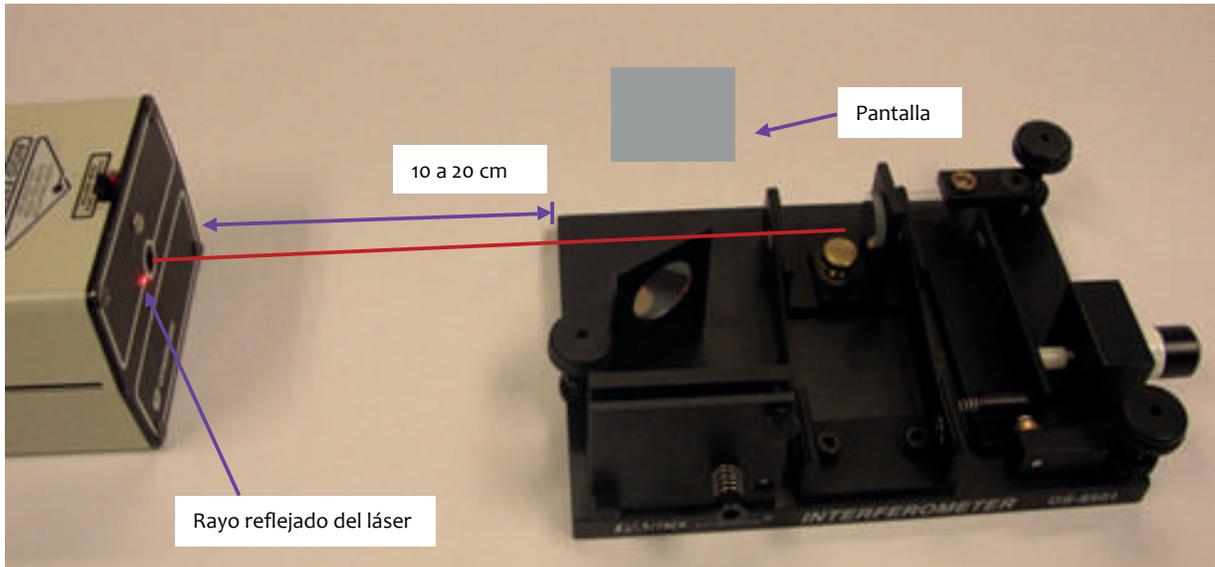


Figura 6.4. Ajuste del espejo móvil

- c) Mueva el divisor de haz, que la base de éste forme un ángulo de 45° , con respecto al rayo láser (figura 6.5). En la pantalla deberán observarse 2 puntos o series de puntos (haz dividido).

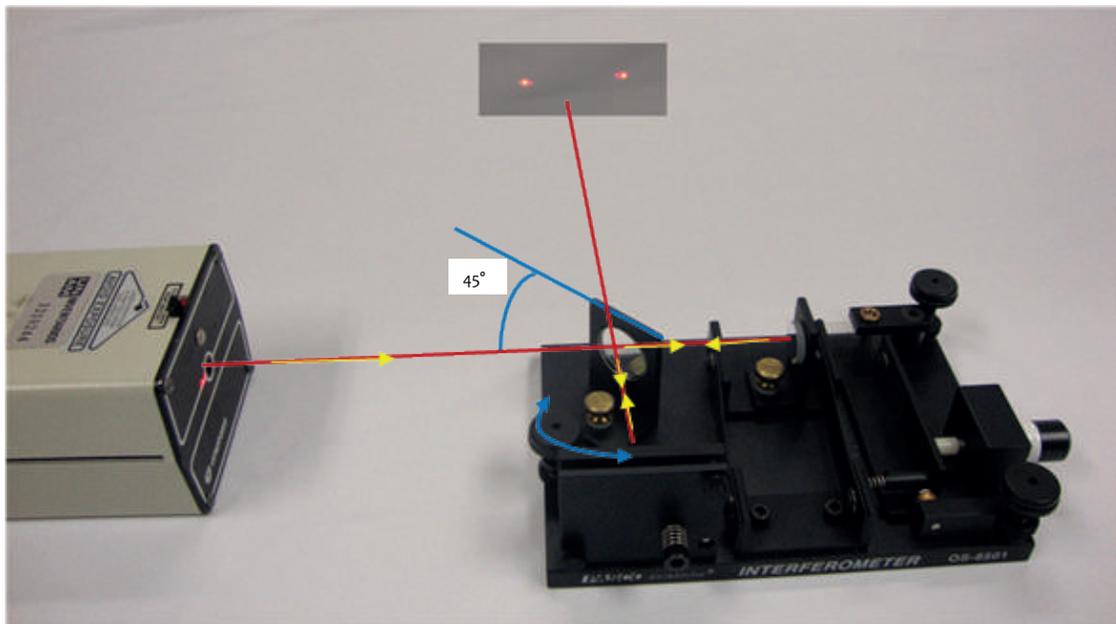


Figura 6.5. Ajuste del divisor de haz

d) Acerque los 2 puntos o series de puntos lo más posible (moviendo el divisor de haz si es necesario (figura 6.6).



Figura 6.6. Haz dividido

e) El espejo ajustable tiene dos tornillos (figura 6.7). El tornillo inferior los mueve en el eje “x” y el superior en el eje “y”. Ajústelos lentamente hasta que junte el haz dividido y se observe solamente un punto.

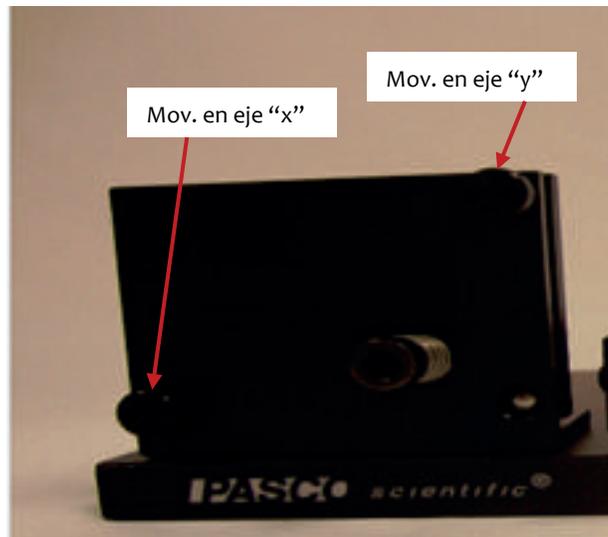


Figura 6.7. Espejo movable

f) Coloque la lente convergente de 18 mm en el portalente (se pega magnéticamente, figura 6.8).

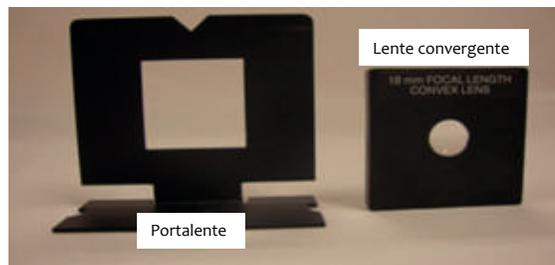


Figura 6.8. Lente convergente y portalente

g) Coloque el lente con el portalente entre el láser y el interferómetro (figura 6.9), asegúrese que al pasar el haz del láser por la lente, el haz difuso saliente pegue en el centro del divisor de haz y en el espejo móvil.

Si lo colocó correctamente, podrá observar los anillos concéntricos en la pantalla.

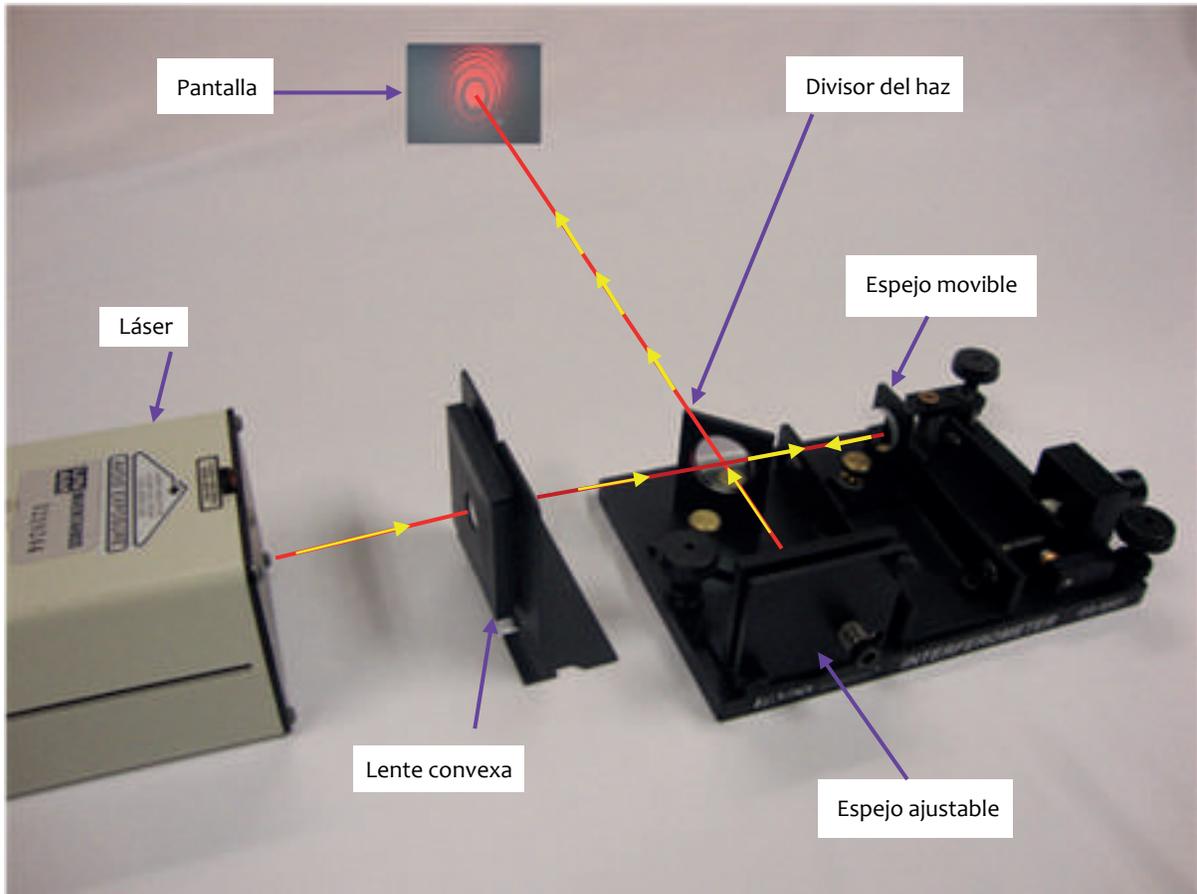


Figura 6.9. Medición de la longitud de onda

h) De no ver los anillos concéntricos, haga un ajuste moviendo solamente la lente (sin el portalente) de arriba-abajo, o izquierda-derecha al mismo tiempo que observa la imagen hasta que observe los anillos concéntricos.

i) Iniciando en cero, gire en sentido antihorario la perilla del micrómetro hasta completar $50\mu\text{m}$ (2 vueltas).

1. Explique qué sucede con el centro y las franjas de los anillos concéntricos.

j) Mientras un alumno gira la perilla del micrómetro lentamente en sentido antihorario, los demás alumnos cuenten los cambios de color del centro (interferencia constructiva o destructiva), se recomiendan mínimo 20 cambios.²

El número de cambios de color del centro es igual al número de franjas (m).

La distancia recorrida por el micrómetro está representado por ℓ .

k) Registre el número de franjas. $m = \underline{\hspace{2cm}}$ franjas

l) Registre la distancia recorrida por el micrómetro $\ell = \underline{\hspace{2cm}}$ μm

2. Calcule la longitud de onda del láser utilizado la expresión:

$$\lambda = \frac{2\ell}{m}$$

$$\lambda = \underline{\hspace{2cm}} \mu\text{m}$$

3. Calcule el porcentaje de error en la obtención del valor experimental de la longitud de onda de la luz del láser y el valor especificado por el fabricante ($\lambda_{\text{fabricante}} = 632.8 \text{ nm}$).

$$\% \text{ error} = \left| \frac{V_r - V_m}{V_r} \right| \times 100$$

donde: $V_r =$ Valor real $V_m =$ Valor medido
 % error = $\underline{\hspace{2cm}}$

II. MEDICIÓN DE LA LONGITUD DE ONDA (λ) CON EQUIPO DE MICROONDAS

m) Coloque el cuerno del transmisor en su soporte por medio del tornillo de sujeción, en la parte inferior se conecta la entrada del eliminador (figura 6.10). El diodo enciende cuando se conecta el eliminador al tomacorriente. Conéctelo hasta que vaya a empezar las mediciones.

² Nota: Siempre que revierta la dirección en la cual gire la perilla del micrómetro, ahí está una pequeña cantidad de error antes que el espejo se empiece a mover. Esto es llamado juego mecánico, y está presente en cualquier sistema mecánico implicando reversiones en la dirección de movimiento. Al empezar con una vuelta completa antihoraria, y después girando en el mismo sentido cuando se cuentan las franjas, puedes eliminar el juego en tus mediciones.

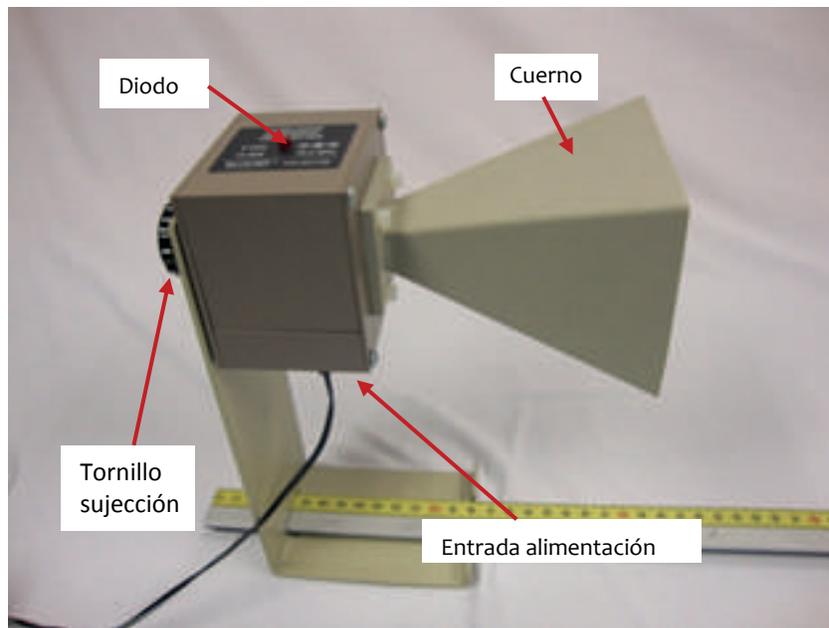


Figura 6.10. Transmisor de microondas

n) Coloque el cuerno del receptor en su soporte por medio del tornillo de sujeción (figura 6.11), al mover la perilla de “intensity” se enciende o se apaga, tiene un led, que si está encendido indica que está funcionando.

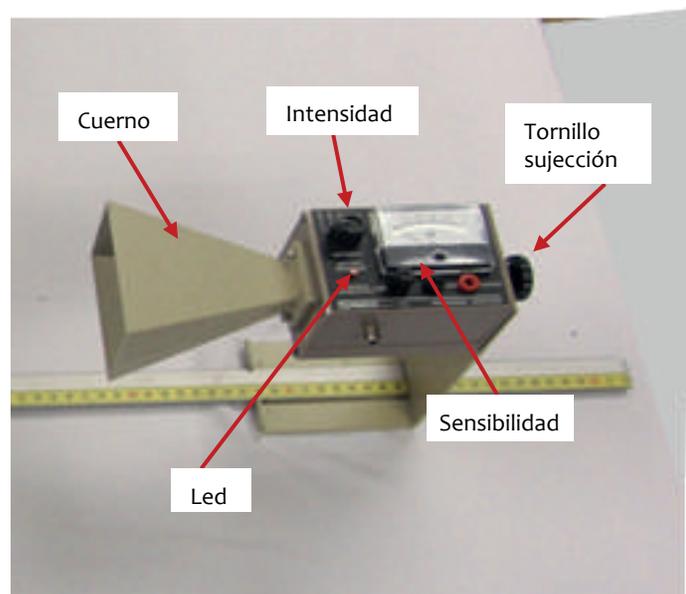


Figura 6.11. Receptor de microondas

o) Coloque las láminas reflectora y movable en su soporte (se pegan magnéticamente); el divisor de haz (madera cuadrada), se coloca en el soporte que tiene un orificio para poderse rotar desde el centro del goniómetro (se pega magnéticamente). Ver figura 6.12.

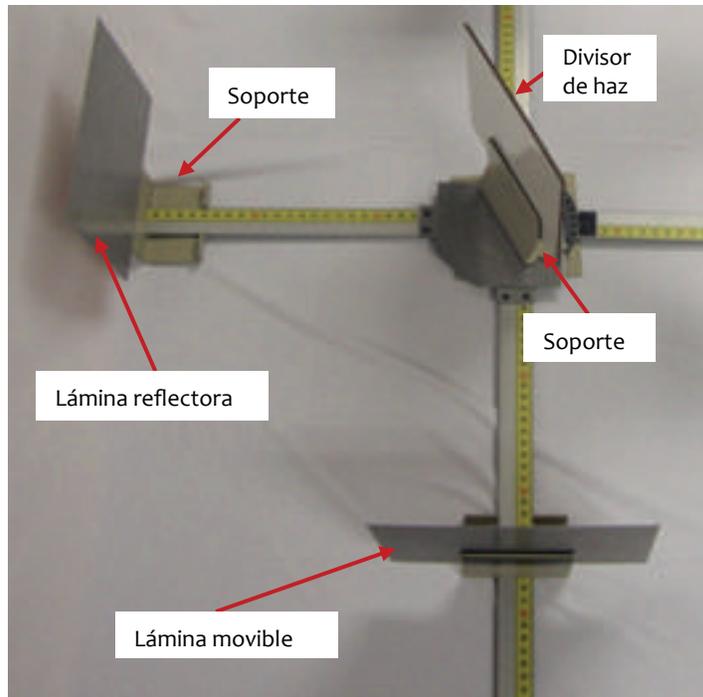


Figura 6.12. Aditamentos de microondas

p) Arme el dispositivo como se muestra en la figura 6.13.

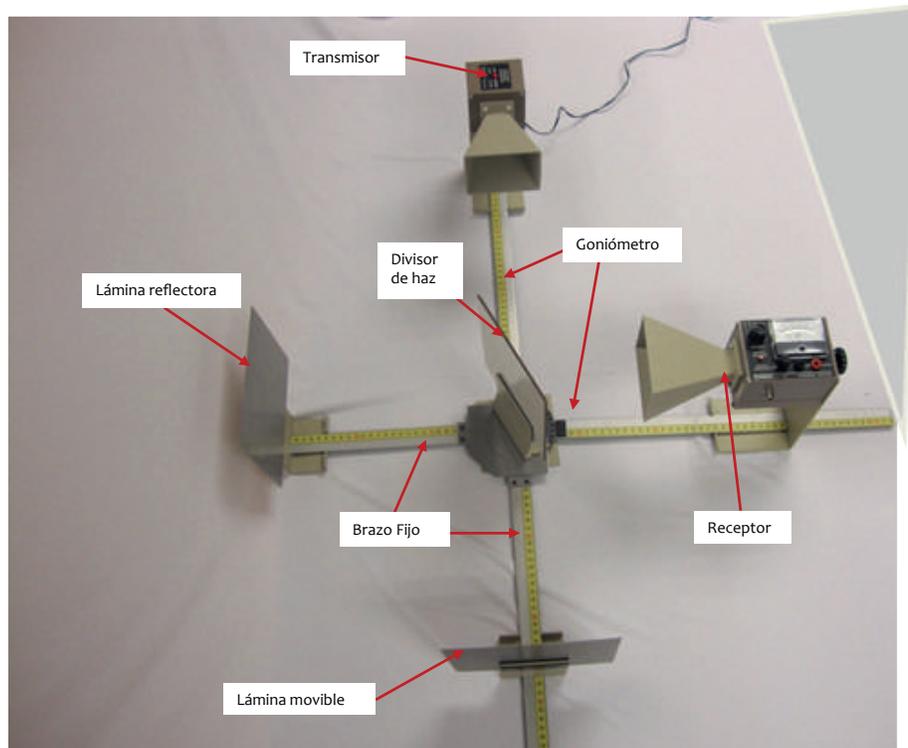


Figura 6.13. Medición de longitud de onda con equipo de microondas

q) Coloque:

- El soporte del transmisor en 34 cm
- El soporte del receptor en 97 cm
- El soporte de la lámina reflectora en 184 cm
- El soporte de la lámina móvil al inicio del goniómetro

r) Para calibrar el receptor conecte el transmisor, a continuación, en el receptor, seleccione la escala de 30x con la perilla de sensibilidad (sensitivity), gire hasta que la aguja deflectora marque "uno".

s) Desplazar (alejando o acercando), la lámina móvil (reflector A), a lo largo del brazo del goniómetro y observe en la carátula del receptor el máximo y el mínimo de desviación.

Si es necesario ajuste en el receptor la perilla de intensidad para leer fácilmente la señal.

t) Mueva la lámina móvil (reflector "A"), para que produzca una lectura máxima y anote esta distancia (x_1) $x_1 = \text{_____} m$

u) Mientras cuenta cuidadosamente en el receptor los cambios de los máximos y mínimos, mueva lentamente la lámina móvil (reflector "A"), hasta que el medidor de lectura haya atravesado por lo menos 10 mínimos y regresado a un máximo.

v) Anote el número de mínimos (m), que fueron atravesados. $m = \text{_____}$

w) Anote la nueva posición de la lámina móvil (reflector "A"), $x_2 = \text{_____} m$

x) Entonces: $\ell = |x_1 - x_2|$ $\ell = \text{_____} m$

Al término de las lecturas apague el receptor y desconecte el transmisor.

4. Calcule la longitud de onda de la microonda radiada.

Si: $\lambda = \frac{2\ell}{m}$ entonces $\lambda = \text{_____} m$

y) Repita sus medidas, empezando con una posición diferente para la lámina móvil (reflector "A").

$x_1 = \text{_____} m$

Mínimos que atravesó $m =$

$x_2 = \text{_____} m$

Si $\ell = |x_1 - x_2|$, entonces $\ell = \text{_____} m$

Al término de las lecturas apague el receptor y desconecte el transmisor.

5. Calcule la longitud de onda de la microonda radiada.

Si: $\lambda = \frac{2\ell}{m}$ entonces $\lambda = \underline{\hspace{2cm}} m$

6. Obtenga el promedio de los puntos 4 y 5: $\bar{\lambda} = \underline{\hspace{2cm}} m$
7. Compare el valor experimental de la longitud de onda (λ), obtenida en el punto 6, con el dato que da el fabricante ($\lambda = 0.0285m$) ¿Qué concluye?

8. Calcule el porcentaje de error en la obtención del valor experimental de la longitud de onda de la microonda radiada y el valor especificado por el fabricante ($\lambda_{fabricante} = 0.0285 m$).

$$\% error = \left| \frac{V_r - V_m}{V_r} \right| \times 100$$

donde: $V_r =$ Valor real $V_m =$ Valor medido
 $\% error = \underline{\hspace{2cm}}$

9. De los dos experimentos realizados para obtener el valor de longitud de onda ¿Con cuál obtuvo menor error porcentual?

10. CONCLUSIONES

PRÁCTICA 7

DIFRACCIÓN

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

UNIDAD 4: ÓPTICA FÍSICA

SUBTEMAS: 4.4, 4.5

SEMESTRE LECTIVO: _____

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR (NOMBRE Y FIRMA)		

CONCEPTO	%	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (investigar y comprender)	(20%)	
Aprender a usar los equipos	(20%)	
Trabajo en equipo	(20%)	
Comparación y análisis de resultados	(20%)	
Redacción y presentación de reporte	(20%)	

CALIFICACIÓN FINAL PRÁCTICA 7	
--------------------------------------	--

CUESTIONARIO PREVIO

1. Describa el principio de Huygens-Fresnel.
2. ¿En qué consiste el fenómeno de difracción?
3. Describa la difracción de Fraunhofer, de una sola rendija.
4. ¿En qué consiste una rejilla de difracción?

5. Explique en qué consiste la difracción de rayos X.
6. Enuncie la Ley de Bragg, y su expresión matemática.

OBJETIVOS

- I. Observar el fenómeno de difracción, al pasar un tren de ondas planas por una rendija y determinar el ángulo para el primer orden de difracción.
- II. Observar el fenómeno de difracción de rendija simple con el equipo de microondas.
- III. Observar con el equipo de microondas el fenómeno de difracción de rayos en un prototipo de cristal y utilización de la ley de Bragg.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El fenómeno de difracción lo observamos en la sombra de un objeto que es iluminado por una fuente de luz, también de manera ordinaria, lo observamos en el brillo del perfil de una montaña al ocultarse el sol o en el resplandor cuando observamos el sol a través del follaje de un árbol y en situaciones menos comunes. La difracción a través de una rendija, se explica con la teoría ondulatoria de la luz, con el principio de Huygens-Fresnel, el cual establece que; los puntos de un frente de onda, actúan como fuentes emisoras secundarias de ondas y, los efectos que se observan delante de ese frente de onda, se deberán al resultado de la suma o interferencia de las ondas.

DIFRACCIÓN DE RENDIJA SIMPLE

Cuando una onda pasa a través de una rendija cuyas dimensiones son aproximadamente igual a la longitud de onda incidente, un patrón de difracción es formado. Si la abertura es una rendija simple, la intensidad de onda difractada variará dependiendo del ángulo de detección (figura 7.1).

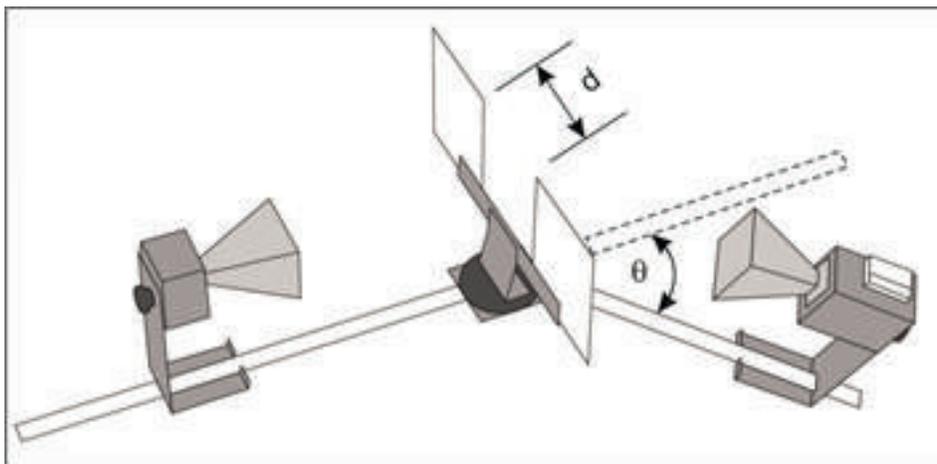


Figura 7.1. Difracción de ranura simple

Un mínimo de intensidad será encontrado en ángulos que cumplen con la condición:

$$\sin \theta = m \frac{\lambda}{d} \quad (\text{con } m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots)$$

donde:

d = ancho de la rendija; θ = ángulo de detección

λ = longitud de onda de la radiación incidente.

m = factor para el cual se produce interferencia destructiva.

La ecuación anterior da los valores de θ , para los cuales el patrón de difracción tiene intensidad cero, teniendo presente que se tiene una franja brillante a lo largo del eje donde $\theta = 0$, con franjas oscuras y brillantes alternas a cada lado de la franja central.

El diagrama creado sobre la pantalla se llama patrón de difracción de Fraunhofer. En éste podemos observar las posiciones de dos mínimos a cada lado del máximo central (figura 7.2).

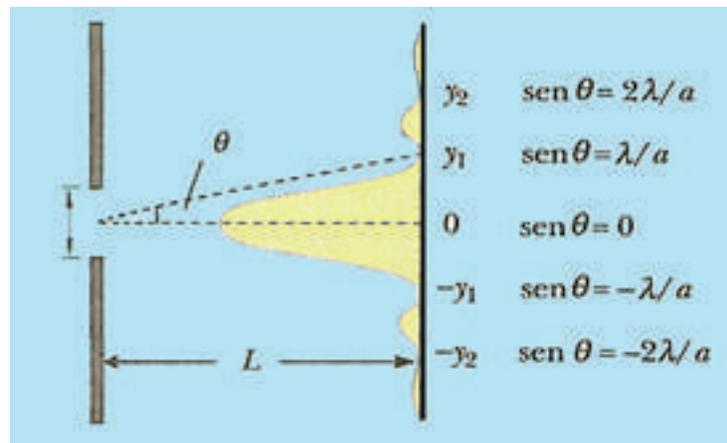


Figura 7.2. Diagrama de difracción de Fraunhofer, de una rendija simple

REJILLAS DE DIFRACCIÓN Y LEY DE BRAGG

Las rejillas de difracción son importantes por dos razones. La primera es que, como son muchas las ranuras, permiten el paso de más luz, en comparación de la que permiten pasar dos rendijas; de ese modo aumenta la intensidad luminosa. En segundo lugar, los máximos de interferencia son mucho más agudos que cuando hay dos rendijas, lo cual permite medir con más precisión la longitud de la onda luminosa.

Bragg, hizo notar que, en todo cristal, se pueden trazar muchos conjuntos de planos paralelos (llamados planos de Bragg), que pasen por los lugares donde están los átomos, y que los planos de un conjunto tienen distancias características de separación entre ellos (espaciamiento de Bragg).

La figura 7.3, muestra dos rayos dispersados de dos planos paralelos en el interior de un cristal. Esos rayos se dispersan de un plano determinado para el cual el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia, porque en ese ángulo, las ondas secundarias que emite cada átomo dentro del plano se suman constructivamente.

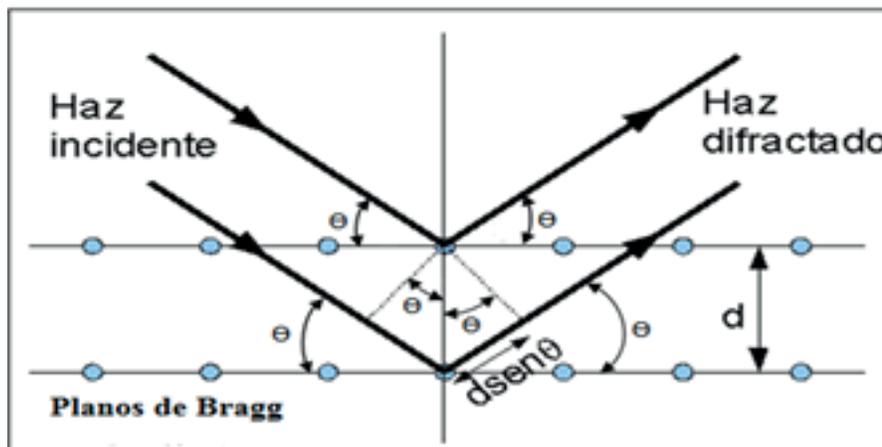


Figura 7.3. Reflexión de un haz de rayos X en dos planos de Bragg

Si la separación entre los planos es d , entonces, de acuerdo con la figura 7.3, la diferencia de longitudes de trayectoria para las dos líneas es $2d \sin\theta$. Nótese que el ángulo θ , se mide desde la superficie plana, y no respecto a la normal al plano. La interferencia constructiva para la dispersión originada en los dos planos adyacentes, se presenta cuando la diferencia de longitudes de trayectoria es un múltiplo entero de la longitud de onda.

Esta relación se conoce como la ley de Bragg:

$$2d \sin\theta = m\lambda \quad \text{donde } m = 1,2,3,\dots$$

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Principio de Huygens-Fresnel
2. Difracción de rendija (ranura) única
3. Rejilla de difracción
4. Ley de Bragg

MATERIAL Y EQUIPO

- Equipo de Microondas
- Cristal cúbico
- Vernier
- Flexómetro
- Una lupa

DESARROLLO

I. DIFRACCIÓN DE RENDIJA SIMPLE

- a) Utilice el brazo extensible y ambos reflectores metálicos (figura 7.4), para construir una rendija vertical, con un ancho de rendija de 7.0cm y alineando la rendija lo más simétricamente posible.



Figura 7.4. Armado de rendija simple

- b) Arme el equipo como se muestra en la figura 7.5.



Figura 7.5. Difracción de rendija simple con el equipo de microondas

- c) Coloque el receptor y el transmisor a 0° . Ajuste los controles del receptor para obtener una lectura medida de 1.0.

d) Gire el brazo rotatorio del goniómetro del receptor lentamente para cada uno de los ángulos indicados en la tabla 7.1, y anote sus resultados. En algunos casos es necesario incrementar la perilla de intensidad para observar todos los máximos y mínimos claramente. En los lugares donde las lecturas medidas cambian significativamente entre ángulos establecidos, usted puede determinar si utiliza el ángulo sugerido en la tabla o ángulos intermedios.

Ángulo(grados)	Lectura medida (mA)	Ángulo(grados)	Lectura medida (mA)
0		45	
5		50	
10		55	
15		60	
20		65	
25		70	
30		75	
35		80	
40		85	

Tabla 7.1. Difracción de rendija simple

1. Atendiendo a los datos de la tabla 7.1, dibuje una gráfica de lectura medida (intensidad de corriente), contra ángulo. Identifique los ángulos a los cuales ocurre un mínimo y máximo.
2. Calcule los ángulos en los cuales habrá un mínimo por medio de la siguiente ecuación:

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{m\lambda}{2d}\right), \quad \theta = \text{____}^\circ$$

3. ¿Están los valores de los ángulos de acuerdo a lo que se esperaba en un patrón de difracción de Fraunhofer, de rendija simple?

II. DIFRACCIÓN DE BRAGG

e) En el cristal cúbico, verifique las tres familias de planos paralelos (denominados de Bragg), las designaciones (100), (110) y (210) son los índices de Miller (figura 7.6).

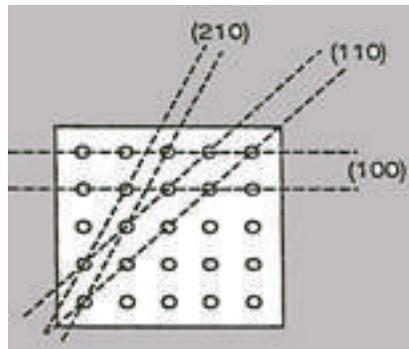


Figura 7.6. Planos de Bragg en el cristal cúbico

f) Arme el equipo como se muestra en la figura 7.7.

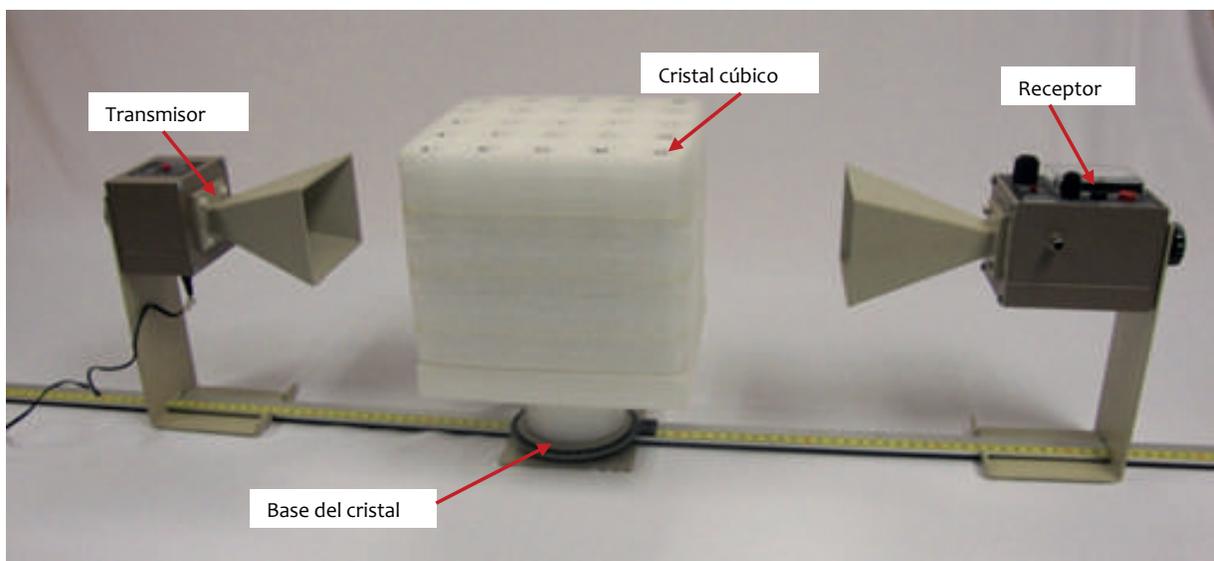


Figura 7.7. Difracción de Bragg

g) Alinear el cristal para que los planos (100), queden paralelos al haz incidente de la microonda.

h) Ajuste los controles del receptor para obtener una lectura legible.

Registre la lectura: I _____ mA

i) Para las lecturas de la tabla 7.2, de acuerdo a la figura 7.8, gire el cristal cúbico con la base giratoria auxiliándose con la lupa un grado en sentido horario (para el ángulo incidente, θ_1). Para el ángulo reflejado (θ_1'), gire el brazo del goniómetro dos grados en el mismo sentido. Cuando sea necesario ajuste las perillas de intensidad.

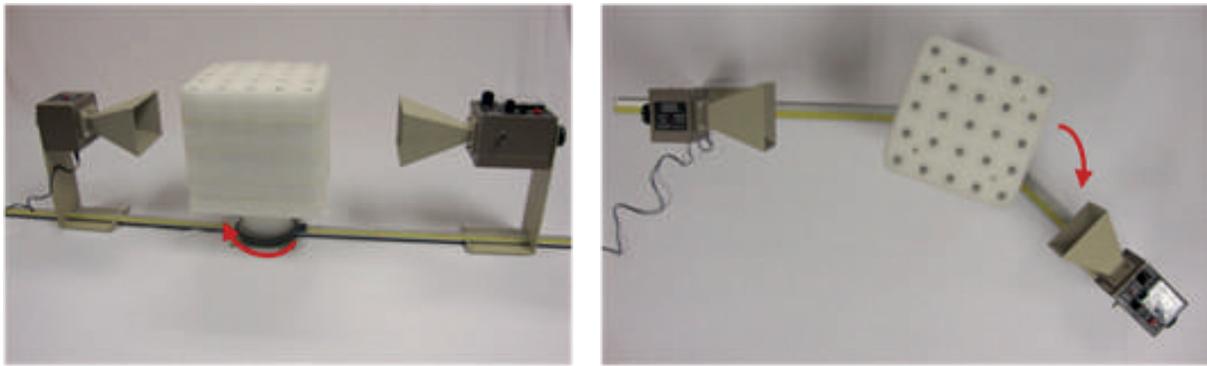


Figura 7.8. Ángulos incidente y reflejado en la difracción de Bragg

j) El ángulo desplazado es el complemento del ángulo de incidencia. Se mide con respecto al plano de investigación y “no” respecto a la cara del cubo (figura 7.9).

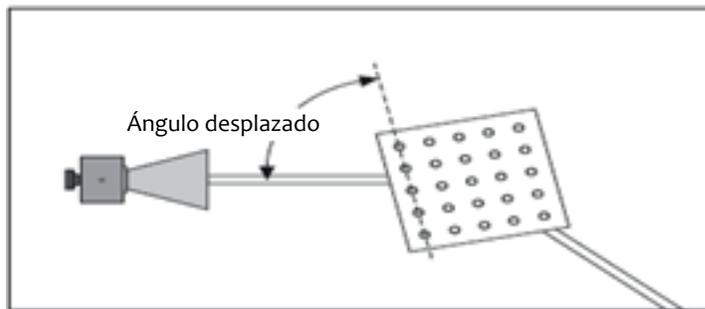


Figura 7.9. Ángulo desplazado en la difracción de Bragg

k) Anote sus resultados en la tabla 7.2, recordando que:

- θ_1 es el ángulo incidente (giro en sentido horario del cristal cúbico con la base giratoria).
- θ_1' es el ángulo reflejado (giro del brazo del goniómetro en sentido horario).

θ_1 (grados)	θ_1' (grados)	Receptor (mA)	θ_1 (grados)	θ_1' (grados)	Receptor (mA)
0	0		18	36	
1	2		19	38	
2	4		20	40	
3	6		21	42	
4	8		22	44	
5	10		23	46	
6	12		24	48	
7	14		25	50	

8	16		26	52	
9	18		27	54	
10	20		28	56	
11	22		29	58	
12	24		30	60	
13	26		31	62	
14	28		32	64	
15	30		33	66	
16	32		34	68	
17	34		35	70	

Tabla 7.2. Ángulos desplazados

- Grafique la intensidad relativa (I), de la señal difractada como una función del ángulo desplazado θ_1 del haz incidente.
- De la gráfica anterior ¿A qué ángulos se definen los picos (máximos), para que ocurra la intensidad de difracción?

- Determine el espacio entre los planos (100), es decir (d), del cristal cúbico de Bragg, por medio de la ley de Bragg.

$$2d \sin\theta = m\lambda \quad \text{donde } m = 1,2,3,\dots$$

En la ecuación anterior utilice la longitud de onda ($\lambda = 0.0285\text{m}$), y el ángulo θ_1 del primer pico de intensidad de difracción, tome en cuenta que el primer pico ocurre después del primer cero de intensidad en la gráfica, es decir en $m=1$.

$$d_{\text{experimental}} = \text{_____} \text{ mm}$$

- En el cristal cúbico mida con el vernier la separación (d), entre planos de Bragg (entre balines).

$$d_{\text{teórico}} = \text{_____} \text{ mm}$$

- Compare su dato experimental con el teórico, ¿Qué concluye?

9. Calcule el porcentaje de error.

$$\% \text{ error} = \left| \frac{V_r - V_m}{V_r} \right| \times 100$$

donde: V_r = Valor real V_m = Valor medido
% error= _____

10. CONCLUSIONES

PRÁCTICA 8

TRANSMISIÓN DEL SONIDO POR MEDIO DEL LÁSER

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

UNIDAD 4: ÓPTICA FÍSICA

SUBTEMAS: 4.6

UNIDAD 5: EFECTOS FOTOELÉCTRICOS Y ELECTRO ÓPTICOS.

SUBTEMAS: 5.2

UNIDAD 8: TRANSMISIÓN DEL SONIDO.

SUBTEMAS: 8.5

SEMESTRE LECTIVO: _____

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR (NOMBRE Y FIRMA)		

CONCEPTO	%	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (investigar y comprender)	(20%)	
Aprender a usar los equipos	(20%)	
Trabajo en equipo	(20%)	
Comparación y análisis de resultados	(20%)	
Redacción y presentación de reporte	(20%)	

CALIFICACIÓN FINAL PRÁCTICA 8	
--------------------------------------	--

CUESTIONARIO PREVIO

1. Reseñe una breve historia de láser.
2. Describa los principios básicos de funcionamiento del láser.
3. Enuncie las propiedades que caracterizan a la luz láser.
4. Enuncie algunas aplicaciones de la luz láser.
5. ¿Cómo funciona una fotocelda?
6. ¿Qué es modulación?
7. ¿Qué es demodulación?

OBJETIVOS

- I. Comprender el principio básico de funcionamiento del láser.
- II. Observar algunas aplicaciones de la luz láser.
- III. Comprobar experimentalmente la transmisión de una señal de audio por medio de luz láser.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El láser es un dispositivo mecánico-cuántico, que consigue producir su haz luminoso aprovechando las maneras sutiles con que los átomos interaccionan con la radiación electromagnética.

El término láser es un acrónimo del inglés: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Amplificación de la luz a través de la emisión estimulada de la radiación).

EL primer láser óptico fue el de rubí pulsado, desarrollado por T. H. Maiman, en los Estados Unidos de América, en 1960.

El láser es un oscilador de luz, a pesar de que su acrónimo LÁSER, aluda a un amplificador. La esencia del proceso de modificación de luz se basa en la emisión de fotones estimulada de Einstein. Él predijo en 1917 que, bajo determinadas circunstancias, un fotón incidente generaría otro nuevo exactamente con la misma energía y, por tanto, la misma frecuencia. Este proceso de dos por uno es, por supuesto, equivalente a la amplificación y a la alta amplificación, ya que puede reproducirse por sí mismo de forma indefinida.

Einstein añadió que, en este tipo de emisión los fotones, el viejo y el nuevo, estarán en fase, tendrán la misma polarización y se propagarán en la misma dirección. Su predicción teórica tuvo lugar 43 años antes de que se construyera el primer láser, cuando no se sabía nada de electrónica.

La luz de un láser puede viajar largas distancias por el espacio exterior con una pequeña reducción de la intensidad de la señal. Debido a su alta frecuencia, la luz láser puede transportar, por ejemplo, 1,000 veces más canales de video de lo que transportan las microondas. Por ello, los láseres resultan ideales para las comunicaciones espaciales.

Se han desarrollado fibras ópticas de baja pérdida que transmiten luz láser para la comunicación terrestre, en sistemas telefónicos y redes computacionales. También se han empleado técnicas láser para registrar información con una densidad muy alta. Por ejemplo, la luz láser simplifica el registro de un holograma, a partir del cual puede reconstruirse una imagen tridimensional mediante un rayo láser.



Figura 8.1. Láser

Las aplicaciones de los láseres son numerosas, a continuación se mencionan algunas:

- » Aplicaciones ópticas: difracción, interferometría, holografía, etc.
- » Investigación científica: alinealidades ópticas, propiedades ópticas de materiales, espectroscopia, etc.
- » Comunicaciones: audio, video, enlace entre sistemas computacionales, lectura de discos digitales, etc.
- » Industria: control de procesos de fabricación, corte de materiales, soldadura, etc.
- » Medicina: Cirugía, oftalmología, endoscopía, etc.

MODULACIÓN

La modulación es el proceso de colocar la información contenida en una señal, generalmente de baja frecuencia, sobre una señal de alta frecuencia.

Debido a este proceso, la señal de alta frecuencia denominada portadora, sufrirá la modificación de alguna de sus parámetros, siendo dicha modificación proporcional a la amplitud de la señal de baja frecuencia denominada moduladora.

A la señal resultante de este proceso se la denomina señal modulada y la misma es la señal que se transmite (figura 8.2).

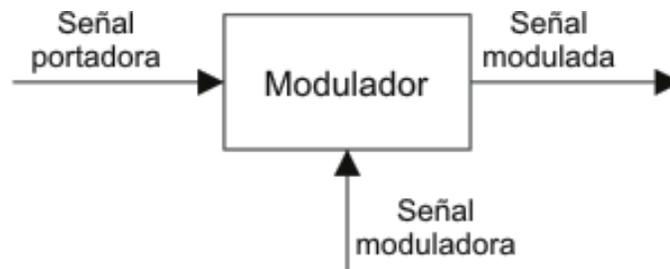


Figura 8.2. Modulación de una señal

Por medio de la modulación es posible transmitir más información en forma simultánea por un mismo canal y/o proteger la información de posibles interferencias y ruidos.

La demodulación es el proceso mediante el cual es posible recuperar la señal de datos de una señal modulada (figura 8.3).

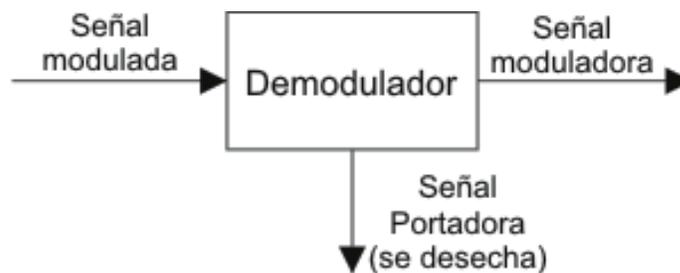


Figura 8.3. Demodulación de una señal

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Láser
2. Funcionamiento de la fotocelda
3. Modulación
4. Demodulación

MATERIAL Y EQUIPO

- 1 Emisor de audio (computadora)
- 2 Bocinas
- 1 Láser con entrada de audio
- 1 Fococelda con cable de conexión
- 1 Demodulador de rayo láser
- 2 Soportes universales
- 2 Espejos

DESARROLLO

I. TRANSMISIÓN DEL SONIDO POR MEDIO DEL LÁSER

a) Por la parte trasera del demodulador conecte las bocinas (figura 8.4).

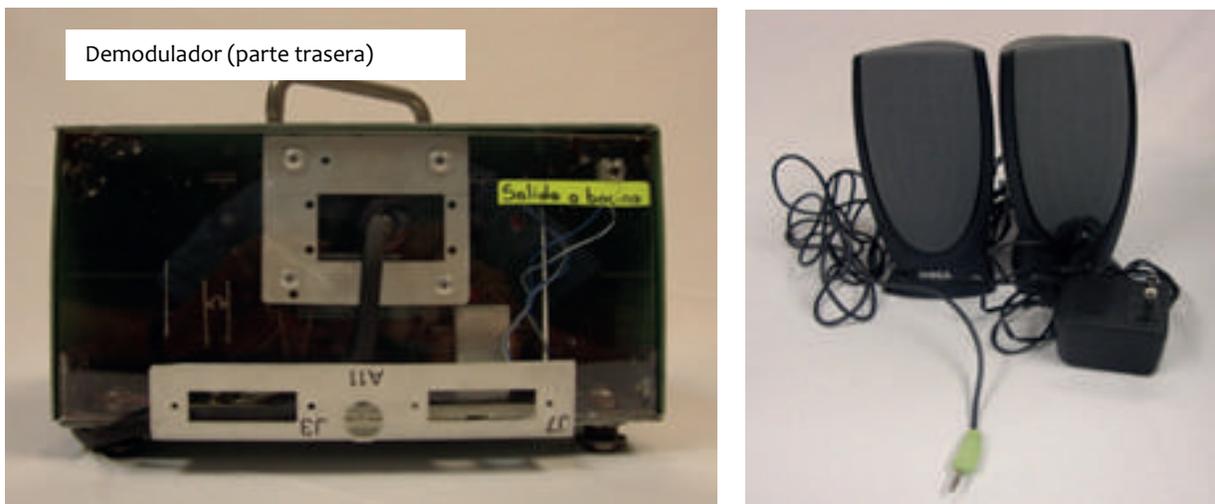


Figura 8.4. Conexión de las bocinas

b) Conecte la fotocelda a la entrada del demodulador (figura 8.5).

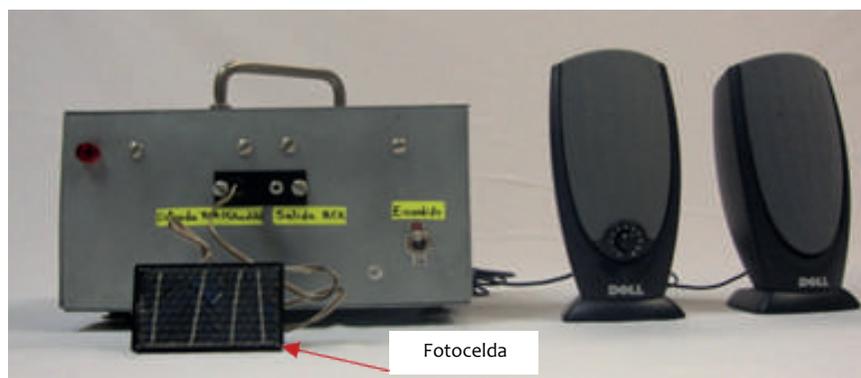


Figura 8.5. Conexión de la fotocelda al demodulador

c) Conecte la salida de audio de la computadora a la entrada de micrófono del rayo láser (figura 8.6).

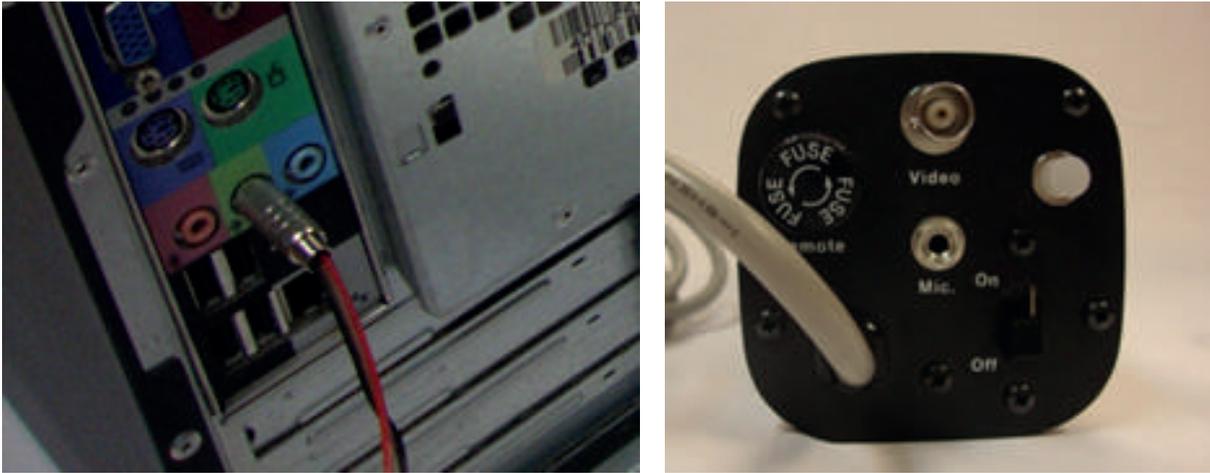


Figura 8.6. Entrada de audio al láser

d) Coloque los espejos en los soportes universales (figura 8.7).

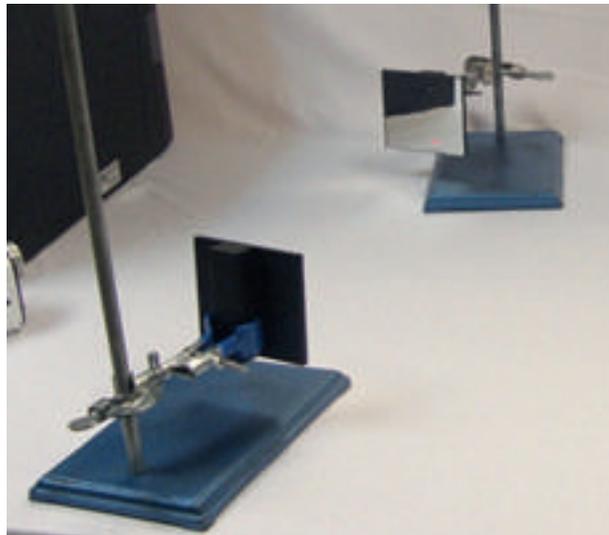


Figura 8.7. Colocación de espejos en los soportes universales

e) Reproduzca sonido en la computadora.

f) Encienda el demodulador, las bocinas y el láser.

g) Dirija la luz del láser para que incida en el primer espejo y el reflejo de éste incida en el segundo espejo y finalmente el haz de luz llegue a la fotocelda.

h) En la figura 8.8, se muestra como queda el equipo armado, por cuestiones de espacio está junto pero, la computadora puede estar en un laboratorio y los espejos, el demodulador, la fotocelda y las bocinas en otro laboratorio.

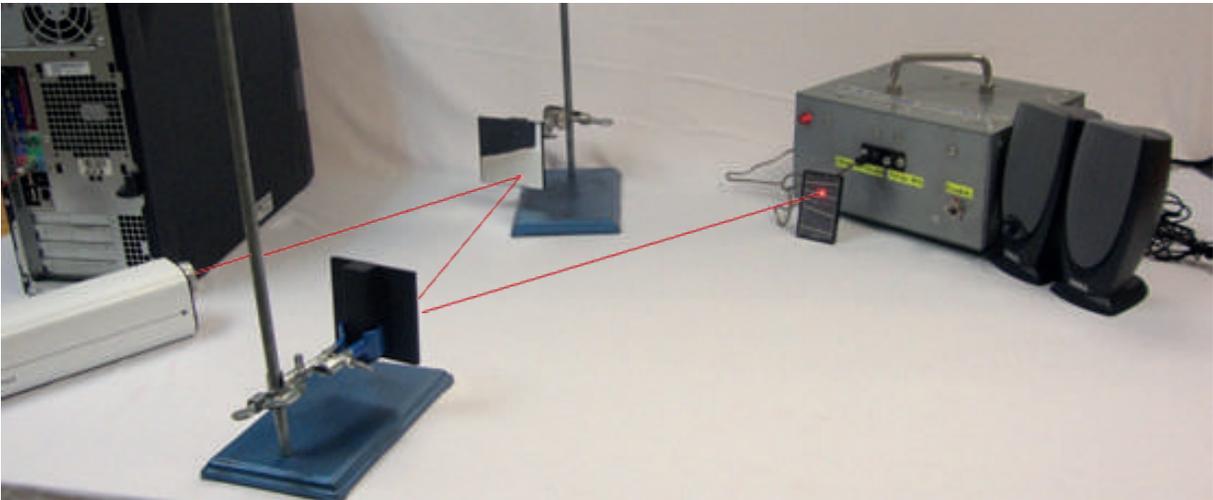


Figura 8.8. Transmisión de sonido por medio del láser

- i) Verifique que haya sonido en las bocinas.
- j) Escuche el sonido con la luz del aula encendida y posteriormente apagada.

Explique qué sucede:

1. Con la luz del laboratorio encendida:

2. Con la luz del laboratorio apagada:

3. ¿Por qué afecta la luz del medio a la transmisión?

4. Explique (con conocimientos de óptica), por qué se utiliza luz roja en el experimento y no de otro color.

5. CONCLUSIONES

PRÁCTICA 9

TRANSMISIÓN DEL SONIDO POR MEDIO DE MICROONDAS

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

UNIDAD 7: PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE LA ACÚSTICA.

SUBTEMAS: 7.2

UNIDAD 8: TRANSMISIÓN DEL SONIDO.

SUBTEMAS: 8.4, 8.5

SEMESTRE LECTIVO: _____

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR (NOMBRE Y FIRMA)		

CONCEPTO	%	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (investigar y comprender)	(20%)	
Aprender a usar los equipos	(20%)	
Trabajo en equipo	(20%)	
Comparación y análisis de resultados	(20%)	
Redacción y presentación de reporte	(20%)	

CALIFICACIÓN FINAL PRÁCTICA 9	
--------------------------------------	--

CUESTIONARIO PREVIO

1. ¿Cuál es el rango de frecuencia de las microondas?
2. Mencione 3 aplicaciones de las microondas

OBJETIVOS

- I. Demostrar experimentalmente la transmisión de una señal de audio por medio del equipo de microondas.
- II. Comprobar experimentalmente la reflexión de una señal de audio por medio del equipo de microondas.
- III. Verificar experimentalmente la polarización de una señal de audio por medio del equipo de microondas.
- IV. Observará experimentalmente la interferencia de una señal de audio por medio del equipo de microondas.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Se denomina microondas a las ondas electromagnéticas definidas en un rango de frecuencias determinado, generalmente de entre 300 MHz y 300 GHz.

El rango de las microondas está incluido en las bandas de radiofrecuencia, concretamente en las de UHF (ultra-high frequency - frecuencia ultra alta), 0,3–3 GHz, SHF (super-high frequency - frecuencia súper alta), 3–30 GHz y EHF (extremely-high frequency - frecuencia extremadamente alta), 30–300 GHz. Otras bandas de radiofrecuencia incluyen ondas de menor frecuencia y mayor longitud de onda que las microondas. Las microondas de mayor frecuencia y menor longitud de onda —en el orden de milímetros— se denominan ondas milimétricas.

En telecomunicaciones, las microondas son usadas en radiodifusión, ya que éstas pasan fácilmente a través de la atmósfera con menos interferencia que otras longitudes de onda mayores. También hay más ancho de banda en el espectro de microondas que en el resto del espectro de radio.

Básicamente, la modulación consiste en hacer que un parámetro de la onda portadora cambie de valor de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora, que es la información que se quiere transmitir.

MODULADOR DE MICROONDAS

El Kit de modulación de microondas (WA-9318), PASCO (figura 9.1), nos modula una señal de audio proveniente de una entrada de micrófono y enviada al transmisor de microondas y éste a su vez, al receptor de microondas, obteniendo así un sistema de comunicaciones.

Al hablar por el micrófono su voz modula la amplitud de las microondas de transmisión, la señal es enviada a través del espacio para el receptor. La señal de audio en el receptor también se puede amplificar para obtener una salida audible, útil para demostraciones en el laboratorio.

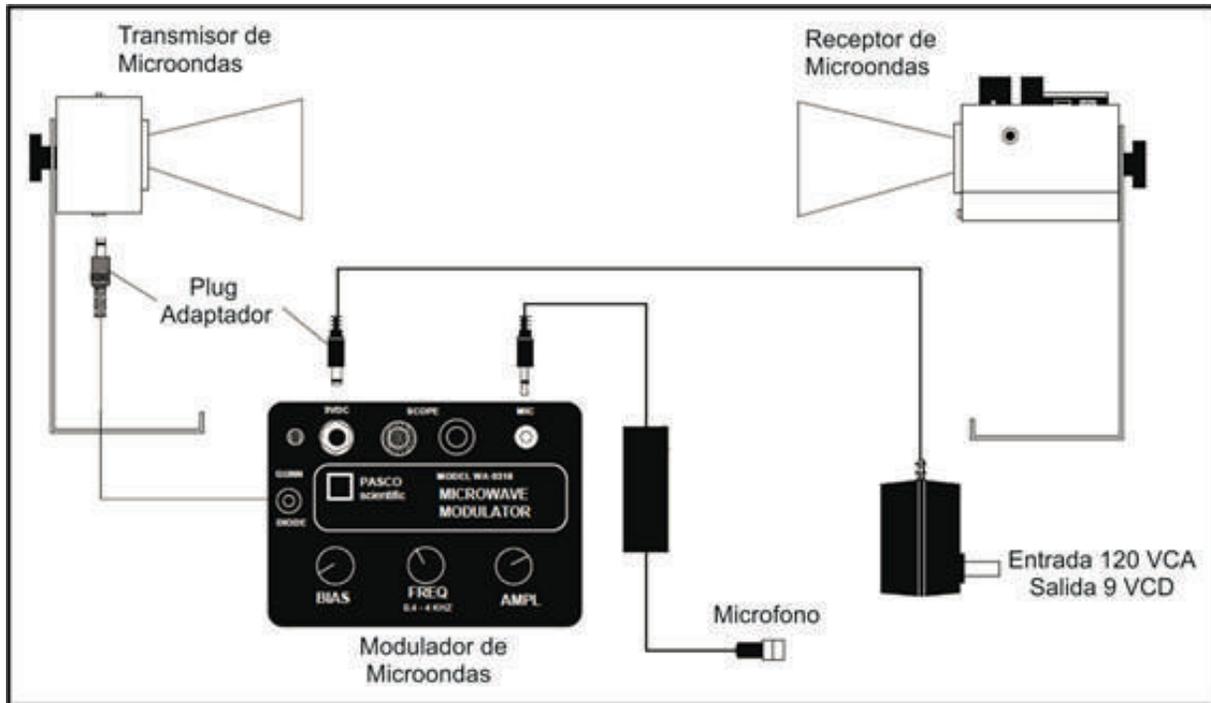


Figura 9.1. Modulador de microondas

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Modulación
2. Reflexión
3. Polarización
4. Interferencia

MATERIAL Y EQUIPO

- 1 Kit de modulación de microondas
- 2 Bocinas
- Equipo de microondas
- Computadora o teléfono con salida de audio

DESARROLLO

I. TRANSMISIÓN DE UNA SEÑAL DE AUDIO POR MEDIO DEL EQUIPO DE MICROONDAS

- a) De acuerdo a la figura 9.2, en el modulador de microondas conecte:
- En la entrada de 9 VDC, el eliminador del equipo de microondas.
 - El cable de entrada de GUNN/DIODE, conéctelo al transmisor.
 - En la entrada de MIC, conecte el cable que va al teléfono.

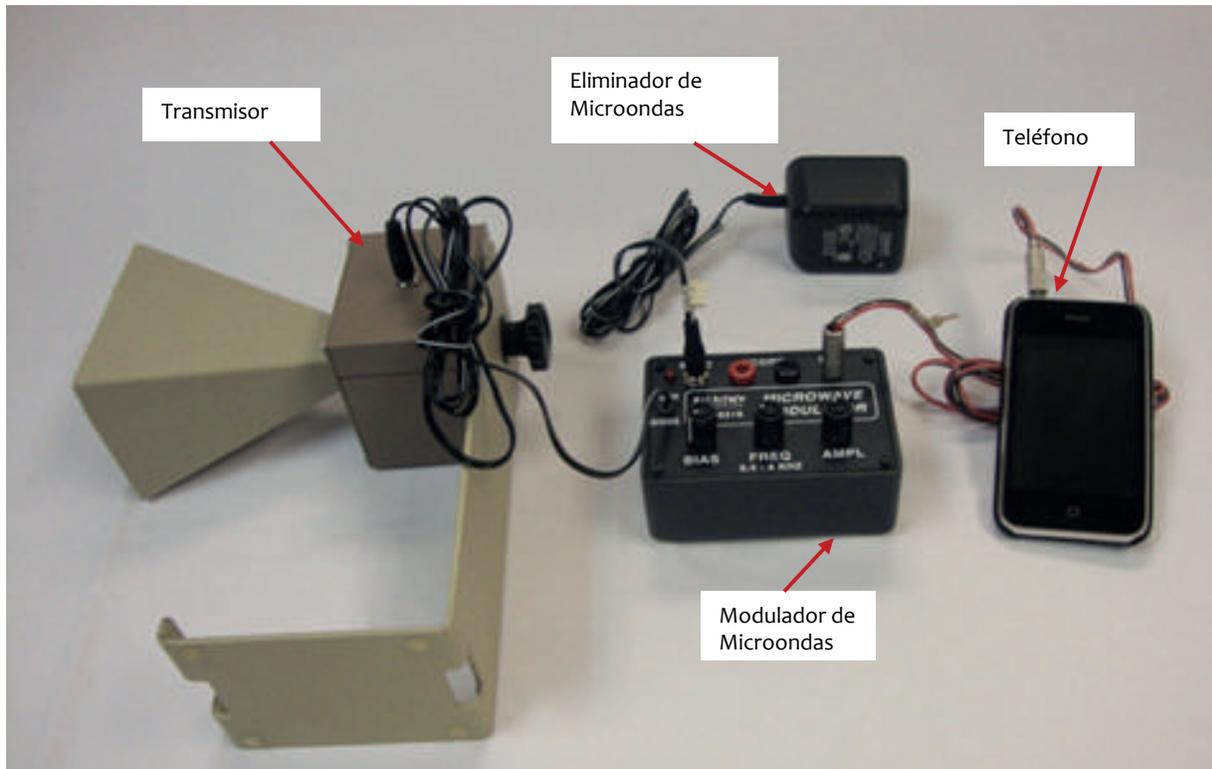


Figura 9.2. Modulador de microondas

- b) Conecte las bocinas al conector y éste al receptor de microondas en la salida (OUT PUT). Ver figura 9.3.

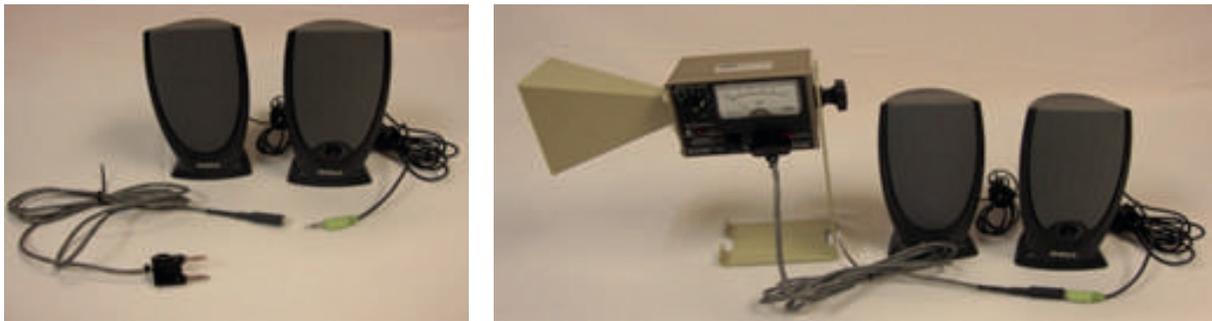


Figura 9.3. Conexión de bocinas y receptor de microondas

c) El dispositivo armado queda como se muestra en la figura 9.4.

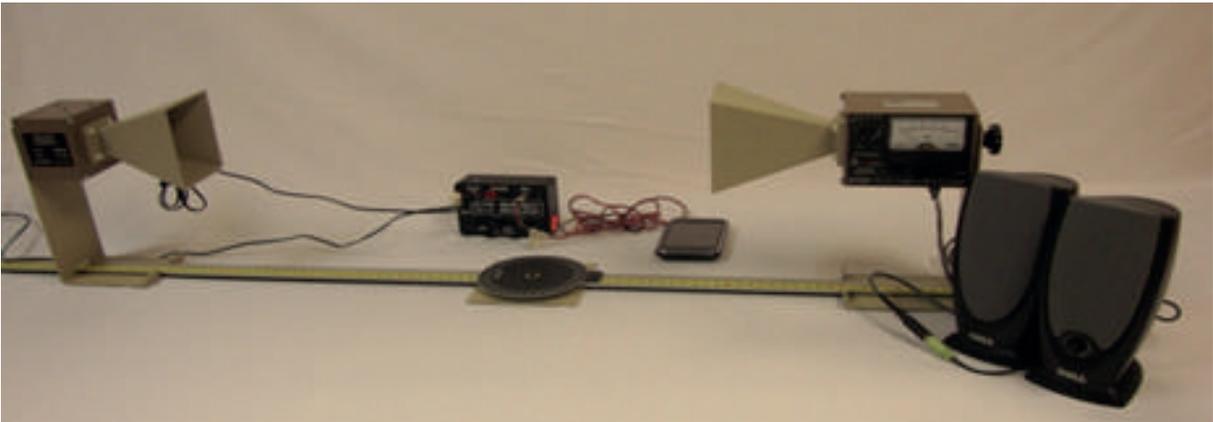


Figura 9.4. Transmisión de una señal de audio por medio del equipo de microondas

d) En el receptor de microondas, la perilla del receptor (Intensity), debe estar en la escala 1x y la perilla de (variable sensitivity), en mínimo.

e) En el modulador de microondas:

- » Ajuste la perilla de (BIAS), desde lo mínimo, el nivel no debe ser alto ya que satura la señal de salida.
- » La perilla de (AMPL), funciona como el volumen de las bocinas, el nivel no debe ser alto ya que satura la señal de salida.

f) El volumen del reproductor no debe estar al máximo, es recomendable ir subiendo el volumen poco a poco hasta tener una señal audible.

1. Explique lo que observa en la caratula del receptor de acuerdo a la música.

II. REFLEXIÓN DE UNA SEÑAL DE AUDIO POR MEDIO DEL EQUIPO DE MICROONDAS

g) Coloque el reflector metálico en el goniómetro y gírelo de tal manera que exista un ángulo de 90° entre ellos (figura 9.5).

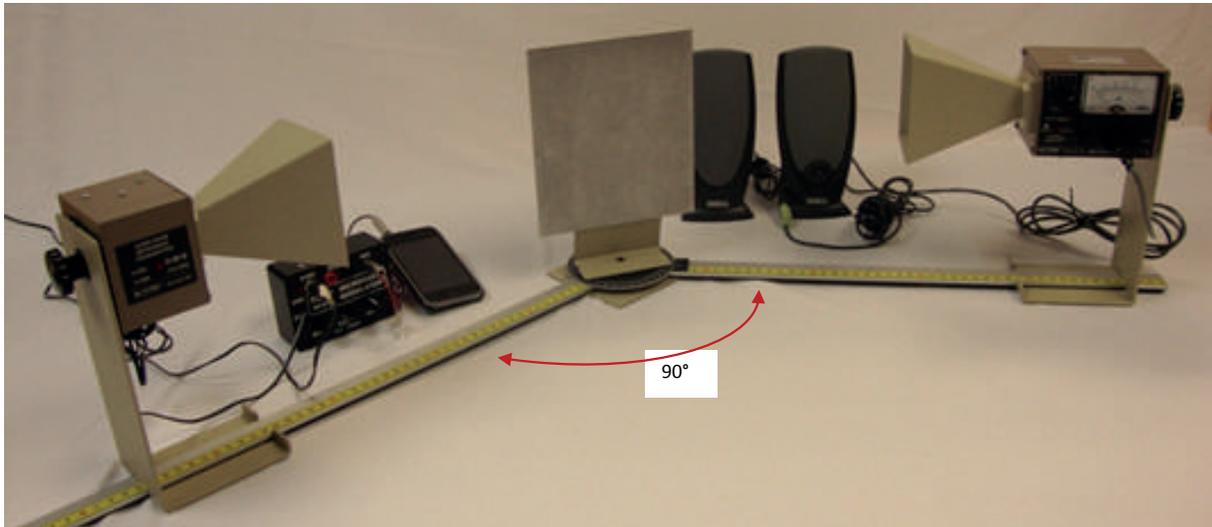


Figura 9.5. Reflexión de una señal de audio

h) Gire el reflector hasta que localice en la carátula un máximo en ese punto, marque la normal a la superficie reflectora y anote lo que se pide en la tabla 9.1.

Ángulo de Incidencia	Ángulo de Reflexión

Tabla 9.1. Reflexión de una señal de audio

2. Explique lo que observa en la caratula del receptor y lo que sucede con el volumen a medida que varía el ángulo de incidencia y el ángulo reflejado.

III. POLARIZACIÓN DE UNA SEÑAL DE AUDIO POR MEDIO DEL EQUIPO DE MICROONDAS

III.1. POLARIZACIÓN VARIANDO EL EJE DEL TRANSMISOR

i) Coloque el transmisor en 30 cm y el receptor en 90 cm (figura 9.6).

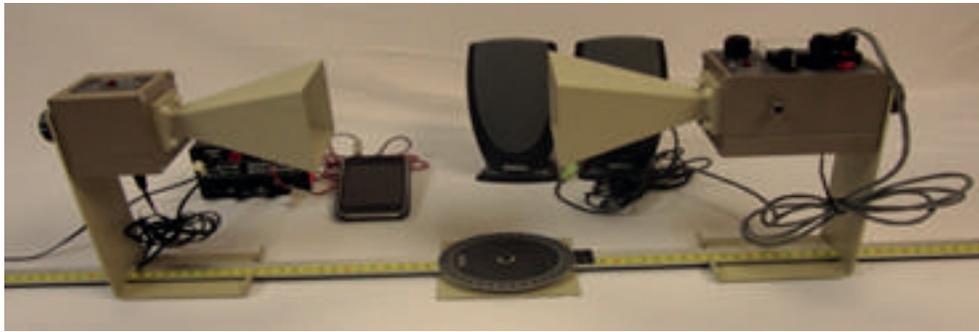


Figura 9.6. Polarización de una señal de audio con los conos en 0°

j) Para tener una mejor toma de lecturas, puede girar tanto el cono del receptor como del transmisor de tal manera que, queden en los mismos grados (figura 9.6), en dado caso, sólo haga los cambios convenientes para poder llenar la tabla 9.2.

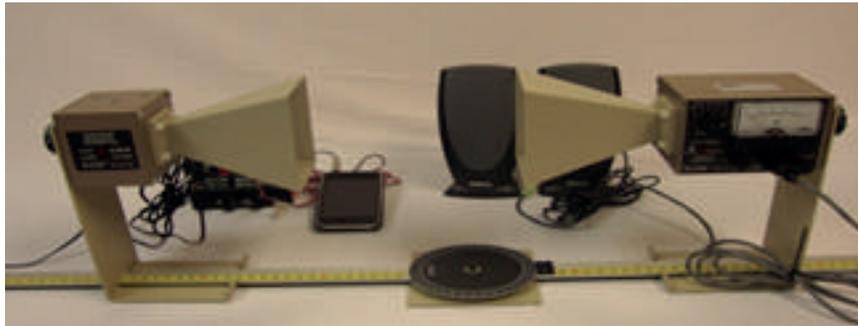


Figura 9.7. Polarización de una señal de audio con los conos en 90°

k) Afloje el tornillo de sujeción del transmisor y gírelo en incrementos de 45° grados. Para cada posición de giro, anote la lectura obtenida en la tabla 9.2.

Ángulo del receptor	Lectura obtenida (mA)
0°	
45°	
90°	
135°	
180°	

Tabla 9.2. Polarización de una señal de audio

3. Explique lo que observa en la caratula del receptor y lo que sucede con el volumen a medida que incrementa el ángulo de polarización.

III.II. POLARIZACIÓN CON UNA REJILLA

- I) Coloque ambos conos a 0° , en el centro del goniómetro, coloque la rejilla del polarizador (figura 9.8), alineada (con respecto a los conos), a los ángulos de la tabla 9.3 (figura 9.9).

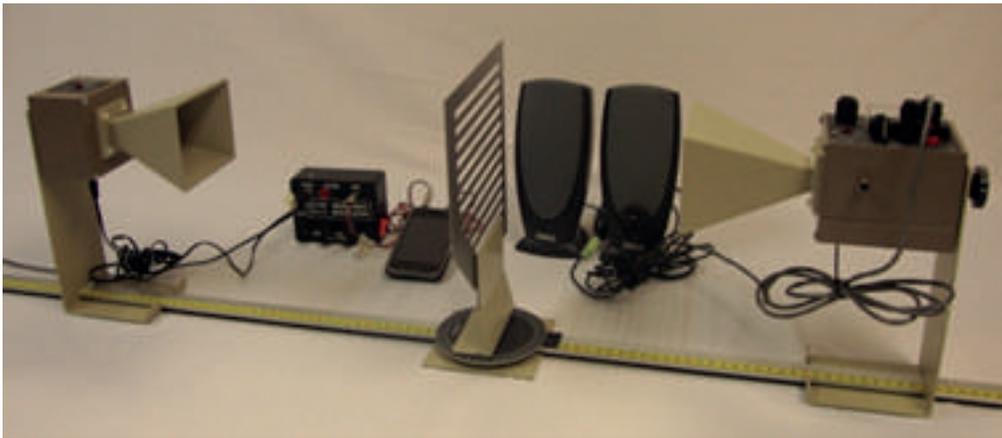


Figura 9.8. Polarización de una señal de audio con rejilla a 0°

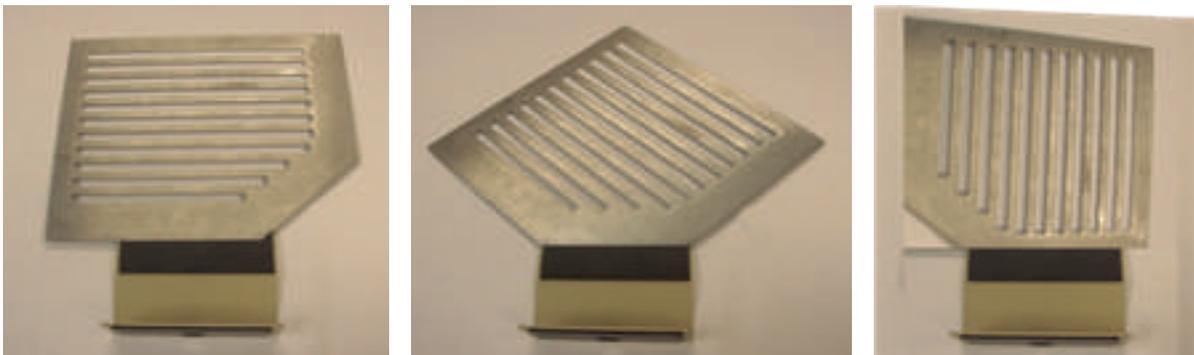


Figura 9.9. Rejilla a 0° , 45° y 90° (dependiendo de la posición de los conos)

Ángulo de rendijas	Medida del receptor (mA)
0°	
45°	
90°	

Tabla 9.3. Polarización de una señal de audio con rejilla

4. Explique lo que observa en la caratula del receptor y lo que sucede con el volumen a medida que incrementa el ángulo de polarización.

IV. INTERFERENCIA DE UNA SEÑAL DE AUDIO POR MEDIO DEL EQUIPO DE MICROONDAS

m) Coloque de acuerdo a la figura 9.10:

- El soporte del transmisor en 34 cm
- El soporte del receptor en 97 cm
- El soporte de la lámina reflectora en 184 cm
- El soporte de la lámina movable al inicio del goniómetro
- El divisor de haz a 45°

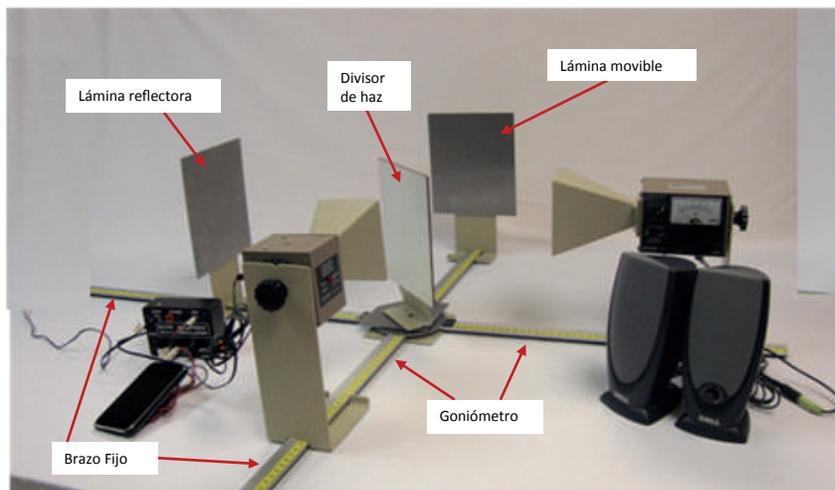


Figura 9.10. Interferencia de una señal de audio

n) Desplace (alejando o acercando), la lámina movable a lo largo del brazo y observe en la carátula del receptor lo que sucede con el sonido, al pasar por un máximo o mínimo de desviación.

5. Explique lo que observa en la caratula del receptor y lo que sucede con el volumen a medida que se pasa por un máximo o un mínimo.

6. CONCLUSIONES

PRÁCTICA 10

ACÚSTICA

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

UNIDAD 6: NATURALEZA DEL SONIDO

SUBTEMAS: 6.1, 6.2, 6.3, 6.4

SEMESTRE LECTIVO: _____

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR (NOMBRE Y FIRMA)		

CONCEPTO	%	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (investigar y comprender)	(20%)	
Aprender a usar los equipos	(20%)	
Trabajo en equipo	(20%)	
Comparación y análisis de resultados	(20%)	
Redacción y presentación de reporte	(20%)	

CALIFICACIÓN FINAL PRÁCTICA 10	
---------------------------------------	--

CUESTIONARIO PREVIO

1. ¿Qué es el sonido? Describa sus características.
2. ¿Qué es lo que se requiere para que se genere el sonido?
3. ¿Qué es el ruido? Describa sus características.
4. ¿Cuál es el rango audible de frecuencias del ser humano?
5. Indique cuáles son las notas musicales y sus frecuencias respectivas.
6. ¿Cuál es la velocidad del sonido cuando se transmite en el aire?

7. ¿Cómo varía la velocidad del sonido al transmitirse en el aire a diferentes temperaturas y en diferentes medios?

OBJETIVOS

- I. Diferenciar entre sonido y ruido a través de sus características.
- II. Verificar frecuencias conocidas (notas musicales).
- III. Determinar la velocidad del sonido en el medio aire.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

EL SONIDO

El sonido es una onda mecánica que se propaga a través de la materia, en estado gaseoso, líquido o sólido. El sonido es una sensación, en el órgano del oído, producida por el movimiento ondulatorio en un medio elástico, normalmente el aire. Es debido a rapidísimos cambios de presión, generados por el movimiento vibratorio de un cuerpo sonoro, que le llamaremos fuente sonora.

La propagación de la perturbación sonora se produce por la compresión y expansión del medio por el que se propagan. La elasticidad del medio permite que cada partícula transmita la perturbación a la partícula adyacente, dando origen a un movimiento en cadena.

La función del medio transmisor es fundamental ya que, el sonido no se propaga en el vacío. Por ello, para que exista el sonido, es necesaria una fuente de vibración mecánica y también un medio elástico (sólido, líquido o gaseoso), a través del cual se propague la perturbación. El aire es el medio transmisor más común del sonido. La velocidad de propagación del sonido en el aire es de aproximadamente 343 m/seg. A una temperatura de 20°C (293 kelvin).

Unos ejemplos de velocidades nos muestran, cómo la velocidad del sonido es mayor en los sólidos que en los líquidos y en los líquidos, es mayor que en los gases:

- En el aire (a una temperatura de 20°), es de 340 m/s.
- En el agua es de 1.600 m/s.
- En la madera es de 3.900 m/s.
- En el acero es de 6.000 m/s.

El sonido es una perturbación que se propaga a través de un fluido. Ésta perturbación puede ser debida a cambios locales de presión (p), velocidad vibratoria (v), o densidad (ρ). Esta onda vibratoria puede ser percibida por el ser humano en frecuencias comprendidas entre 20 Hz y 20 kHz. Las com-

ponentes de frecuencia que quedan por debajo del límite inferior reciben el nombre de infrasonidos y aquellas que están por encima del umbral superior, se denominan ultrasonidos.

RUIDO

Podemos definir ruido como todo sonido indeseado que interfiere con la señal que se desea percibir. Una clasificación genérica del ruido es en frecuencia y tiempo.

a) Clasificación por frecuencia:

Ruido Blanco.

Se trata de un tipo de ruido con espectro plano. Tiene la misma energía en todas las frecuencias. Se utiliza en acústica como señal de referencia para medir determinadas características de sistemas acústicos utilizando analizadores de espectro FFT (transformada rápida de Fourier). Estos analizadores no utilizan descomposición espectral mediante bancos de filtros de octava o tercio de octava, sino que calculan el espectro de la señal que se desea estudiar realizando la DFT.

Ruido Rosa.

El nivel de energía de este tipo de ruido decae a razón de 3 dB/octava. A la salida de un banco de filtros de octava este ruido presenta un nivel de energía uniforme. Se utiliza como señal de referencia para la realización de todas las medidas acústicas en las que se debe realizar una descomposición de la señal en bandas de octava o fracción de octava: medidas de aislamiento acústico, potencia sonora, absorción acústica, realización de ecualización de salas, etc.

Ruido Tonal.

Ruido cuyo espectro presenta una marcada componente tonal. Habitualmente presenta armónicos de la frecuencia fundamental. Multitud de ruidos cotidianos presentan esta característica: ventiladores, compresores, etc. Dependiendo de la frecuencia fundamental del tono, este tipo de ruido puede llegar a ser muy molesto.

b) Clasificación por tiempo:

Ruido Estacionario.

En este tipo de ruido el nivel de presión sonora permanece constante en el tiempo.

Ruido Fluctuante.

Ruido cuyo nivel de presión sonora varía. Las fluctuaciones pueden ser periódicas o no periódicas.

Ruido Intermitente.

Ruido que aparece solamente en determinados instantes.

Ruido Impulsivo.

Ruido que presenta impulsos cortos de nivel muy superior al ruido de fondo. Los impulsos pueden presentarse aislados o ser repetitivos.

ACÚSTICA MUSICAL

Los viejos libros definen a la música como *El arte de combinar los sonidos*. La palabra sonido está tomada aquí en el sentido más amplio que incluye notas, silencio, voces y ruidos.

Arte supone, transmisión de sentimientos y sensaciones del autor al oyente o al espectador, en un marco de ciertas reglas o cánones. En materia de gustos no hay nada escrito. Ni falta que hace escribirlos, ya que los sentidos, en especial la vista y el oído, dictan sus propias reglas a través de cierta predisposición innata por algunas sensaciones “bellas” o “agradables” de carácter cultural y hereditario. Estas preferencias estéticas están incluidas dentro de las reglas del arte de cada región o cultura. Cada tanto, por impulso de innovadores o transgresores, según se los vea, se enriquece el arte con nuevas formas.

Se llama escala a una serie de notas comprendidas en una octava, definidas por sus intervalos. La más usada es la escala natural mayor (figura 10.1).

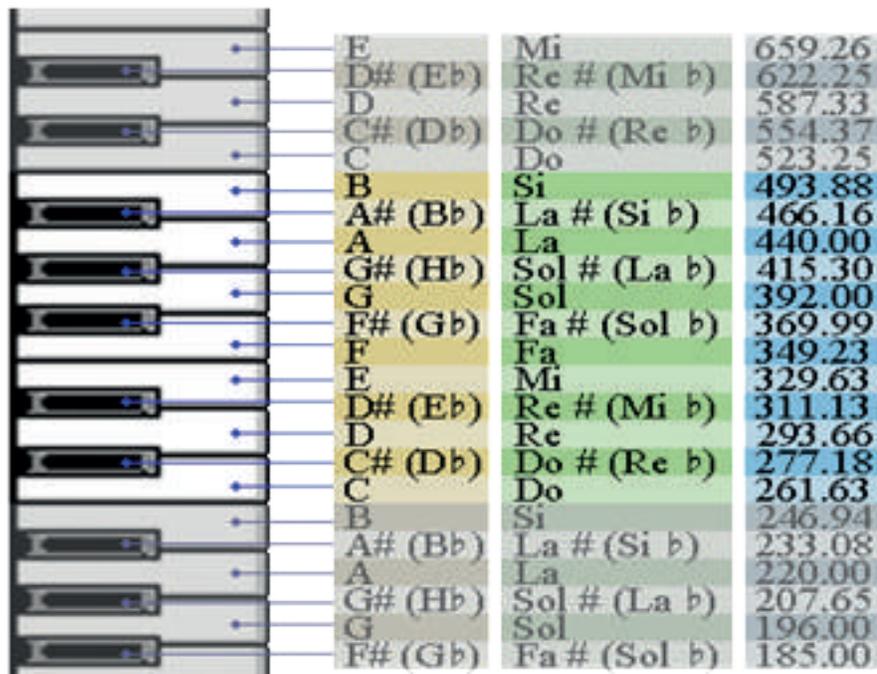


Figura 10.1. Escala natural mayor

VELOCIDAD DEL SONIDO

» La velocidad del sonido depende del medio de propagación (de su masa y su elasticidad), es decir, sólido líquido o gaseoso (figura 10.2).

- » No depende de las características de la onda, o sea, es independiente de la intensidad que tenga (dB), y de la frecuencia (Hz).
- » En el caso de un gas (como en el aire), es indirectamente proporcional a su temperatura específica y a su presión estática e inversamente proporcional a su densidad. Dado que si varía la presión, varía también la densidad del gas, la velocidad de propagación permanece constante ante los cambios de presión y densidad del medio.
- » Se representa por la letra "c" y sus unidades son m/s.

Velocidad en los Sólidos	Velocidad en los Líquidos	Velocidad en los gases
$c_s = \sqrt{\frac{E}{d}}$	$c_l = \sqrt{\frac{Q}{d}}$	$c_g = \sqrt{\frac{\gamma * P_0}{\rho}}$; $c_g = \sqrt{\frac{\gamma * R * T}{M}}$
E = Módulo de Young o elasticidad de volumen. Unidad: $[N/m^2] = [Pa]$. d = Densidad del sólido.	Q = Módulo de compresibilidad del líquido. Unidad: $[N/m^2] = [Pa]$. d = Densidad del líquido.	γ = Coeficiente adiabático ($\gamma_{(aire)} = 1,4$) P_0 = Presión del gas. Unidad: [Pa]. ρ = Densidad del gas. R = Cte. universal de los gases ($8,314[J/(gmol * K)]$). T = Temperatura absoluta. M = Masa molar del gas.

Figura 10.2. Obtención de la velocidad en diferentes medios

Para el aire a 22°C, se tiene:

$$P_0 = 10^5 \text{ [Pa]} \text{ (OBS aprox.: } 10^5 \text{ [Pa] = } 10^5 \text{ [N/m}^2\text{] = 1 [atm])}$$

$$\rho = 1.18 \text{ [Kg/m}^3\text{]}$$

$$\text{Por lo cual } C_{\text{aire}(22^\circ\text{C})} = 344 \text{ m/s}$$

$$c_g = \sqrt{\frac{\gamma * P_0}{\rho}} = \sqrt{\frac{1,4 * 10^5}{1,18}} \Rightarrow c_{\text{Aire}(22^\circ\text{C})} = 344 \text{ [m/s]}$$

Asumiendo que, el aire se comporta como un gas ideal tenemos que:

$$c_{g(\text{ideal})} = 332 \sqrt{1 + \frac{t}{273}}$$

Donde "t" = temperatura en °C. La velocidad del sonido en el aire se incrementa 6 m/s por cada 10°C de incremento de la temperatura.

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Sonido
2. Frecuencia
3. Ruido
4. Velocidad del sonido

MATERIAL Y EQUIPO

- 1 Interface ScienceWorkshop 750
- 1 Sensor de sonido pasco (CI-6506B)
- 1 Computadora, con software Data Studio
- 1 Diapasón
- 1 Tubo de PVC con un extremo cubierto
- 1 Afinador musical

DESARROLLO

I. ANÁLISIS DE LA VOZ

1. En la práctica se usará un osciloscopio y un analizador de transformada rápida de Fourier (FFT), mismos que se abren automáticamente. Se analizarán tres diferentes timbres de voz, identificando las distintas frecuencias que emite cada persona, lo que caracteriza la voz.

I.I. SONIDOS DE FRECUENCIAS DESCONOCIDAS

1. Configure la computadora y conexión de la interfaz siguiendo las siguientes instrucciones:
 - a) Conecte la interfaz ScienceWorkshop a la computadora, mediante el cable USB y encienda ambos (figura 10.3).



Figura 10.3. Conexión PC - Interfaz

b) Conecte la clavija DIN, del sensor de sonido en el canal analógico A, de la interfaz (figura 10.4).



Figura 10.4. Interfaz ScienceWorkshop

c) Abra el programa DATA STUDIO



d) En el menú, seleccione la opción "Abrir actividad" (figura 10.5).



Figura 10.5. Menú programa DATA STUDIO

e) Abra el archivo llamado "P42 Sound" (figura 10.6).

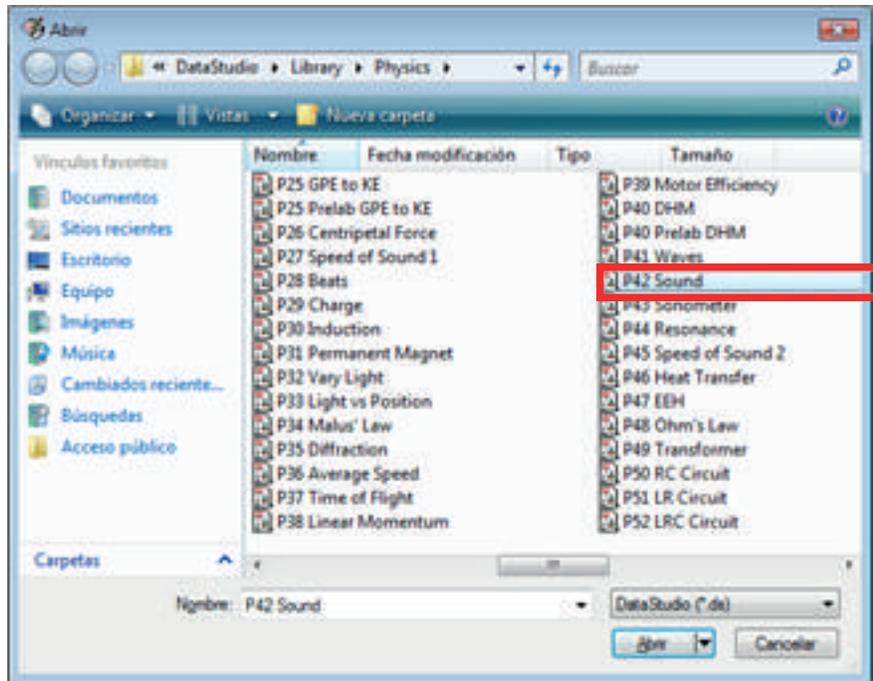


Figura 10.6. Ubicación del archivo "P42 Sound"

- Coloque el sensor de sonido frente a la boca de la primera persona a unos 5 cm (figura 10.7).



Figura 10.7. Posición del sensor de sonido

- Pulse el botón "Inicio" en la barra superior de herramientas del programa DATA STUDIO, como se indica con la flecha (figura 10.8).

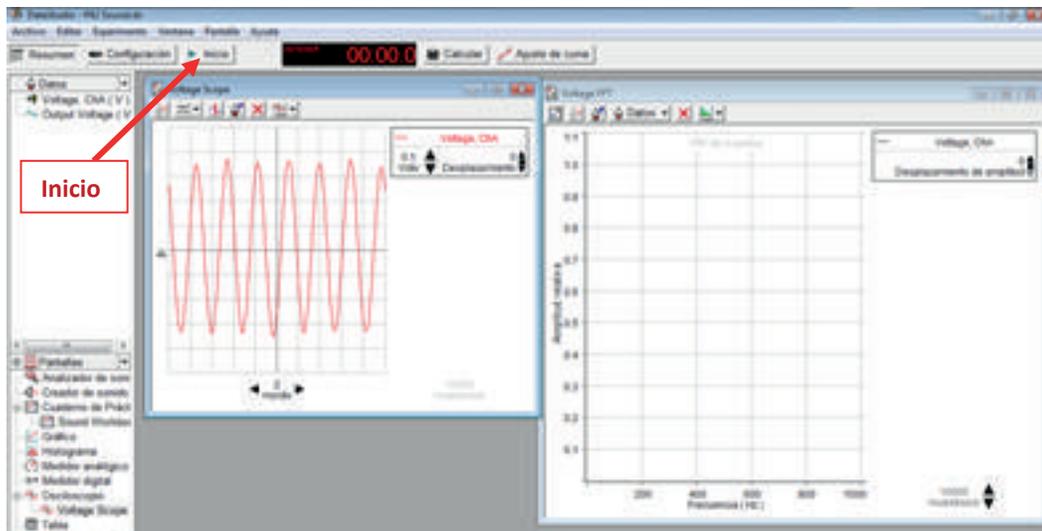


Figura 10.8. Ubicación botón "Inicio"

- g) Ahora diga la sílaba "la" procurando mantener la misma intensidad de sonido mientras está grabando durante 5 segundos.
- h) Detenga la grabación pulsando en el botón "detener".
- i) Se obtendrá una gráfica en la pantalla (figura 10.9).

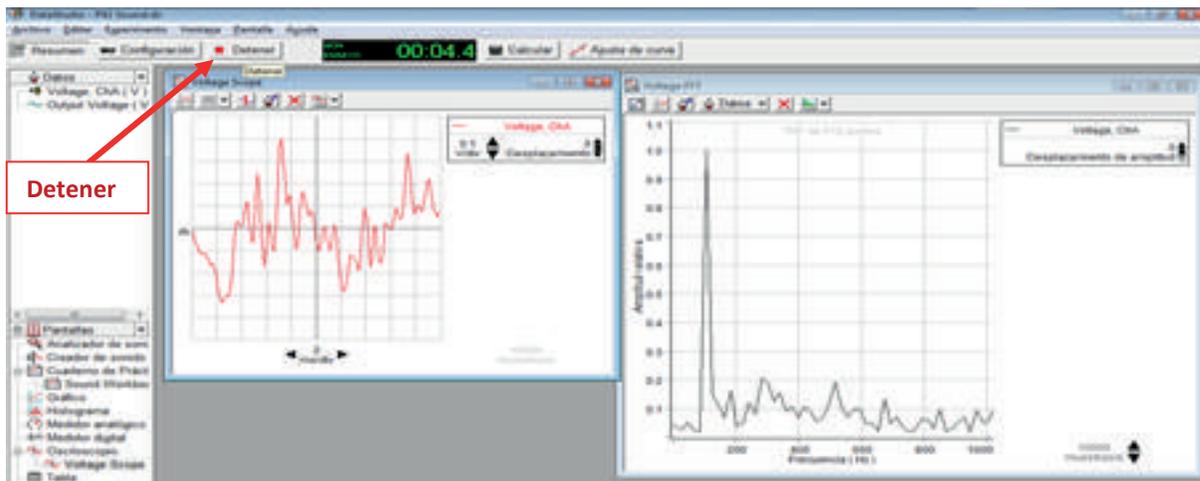


Figura 10.9. Ubicación del botón "Detener"

- j) En la pantalla "Voltage FFT", utilice la "Herramienta inteligente" pulsando el botón señalado en la figura 10.10, para obtener la frecuencia fundamental, posicionando el cursor en la cresta más alta de la gráfica.

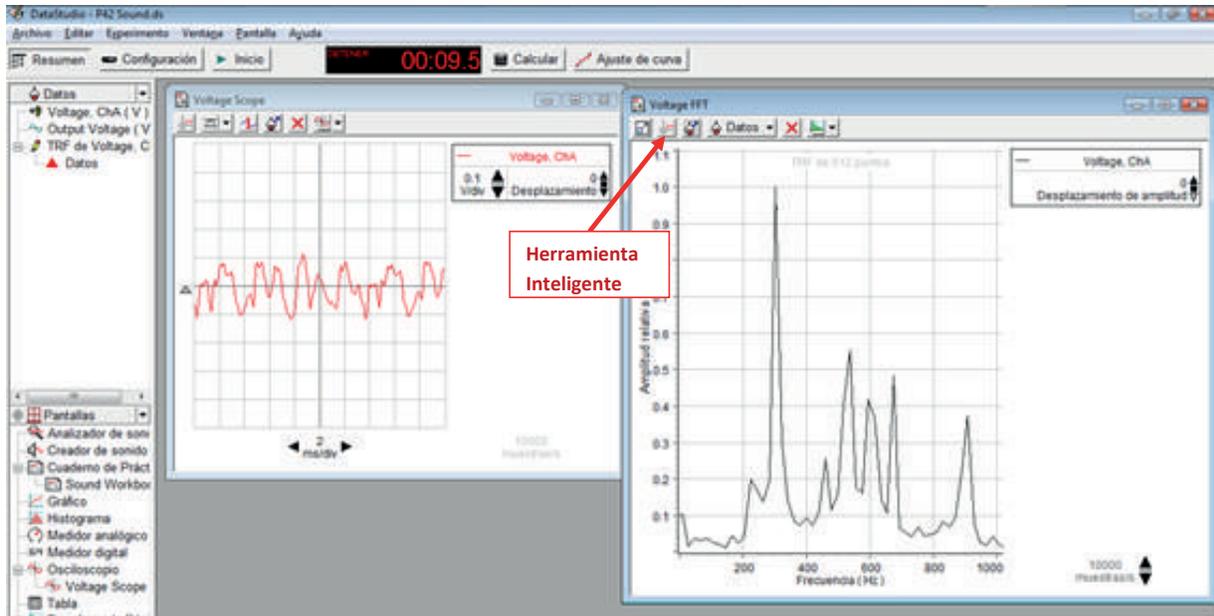


Figura 10.10. Ubicación "Herramienta inteligente"

k) Pulse el botón transferir datos señalado en la figura 10.11, y se generarán los datos de la grabación que acaba de realizar, aparecerá un icono en el menú superior izquierdo con el nombre "Datos".

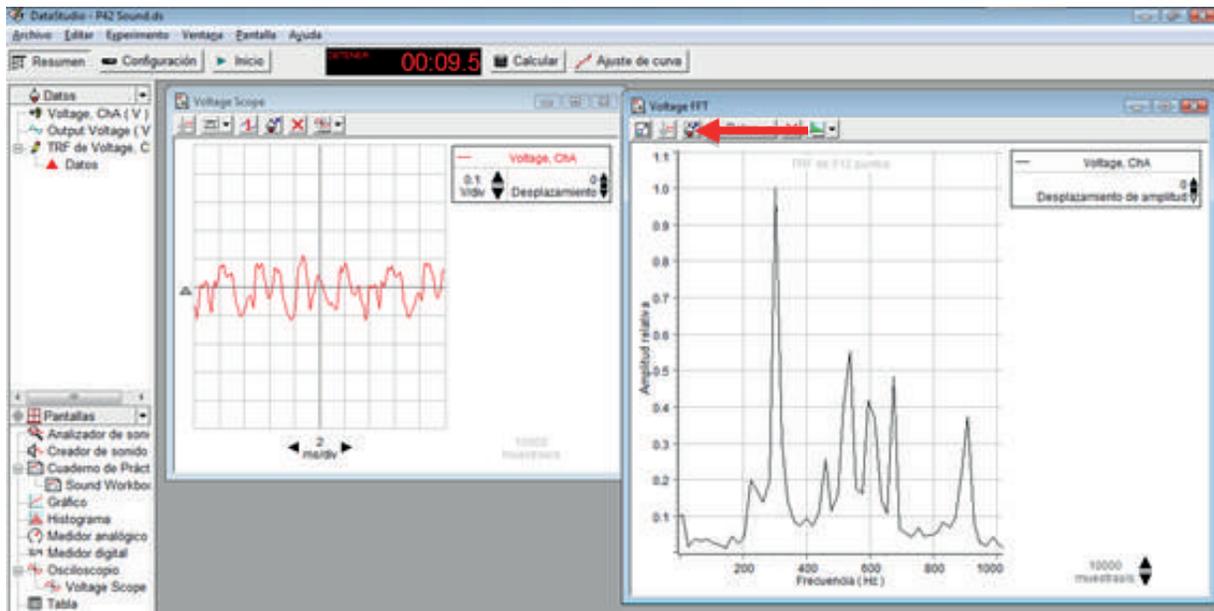


Figura 10.11. "Transferencia de datos"

l) Repita los pasos del inciso g al k, para otras dos personas.

m) A continuación arrastre el primer icono generado “Datos” hacia la herramienta “Tabla” como se indica en la figura 10.12, se genera automáticamente una tabla hacia donde se deben arrastrar los dos iconos siguientes “Datos”.

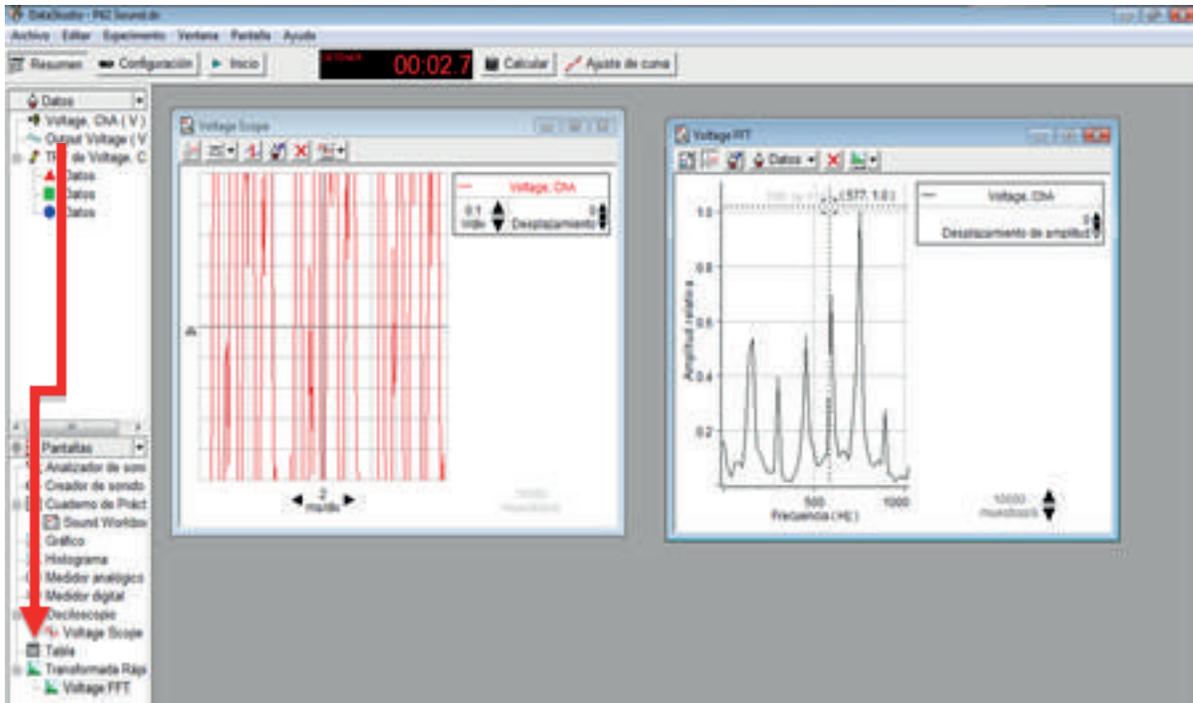


Figura 10.12. Generación de tabla de datos

n) De esta forma se genera una tabla (figura 10.13), con los valores de frecuencia y voltaje capturados en las grabaciones de las distintas voces.

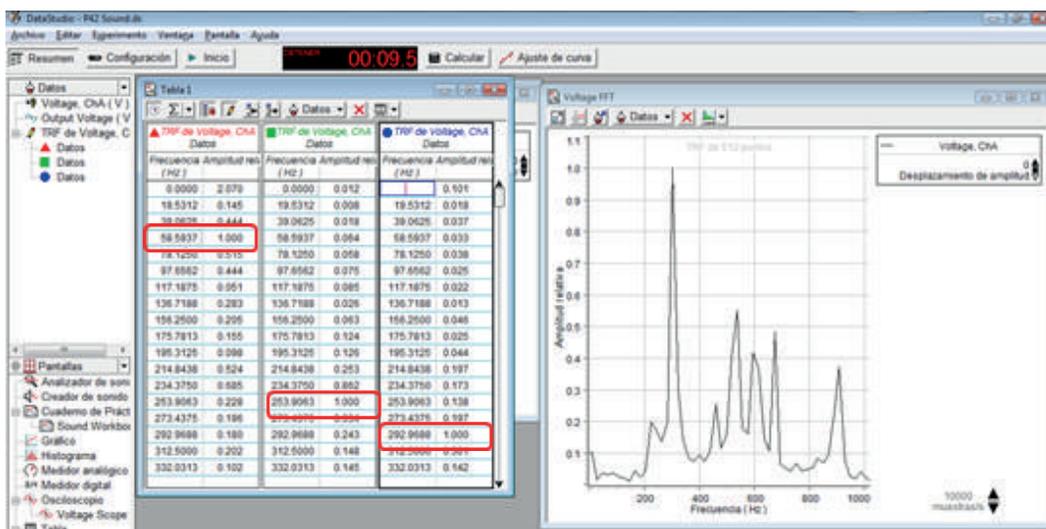


Figura 10.13. Frecuencia y voltaje de las diferentes voces

o) Con los resultados obtenidos realice un análisis, ya sea de la gráfica en el punto máximo de está o con los valores de la tabla en donde se encuentre el valor máximo (la unidad), y determine:

p) Anote la frecuencia fundamental de cada voz en la tabla 10.1

	Voz 1	Voz 2	Voz 3
Frecuencia			

Tabla 10.1. Frecuencias de las diferentes voces

1. ¿Qué diferencia encuentra en los valores obtenidos de cada persona?

2. ¿A qué se deben estas diferencias?

q) Guarde su actividad con un nombre diferente y cierre el archivo.

I.II. SONIDOS ESTABLECIDOS (FRECUENCIAS CONOCIDAS), EN UN DIAPASÓN

En esta actividad, se utilizará el sensor de sonido, para medir los sonidos producidos por algunos diapasones con una frecuencia definida o un instrumento musical.

También utilizaremos el programa Data Studio, para monitorear y visualizar las señales de entrada obtenidas por el sensor de sonido.

a) Abra la nuevamente el archivo P42 Sound.ds, utilizando el menú de archivo en abrir actividad.

b) Tome un diapasón que tenga su frecuencia especificada, como el de la figura 10.14.



Figura 10.14. Diapasón

c) Coloque el sensor de sonido frente al diapasón como se muestra en la figura 10.15.



Figura 10.15. Sensor frente al diapasón

- d) Golpee el diapasón en la parte de la horqueta y al mismo tiempo presione en el botón “Inicio” como se ve en la figura 10.16, cuidando captar el pico más alto que se verá en la gráfica generada del analizador FFT. Repita este paso hasta obtener este valor.

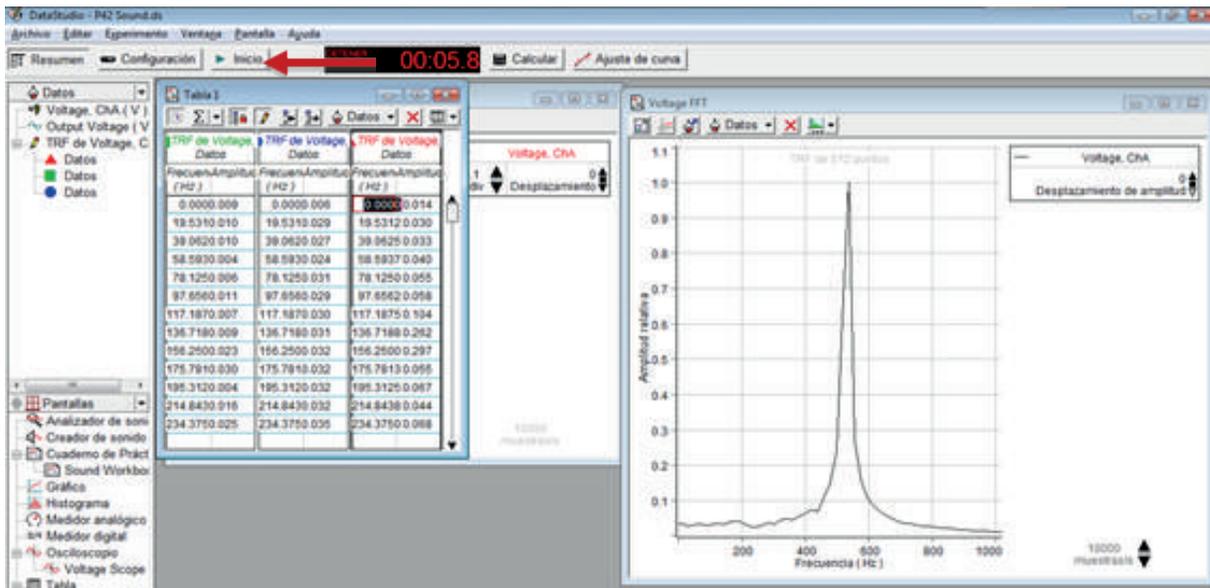


Figura 10.16. Analizador FFT

- e) Presione el botón “Transferir datos”  y automáticamente se transfieren los datos obtenidos a la tabla como se ve en la figura 10.17.

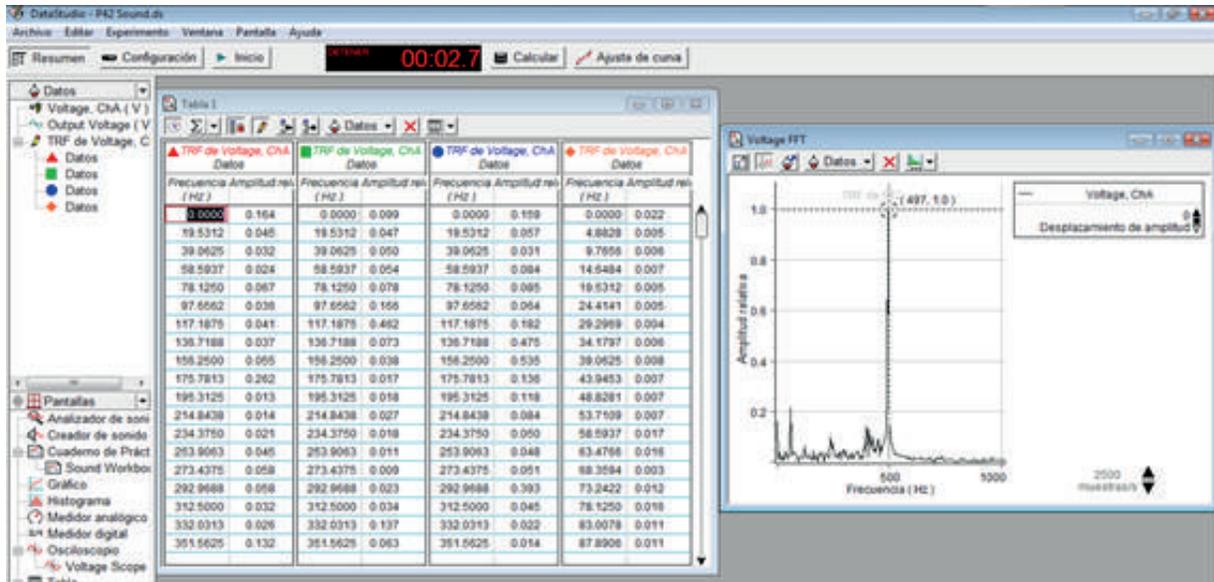


Figura 10.17. Transferir datos

- f) Use un diapasón de diferente frecuencia y repita los incisos b) al d).
3. ¿Cómo distinguiría en la tabla la frecuencia fundamental de los diapasones?

I.III. SONIDOS EN UN AFINADOR (FRECUENCIAS CONOCIDAS)

- g) Posicione el sensor de sonido frente al afinador (figura 10.18).



Figura 10.18. Afinador

- h) Ejecute la nota La (A), al mismo tiempo presione el botón "Inicio" para obtener la grabación de la nota.

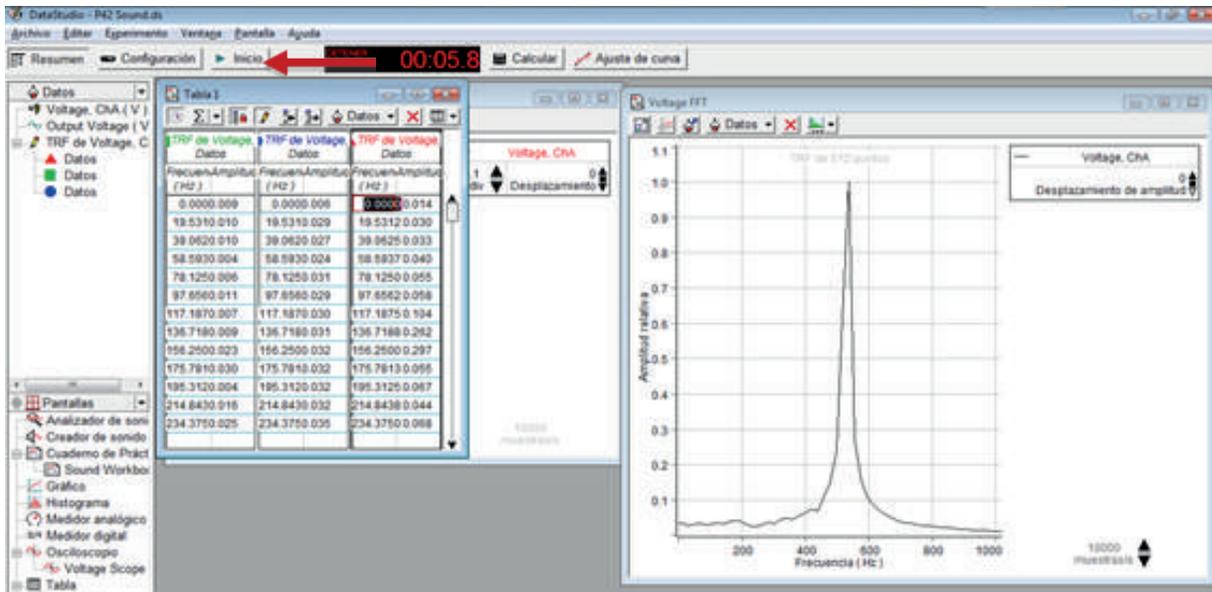


Figura 10.19. Analizador FFT

- i) Pare la grabación con el botón “Detener” procurando capturar una gráfica como en la figura 10.20. Repita el procedimiento hasta lograrlo.

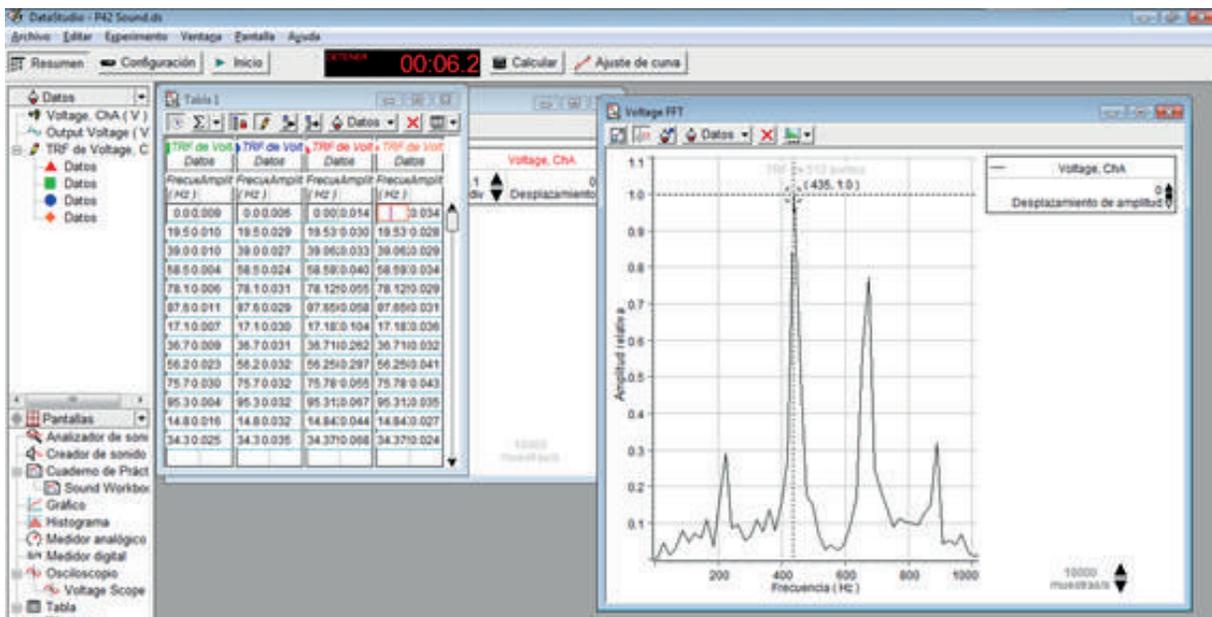


Figura 10.20. Grabación de datos

- j) Use la “Herramienta Inteligente” para observar la frecuencia fundamental de la nota.
- k) Exporte la información obtenida con el botón “Transferir datos” .
- l) Repita los incisos h al k, para las notas Re y Mi.

m) Automáticamente se transfieren los datos obtenidos a la tabla (Figura 10.21).

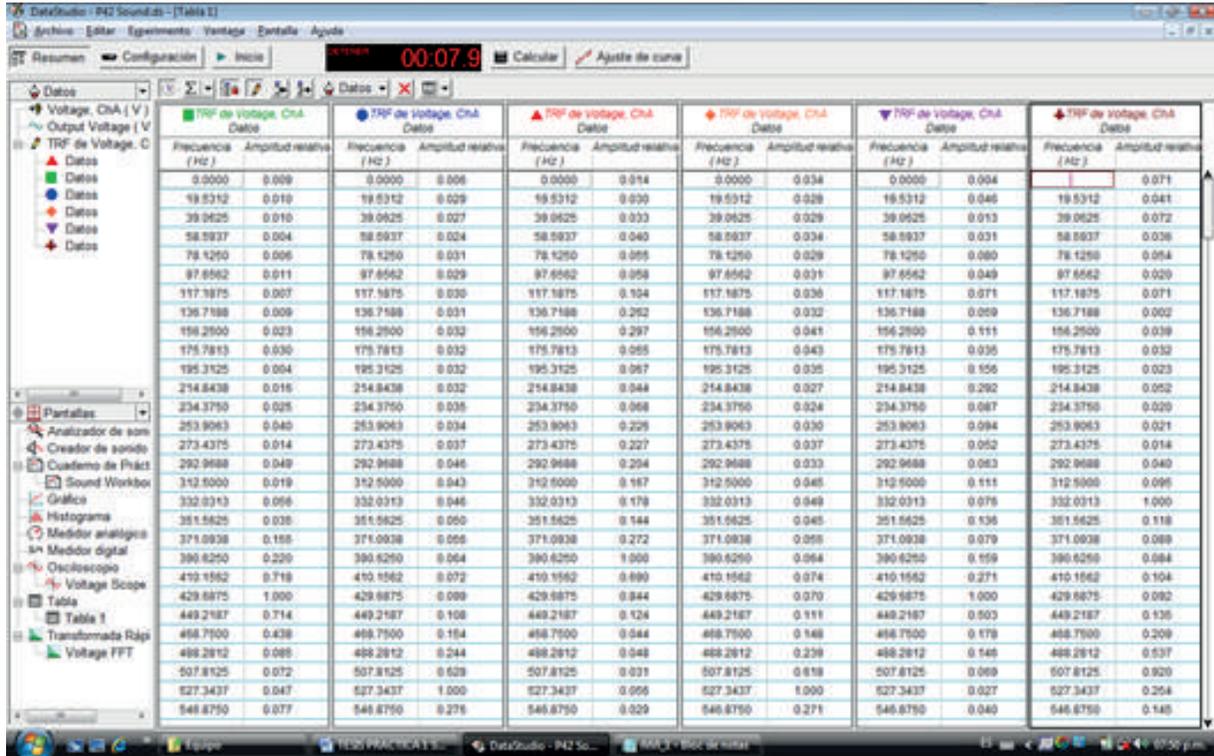


Figura 10.21. Transferencia de datos

4. Compare las frecuencias obtenidas para cada nota con los valores investigados en su cuestionario previo. ¿Qué concluye?

n) Los valores obtenidos de cada procedimiento pueden ser guardados en un archivo para poder usarlos posteriormente.

II. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AIRE

Mediante la interfaz y el sensor de sonido, obtendremos el tiempo que tarda el sonido de un chasquido en regresar (eco), para obtener un valor aproximado de la velocidad del sonido dada por los libros.

- a) Abra el archivo llamado: "P27 Speed of sound 1" (figura 10.22).

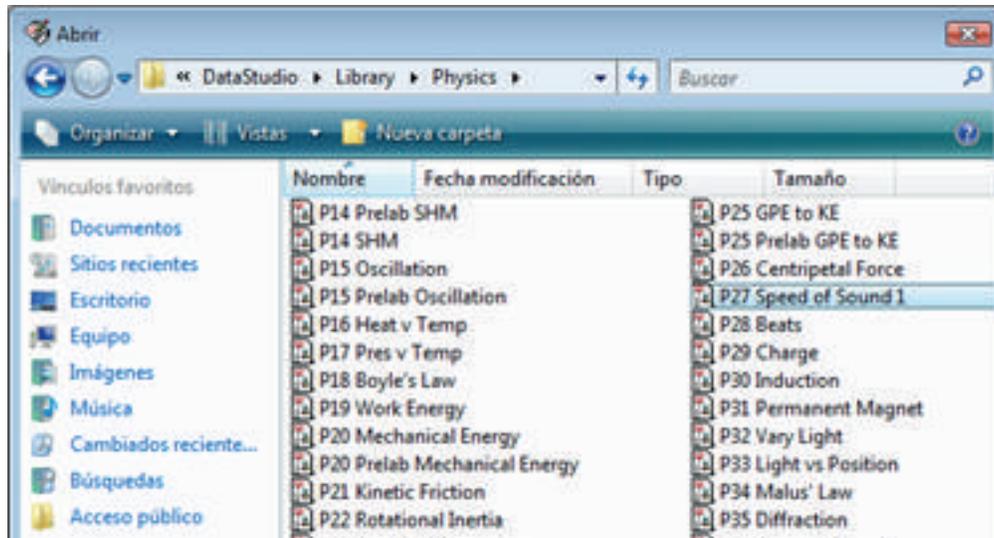


Figura 10.22. Lista de actividades

b) A continuación se muestra un recuadro con una breve introducción de la práctica (figura 10.23), después de leer cierre la ventana.

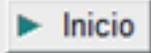


Figura 10.23. Introducción

c) En la práctica se usará un osciloscopio, mismo que se abre automáticamente.
 d) Coloque el sensor de sonido en el centro del extremo abierto del tubo (figura 10.24).



Figura 10.24. Colocación del sensor

e) Chasque con los dedos en el extremo abierto del tubo, como se ve en la figura 10.25. Con el botón  podrá grabar y ver los resultados en la pantalla del osciloscopio.

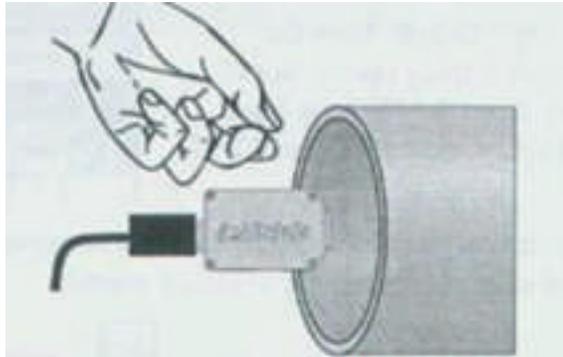


Figura 10.25. Chasquido frente al tubo

Sugerencia: Si el primer muestreo de datos no muestra el chasquido **y su eco**, ajuste la velocidad de barrido en la pantalla del osciloscopio (ms/div).

f) Para detener los datos, haga clic en 

g) A continuación pulse el botón transferir datos  (figura 10.26), y se generarán los datos de la grabación que acaba de realizar, aparecerá un icono en el menú superior izquierdo con el nombre de "Datos".

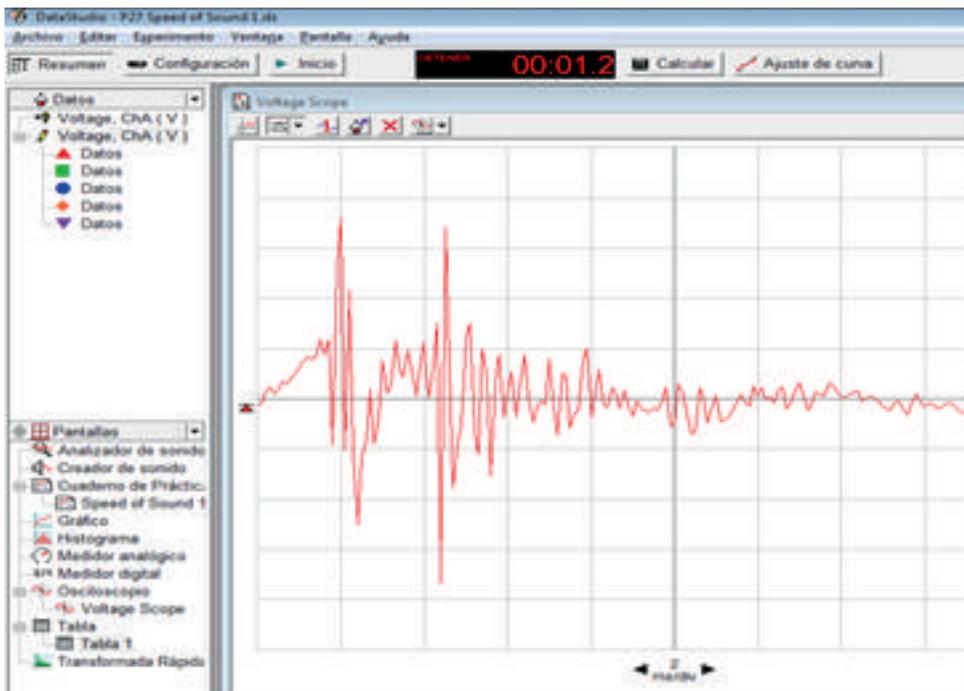


Figura 10.26. Transferencia de datos

h) Arrastre el icono generado hacia la herramienta tabla, como se muestra en la figura 10.27.

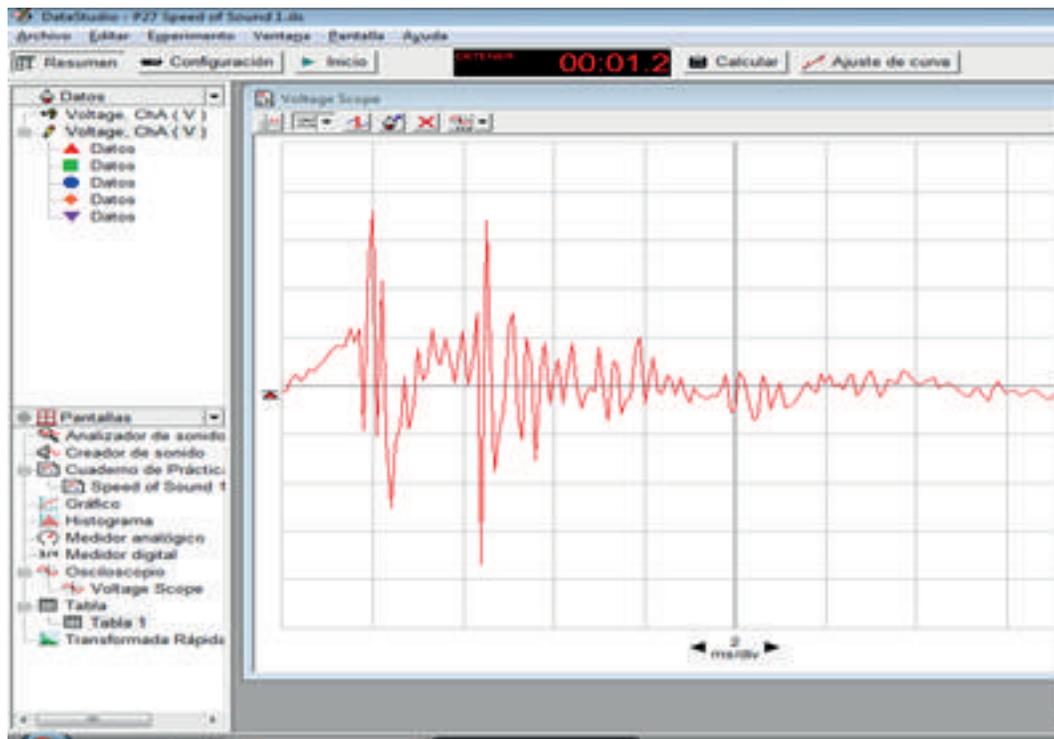


Figura 10.27. Generar datos

i) Utilice el gráfico que se muestra y si desea, las herramientas de análisis para encontrar el tiempo entre el primer pico del sonido y el primer pico de su eco o, puede apoyarse de los datos en la tabla generada (figura 10.28). Anote su resultado en la tabla 10.2.

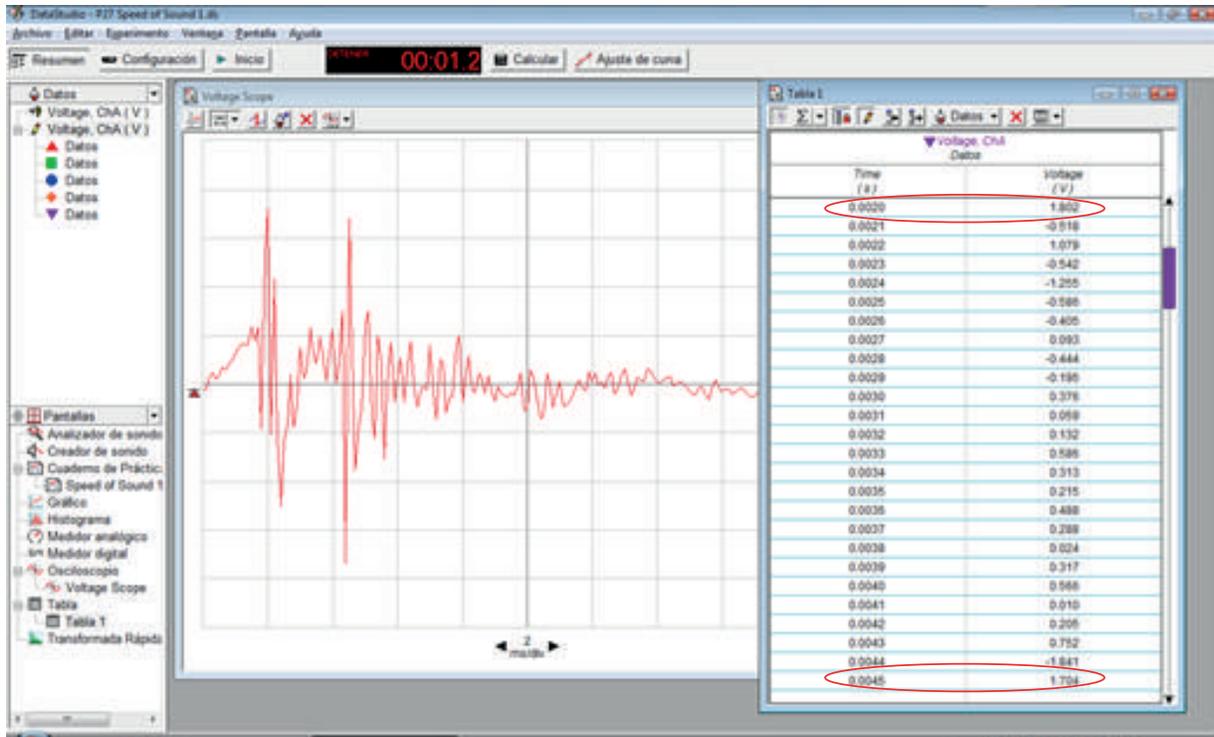


Figura 10.28. Tabla de datos generados

- j) Mida la longitud del tubo y anote su resultado en la tabla 10.2.
- 5. Calcule la velocidad del sonido y anote su resultado en la tabla 10.2.

Longitud del tubo (m)	Tiempo (s)	Velocidad del sonido (m / s)

Tabla 10.2. Velocidad del sonido

Nota: Recuerde que el tiempo desde el primer pico del sonido para el primer pico del eco es “ida y vuelta” es decir, el tiempo total, la distancia del tubo se tendrá que multiplicar por dos. El eco puede distinguirse ya que en la gráfica se observará el pico más alto correspondiente al sonido original, el cual se irá atenuando, el siguiente pico que vuelve a tener una gran amplitud casi similar a la del sonido original se supone como el eco.

6. CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

TIPPENS. (AÑO). Física Conceptos y aplicaciones. 7a Edición. México, Mc Graw Hill.

RESNICK. (AÑO). Física, Volumen I. 5ª edición. México, Patria.

GIANCOLI. (AÑO). Física para Ciencias e Ingeniería, VolumenI. 4a Edición. México, Pearson.

HECHT. (AÑO). Óptica. 3a Edición. México, Pearson, Addison Wesley.

EISBERG. (AÑO). Física Fundamentos y Aplicaciones, VolumenII. 4a Edición. México, Mc Graw Hill.

Óptica y acústica (Manual de prácticas)

De acuerdo con las demandas que plantea el constante avance tecnológico en los procesos de enseñanza-aprendizaje, así como la necesidad de actualización de las prácticas tradicionales y el establecimiento de nuevos procedimientos y métodos, el presente manual es parte de la renovación de prácticas en la asignatura de Óptica y acústica. Tiene como objetivo principal que el alumno desarrolle la capacidad de observación y habilidad en el manejo de aparatos de laboratorio para su aplicación en problemas relacionados en la práctica profesional.

colección: manuales de ciencias físico - matemáticas y de las ingenierías

