

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

REPORTES DEL LABORATORIO DE ÓPTICA

NOMBRE DEL ALUMNO: _____

NOMBRE DEL PROFESOR: _____

GRUPO (DIA-HORA): _____

Índice	Página
Práctica 1. Leyes de Óptica Geométrica. Ley de reflexión.....	
Práctica 2. Leyes de Óptica Geométrica. Ley de Refracción.....	
Práctica 3. La ecuación de lentes delgados.....	
Práctica 4. Haz del Láser expandido.....	
Práctica 5. Difracción de aperturas circulares.....	
Práctica 6. Difracción de ranura simple e interferencia de doble ranura...	
Práctica 7. El interferómetro Michelson.....	

Práctica 1. Leyes de Óptica Geométrica. Ley de reflexión.

1.1. Introducción.

Se verificará mostrando el ángulo a través del cual un haz es reflejado por un espejo θ_r (ángulo de incidencia más el ángulo de reflexión) es dos veces el ángulo hecho por el haz incidente y la normal a la superficie del espejo $\Delta\theta$ (ángulo incidente).

1.2. Material.

1 láser He-Ne
1 espejo
1 base rotatoria
1 cinta métrica
Papel y pluma o lápiz

1.3. Experimento.

1. Montar el láser He-Ne en la mesa óptica.
2. Montar un director de haz (espejo) en una base de rotación de manera que pueda incidir el haz láser al espejo.
3. Ajustar el director de haz para reflejar el haz del láser perpendicular a la pared como se muestra en la figura 1. Medir la posición angular de la base de rotación (θ_0). Anotar este ángulo en la tabla 1.
4. Colocar una hoja de papel en la pared a la misma altura del láser.
5. Mover el ángulo del espejo con la base de rotación de tal manera que la luz incida en la hoja de papel colocada en la pared, como se ilustra en la línea continua de la figura 1. Anote el ángulo de la base de rotación θ_1 en la tabla 1.
6. Obtenga el ángulo de rotación, $\Delta\theta = \theta_0 - \theta_1$. Anotar este ángulo en la tabla 1.
7. Medir la distancia Y del espejo a la pared, y la distancia X de las marcas hechas en la hoja de papel colocado en la pared como se muestra en la figura 1. Utilizando funciones trigonométricas calcule la suma de los ángulos incidente y reflejado.
$$\theta_r = \tan^{-1} \frac{X}{Y}$$
. Anotar este ángulo en la tabla 2.
8. Para experimentar con otros dos ángulos de rotación, repita los pasos 5 a 7 por otras dos ocasiones y anote los valores correspondientes en la tabla 1 y 2.

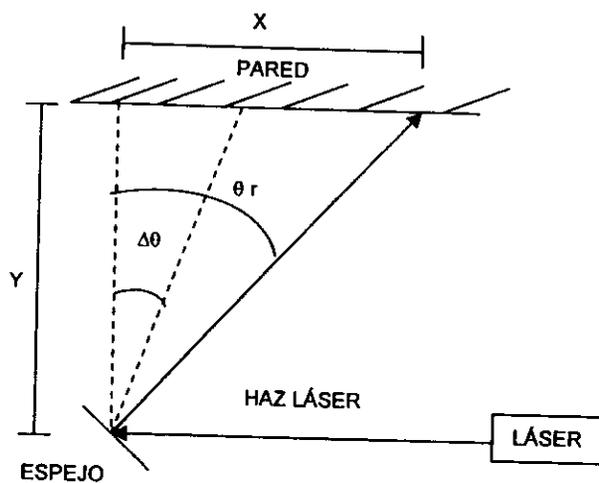


Figura 1. Diagrama esquemático para el experimento de la ley de reflexión.

1.4. Resultados.

Tabla 1. Ángulo de rotación del espejo $\Delta\theta$.

Medición	θ_0	θ_1	$\Delta\theta = \theta_0 - \theta_1$
1			
2			
3			

Tabla 2. Ángulo de incidencia + ángulo de reflexión (θ_r).

Medición	Y	X	$\theta_r = \tan^{-1} \frac{X}{Y}$
1			
2			
3			

Práctica 2. Leyes de Óptica Geométrica. Ley de Refracción.

2.1 Introducción

La ley de refracción se describe con la ley de Snell (ver figura 1):

$$n_1 \text{ sen}\theta_1 = n_2 \text{ sen}\theta_2$$

Donde:

n_1 y n_2 son los índices de refracción de los medios 1 y 2.

θ_1 es el ángulo de incidencia, con respecto a la normal de la interfaz de los medios 1 y 2.

θ_2 es el ángulo de refracción, con respecto a la normal de la interfaz de los medios 1 y 2.

2.2 Objetivo

Para la verificación de la ley de refracción se medirán los ángulos incidente θ_1 y transmitido θ_2 del haz del láser en la interfaz aire-agua y la interfaz aire-vidrio. Asimismo, se determinarán los índices de refracción de agua y del vidrio.

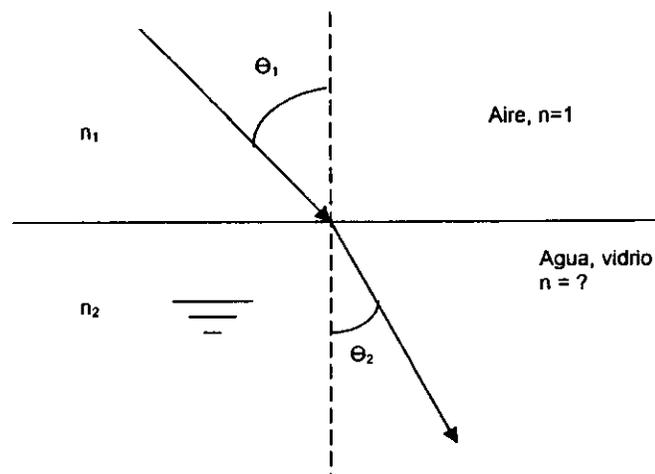


Figura 1. Ley de refracción de Snell.

2.3 Material

- 1 láser He-Ne
- 1 espejo montado en base fija
- 1 espejo montado en base fija modificada
- 1 cinta métrica
- 1 recipiente de plástico con agua
- 1 bloque de vidrio
- Pluma o lápiz
- Cinta adhesiva

2.4 Procedimiento experimental

1. Monte el láser en una esquina de la mesa óptica con el haz paralelo al borde de la mesa.
2. Monte un director de haz (espejo) en una esquina de la mesa óptica (Figura 2).
3. Monte un director de haz (espejo) modificado, de tal manera que el haz incidente en el espejo refleje el haz con un ángulo cercano a los 45° en la superficie de la mesa (Figura 2).
4. Mida la distancia perpendicular donde el haz del láser intersecta en el espejo hasta el fondo de la caja (Y) como se muestra en la figura 3. Medir la distancia desde este punto hasta donde el haz incide en el fondo de la caja (X). anote estos datos en la tabla 1.
5. Sabiendo que $\tan \alpha = \frac{Y}{X}$, obtenga el valor del ángulo α y anótelos en la tabla 1.
6. Sabiendo que $\theta_1 + \alpha = 90^\circ$, obtenga el valor del ángulo θ_1 y anótelos en la tabla 1.
7. Agregue agua limpia a la caja de plástico. Ponga la caja de plástico de manera que el haz de luz láser pase por agua como se muestra en la figura 3.
8. Mida las distancias X_1 y Y_1 de acuerdo al diagrama de la figura 3. Anote estos valores en la tabla 1.
9. Sabiendo que $\tan \alpha = \frac{Y_1}{X_3}$, obtenga el valor de X_3 y anote su valor en la tabla 1.
10. De acuerdo al diagrama de la figura 3 obtenga el valor de X_2 y anote su valor en la tabla 1.
11. Sabiendo que $\tan \theta_2 = \frac{X_2}{Y_1}$, obtenga el valor de θ_2 y anote su valor en la tabla 1.
12. Con los ángulos obtenidos calcule el índice de refracción del agua n_2 a partir de la ecuación de la ley de Snell, considerando que el índice de refracción del aire es 1. Reporte este valor en la tabla 1.
13. Para obtener el índice de refracción del vidrio ponga un bloque de vidrio de manera que el haz de luz láser pase por el como se muestra en la figura 2.
14. Repita los pasos 8 a 13 anotando los valores obtenidos en la tabla 2.
15. Compare los índices de refracción calculados de agua y del vidrio con los reportados en la bibliografía.

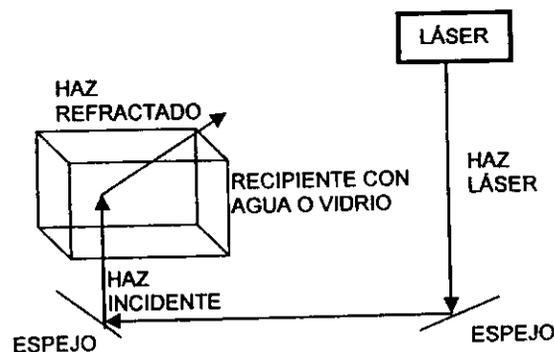


Figura 2. Esquema para la medición del índice de refracción.

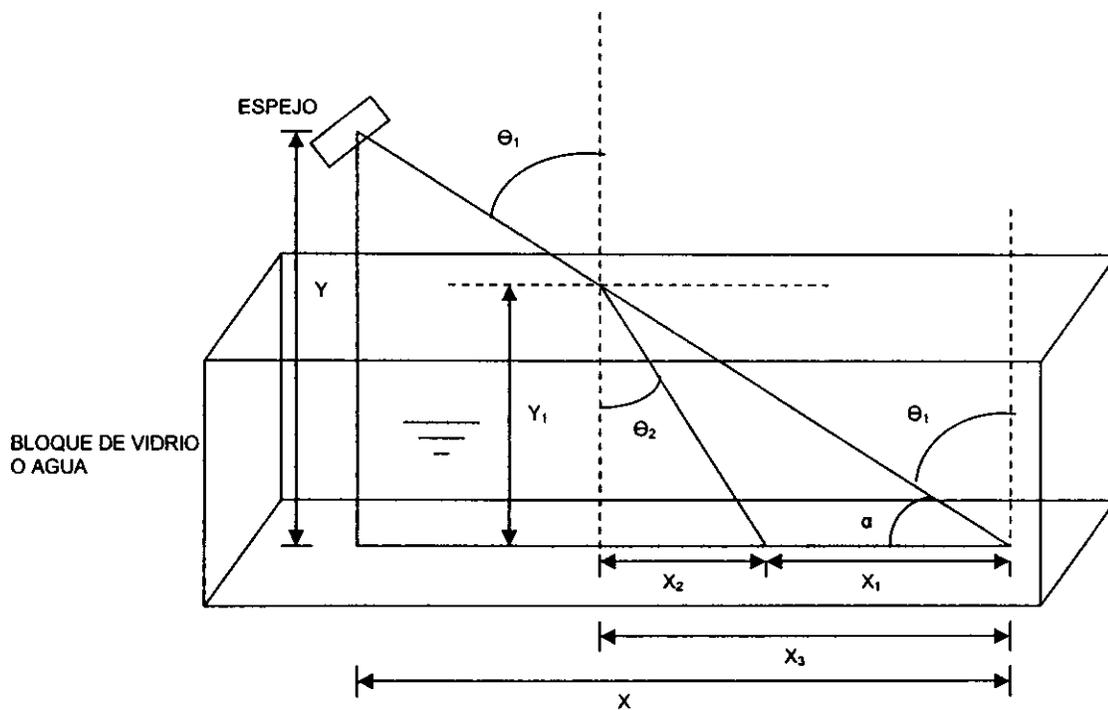


Figura 3. Análisis trigonométrico para la medición del índice de refracción

2.5 Resultados

Tabla 1. Cálculo del índice de refracción de agua

Y	X	$\alpha = \tan^{-1} \frac{Y}{X}$	$\theta_1 = 90^\circ - \alpha$	X_1	Y_1	X_3	X_2	θ_2	n_{agua}

Tabla 2. Cálculo del índice de refracción de vidrio

Y	X	$\alpha = \tan^{-1} \frac{Y}{X}$	$\theta_1 = 90^\circ - \alpha$	X_1	Y_1	X_3	X_2	θ_2	n_{agua}

Práctica 3. La ecuación de lentes delgadas.

3.1 Introducción

Basándose en la lente de la figura 1, las ecuaciones de la distancia focal y magnificación para lentes delgadas están dadas por:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}$$
$$M = \frac{y_i}{y_o} = -\frac{d_2}{d_1}$$

Donde:

M es la magnificación (cambio de imagen)

y_o es la altura de la imagen original

y_i es la altura de la imagen virtual

d_1 es la distancia del objeto a la lente

d_2 es la distancia de la lente a la imagen

f es la distancia focal de la lente

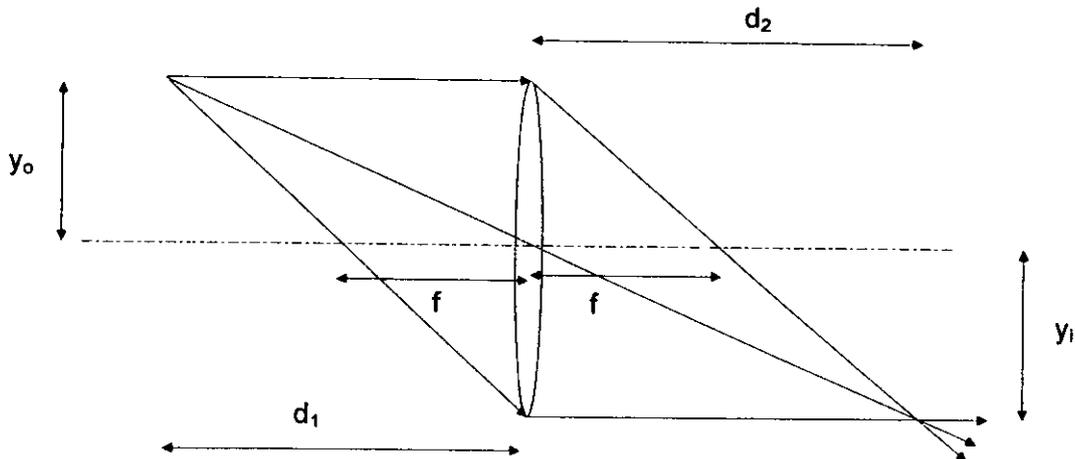


Figura 1. Posición del objeto y de la imagen para una lente delgada.

3.2 Objetivo

Se comparará una imagen real con la producida después de pasar por una lente comprobando su magnificación.

3.3 Material

- 1 Tarjeta objeto
- 1 Tarjeta en blanco
- 1 kit de lentes LKIT-2
 - 1 lente de longitud focal de 100 mm (LP1) cat # KPX094
 - 1 lente de longitud focal de 200 mm (LP2) cat # KPX106
 - 1 lente de longitud focal de 75 mm (LP2) cat # KPX058
 - 1 lente de longitud focal de 25.4 mm (LP3) cat # KPX076
 - 1 lente de longitud focal de -25.4 mm (LN1) cat # KPC043
- 1 Cinta métrica
- 1 lámpara de alta intensidad

3.4 Procedimiento

Montaje experimental:

Poner una lámpara de alta intensidad aproximadamente a 5 centímetros atrás y a la misma altura que el objeto. Se utilizará como objeto una imagen impresa en un acetato cuya altura es y_0 como se ilustra en la figura 2.

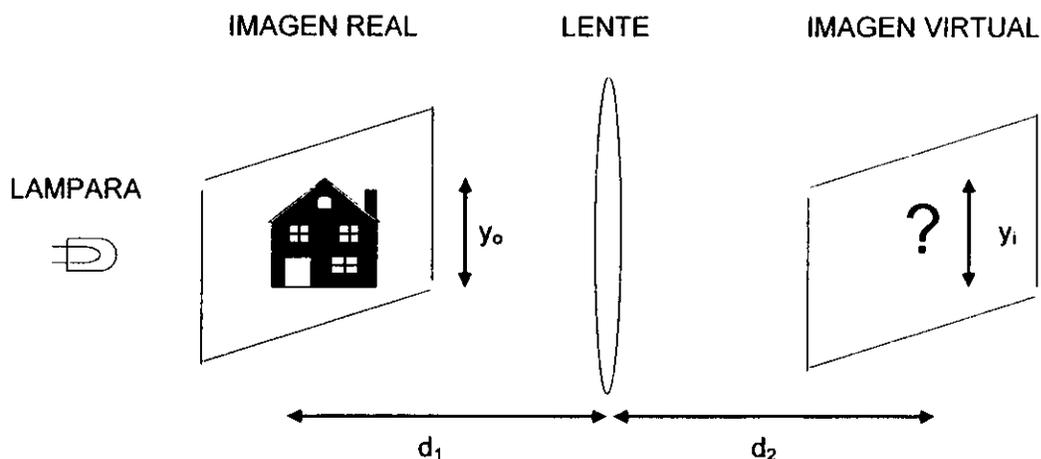


Figura 2. Montaje experimental con una lente positiva.

Lentes positivas

1. Colocar una lente positiva de longitud focal de 100 mm. del *kit* de lentes y móntelo después de la imagen real.
2. Ponga la lente a 125 mm. del objeto y anote en la tabla 1 la distancia exacta entre la lente y el objeto real. Esta es la primer distancia objeto d_1 .

3. Colocar una tarjeta blanca en un segundo ensamble después de la lente para obtener la imagen virtual, mueva la tarjeta lentamente hacia la lente hasta que sea visible una imagen. Continúe moviendo la tarjeta hasta que la imagen comience a ser borrosa. Muévela lejos de la lente hasta que la imagen sea vista de nuevo. Mueva la tarjeta para producir la imagen más nítida y marque esta posición. La distancia desde la lente a la tarjeta es la distancia imagen d_2 . Anote este valor en la tabla 1.
4. Marque en la tarjeta blanca dos puntos en la imagen que representa la distancia entre extremo superior e inferior de la imagen y, mida la distancia entre esos puntos y_i . Anote los valores de y_o y de y_i en la tabla 1.
5. Con base a estos datos obtenga la distancia focal f y la magnificación M y anótelos en la tabla 1.
6. Cambie la lente positiva de 100 mm por una lente positiva de 200 mm. Y repita los pasos 2 a 5 anotando sus datos y resultados en la tabla 2.
7. Cambie la lente positiva por una lente positiva de 75 mm. Y repita los pasos 2 a 5 anotando sus datos y resultados en la tabla 3.
8. ¿Coinciden la distancia focal con la indicada en el *kit* de lentes?

Lentes negativas

Las lentes bicóncavas tienen longitudes focales negativas y la imagen que forman es virtual. Debido a que solo las distancias imagen para imágenes reales se pueden medir directamente. Se utiliza la técnica para determinar la longitud focal de un lente negativo que utiliza un lente positivo auxiliar de longitud focal conocida.

Ponga una lente de longitud focal negativa (LN1) con el lado cóncavo hacia el objeto y mida la distancia desde el objeto a la lente. Después de poner la lente positiva cuya longitud focal se midió, colócala más allá de la lente negativa. Obtenga una imagen nítida y mida la distancia imagen desde la lente positiva.

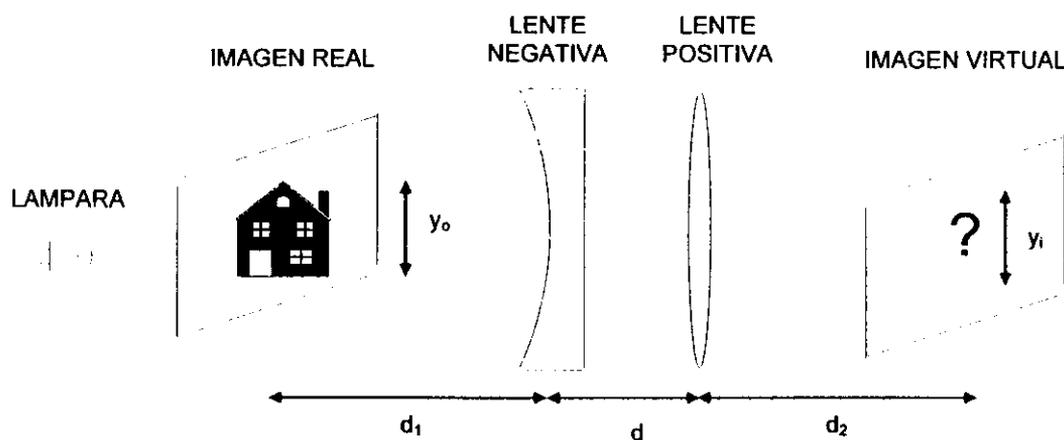


Figura 3. Montaje experimental con una lente negativa y con una lente positiva.

Debido a que conoce la longitud focal de la lente positiva y ha medido la distancia imagen, puede calcular la distancia objeto que se debería requerir para esta distancia imagen como si solo una lente positiva estuviera presente. La imagen de la lente negativa es el objeto para la lente positiva. Reste la distancia objeto calculada para la lente positiva desde el espacio entre las dos lentes. Esta es la distancia imagen para la lente negativa y será negativa. Recalcule la longitud focal de la formula de lentes (recuerde utilizar los signos correctos de las distancias imagen y objeto). Compare este valor en la guía del *kit* de lentes.

3.5 Datos y Resultados

Tabla 1.

Lente 100mm					
d_1 (mm)	d_2	y_o	y_i	f	M
125					
200					
400					

Tabla 2

Lente 200mm					
d_1 (mm)	d_2	y_o	y_i	f	M

Tabla 3

Lente 75 mm					
d_1 (mm)	d_2	y_o	y_i	f	M

Práctica 4. Haz del Láser expandido.

4.1 Introducción.

Un haz de láser tiene un cierto perfil concentrando la mayoría de su energía en el centro, cerca del eje de propagación. El diámetro del talle determina la divergencia del haz. Cuando un láser es utilizado en un sistema óptico, en ocasiones se requiere de un haz más grande o un haz con pequeña divergencia, lo cual puede lograrse con el empleo de lentes.

4.2 Objetivo.

Obtener el ángulo de divergencia del haz; así como la colimación del haz respecto al telescopio Galileano y Kepleriano.

4.3 Material.

- 1 Láser
- 2 Directores de haz
- 2 Ensambladores de lentes
- 1 Lente de 200mm de longitud focal
- 1 Lente de 25.4mm de longitud focal
- 1 Lente de -25 mm de longitud focal

4.4 Procedimiento experimental.

1. Montar el láser en la esquina de la mesa de manera que el haz sea paralelo al borde de la mesa. Pegar una carta índice con un pequeño orificio (2mm) al frente del láser, de manera que el haz pase a través de este. Esta carta se utilizará como pantalla para monitorear las reflexiones de las componentes cuando son insertadas en el haz. Estas reflexiones, cuando son centradas cerca del haz de salida, indican que la lente esta centrada en el haz con su eje óptico paralelo.
2. Montar un director de haz aproximadamente a 10 centímetros en la otra esquina de la mesa. Ajustar la altura del montaje del espejo hasta que el haz incida en el centro del espejo. Rote el poste hasta que el haz sea paralelo al borde izquierdo y a la superficie de la mesa óptica (ver figura 1).
3. Utilizar una regla para medir el haz desde la salida del láser para varias distancias. La distancia será hasta de 10 m si el espacio lo permite. Registre estos valores en la tabla 1. Se estimará el tamaño del haz, ya que, la irradiancia del haz cae ligeramente desde el centro. El diámetro del haz varia de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$d^2(z) = d_0^2 + \theta^2 z^2$$

4. Determinar el valor de θ a partir de la medición de varios valores de z utilizando la ecuación anterior. Donde: $d_0 = 2$ mm es el diámetro medido cercano al láser y z es la distancia desde el láser como se ilustra en la figura 2. Los valores de θ son más precisos

entre más grande sea el valor de z . Obtenga el promedio de los valores de la medición, el cual será alrededor de 1 miliradián.

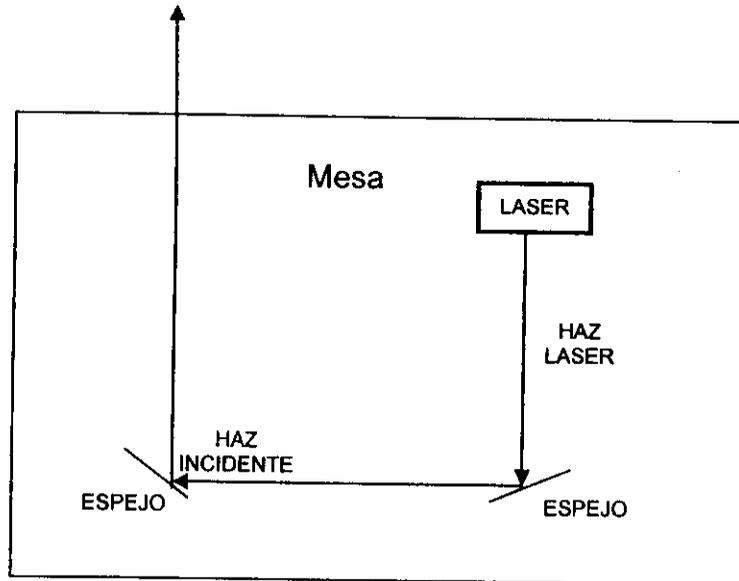


Figura 1. Montaje para medición de la expansión del haz láser.

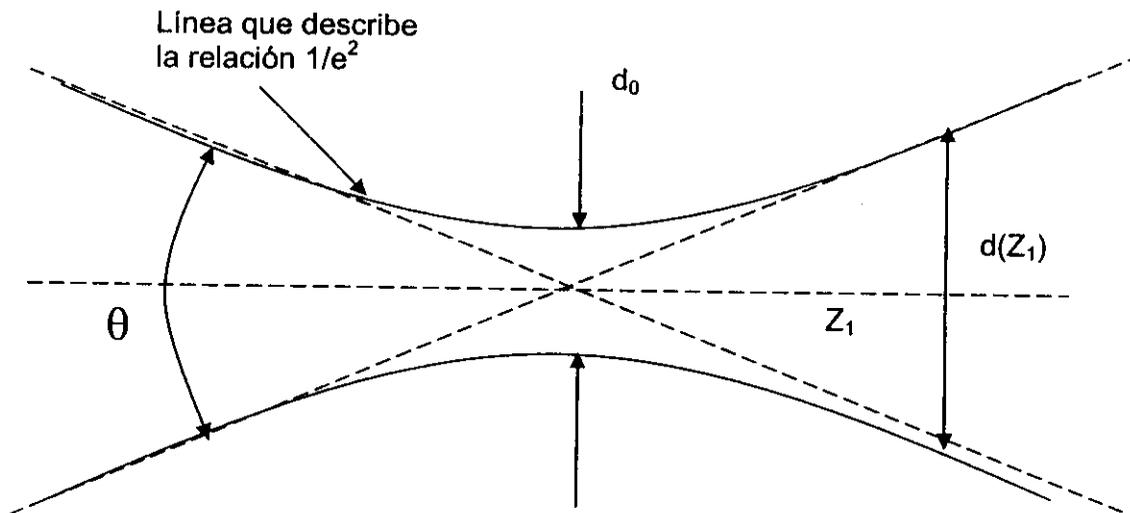


Figura 2. Haz de láser expandido.

Expansor de haz Galileano

1. Insertar una lente de longitud focal (-25.4mm) negativa y móntela a aproximadamente 12 cm del director de haz. Alinear la lente para asegurar que el haz divergente este en el centro del espejo del segundo director de haz.
2. Insertar una lente de longitud focal de (200mm) y colocarla a 175 mm. (la suma de la longitud focal de las dos lentes, recordando que la primera lente es negativa) desde el primer lente en el haz del láser divergente. Nuevamente, centre el haz en el espejo del segundo director (ver figura 3).

3. Rotar el segundo director tal que regrese a través de las dos lentes justo del otro lado de la apertura de salida del láser. (Si el haz regresado entra a la apertura de salida del láser puede exhibir fluctuaciones de intensidad y no se puede determinar el tamaño del haz regresado).
4. Cuidadosamente ajuste la posición de la última lente moviéndola hacia adelante y atrás a lo largo del haz hasta que el haz de retorno sea del mismo tamaño que el haz de salida.
5. Rotar el segundo director y enfocar el haz del láser al final del laboratorio y medir el diámetro justo después del expensor de haz y en varios lugares a lo largo del haz. Dependiendo de la precisión de la alineación y distancia disponible, esto puede dificultar ver cualquier divergencia.
6. La divergencia disminuye si se aumenta el ancho del diámetro del haz como lo ilustra el telescopio Galileano de la figura 4. El haz expandido incrementa el diámetro del haz y como resultado se reduce la divergencia del haz en la misma relación a la expansión del haz. Llene la tabla 2 y obtenga la divergencia de haz θ .

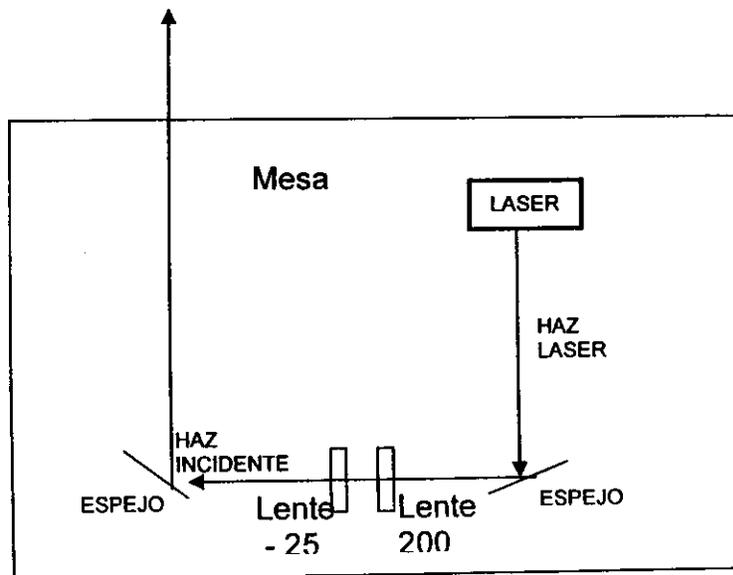


Figura 3. Montaje para el expensor Galileano.

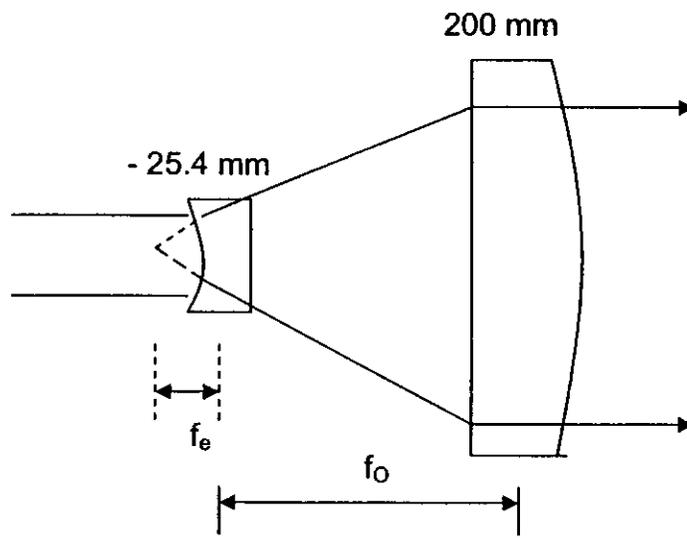


Figura 4. Telescopio Galileano.

Expansor de haz de Kepleriano

1. Reemplazar la lente negativa con una lente positiva (25.4mm) y utilice el mismo ajuste al centro del haz en las lentes y el espejo del segundo director como se muestra en la figura 5. Ajustar la distancia entre las lentes y realizar la suma de sus distancias focales.
2. Ajustar el último director nuevamente para la condición del tamaño del foco igual a la salida del láser como se ilustra en el telescopio Kepleriano de la figura 6. Llene la tabla 3 y obtenga la divergencia de haz θ .

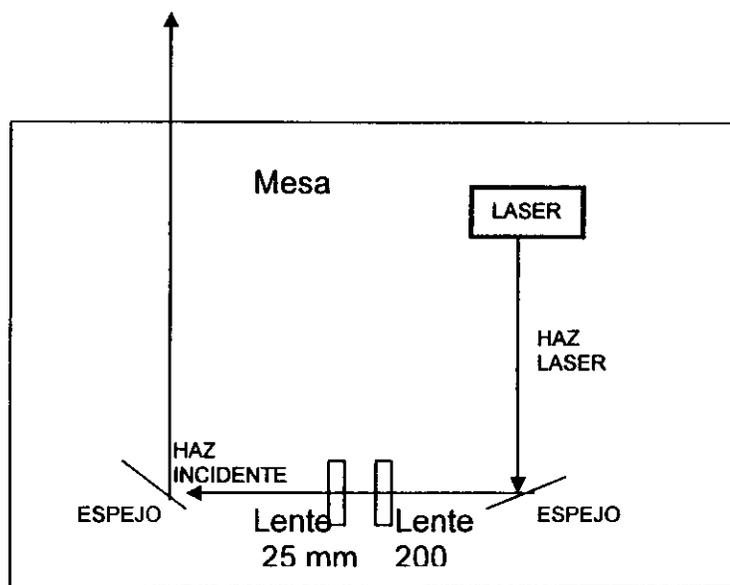


Figura 5. Montaje para el expansor Kepleriano

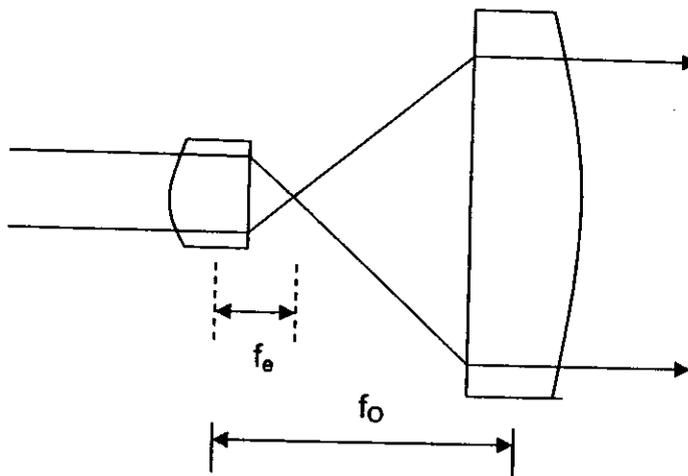


Figura 6. Telescopio Kepleriano.

4.5 Resultados.

Tabla 1. Calculo de la divergencia de haz Θ .

Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}
d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8	d_9	d_{10}
θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7	θ_8	θ_9	θ_{10}

Tabla 2. Calculo de la divergencia de haz Θ (Expansor Galileano).

Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}
d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8	d_9	d_{10}
θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7	θ_8	θ_9	θ_{10}

Tabla 3. Calculo de la divergencia de haz Θ (Expansor Kepleriano).

Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}
d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8	d_9	d_{10}
θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7	θ_8	θ_9	θ_{10}

Práctica 5. Difracción de aperturas circulares.

5.1. Introducción.

La mayoría de los sistemas ópticos se hacen de componentes con aperturas circulares. Estos pueden ser espejos, lentes o huecos en las estructuras que contienen a los componentes. Estos permiten que la luz sea transmitida, pero también restringen la cantidad de luz en un sistema óptico y causan una limitación básica a la resolución del sistema óptico.

5.2. Objetivo.

En esta práctica se medirán los efectos de la difracción de aperturas circulares. La difracción asociada con el tamaño de la apertura determina la capacidad de resolución de todos los instrumentos ópticos desde el microscopio electrónico a los grandes discos de radiotelescopios. Además, se descubrirá que un objeto sólido no solo difunde una sombra porque es posible que aparezca un punto brillante en el centro de la sombra.

Los patrones de difracción que se examinarán se localizarán cerca de la apertura de difracción y lejos de la apertura. El primero se conoce como difracción Fresnel y el segundo difracción Fraunhofer. En la figura 1 se muestra el patrón de la difracción de una apertura circular.

Se debe tener un cuidado especial para ver a los patrones de difracción debido a que el experimento se desarrolla en un cuarto oscuro y las pupilas se expanden permitiendo que entre 60 veces más luz que en un cuarto iluminado. No vea la reflexión especular directa o el haz láser directamente.

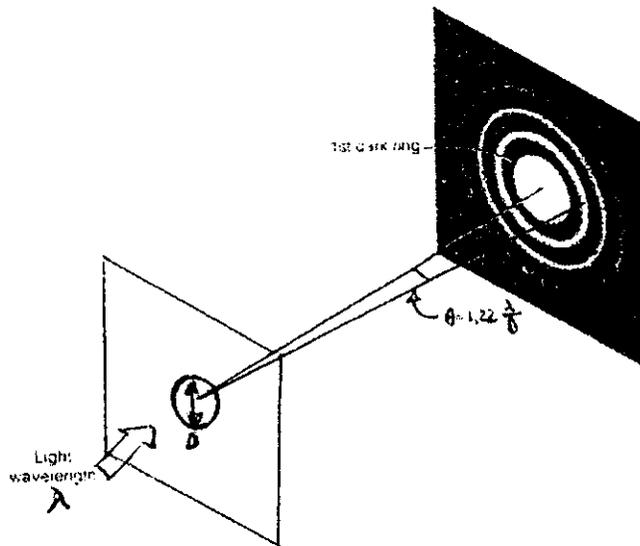


Figura 1. Patrón de difracción de una apertura circular.

5.3. Material

- 1 ensamble láser (parte LA)
- 2 ensambles de guiado de luz (parte BSA-I)
- 2 ensambles porta lentes (parte LCA)
- 1 ensamble de tarjeta (TA-I)
- 1 ensamble de tarjeta (TA-II)
- 1 lente de longitud focal de 150 mm (parte LP4, numero de catalogo KPX100)
- 1 lente de longitud focal de -25 mm (parte LN1, numero de catalogo KPC043)
- 1 tarjeta, de diámetro 0.001" (parte TP1)
- 1 tarjeta, de diámetro 0.002" (parte TP2)
- 1 tarjeta, de diámetro 0.080" (parte TP3)
- 1 tarjeta, 3 zonas de Fresnel (parte TF)
- 1 tarjeta índice (parte Q1)
- 1 cinta métrica (parte QW)

5.4 Procedimiento experimental

1. Monte un ensamble de láser (LA) en la mesa óptica. Ajuste la posición del láser hasta que el haz sea paralelo a la orilla de la mesa. Pegue una tarjeta índice con un pequeño agujero (cerca de 2 mm.) al frente del láser, tal que el haz láser pase a través de él. Esta tarjeta se usará como una pantalla para monitorear las reflexiones de los componentes.
2. Monte un ensamble de guiado de haz (BSA-I) aproximadamente a 10 centímetros de la esquina mas lejana de la mesa (ver figura 2). Ajuste la altura del espejo hasta que el haz incida en el centro del espejo. Rote el poste hasta que el haz láser sea paralelo a la orilla izquierda y la superficie de la mesa óptica.
3. ponga un segundo ensamble de guiado de haz (BSA-I) en línea con el haz láser a la esquina izquierda inferior de la mesa óptica. Rote y ajuste el montaje del espejo hasta que el haz láser sea paralelo a la orilla frontal y la superficie de la mesa óptica.
4. ponga una tarjeta en un ensamble contenedor y colocado al final de la mesa tal que el haz pegue en el centro de la tarjeta (TA-II).
5. monte un ensamble porta lentes a una distancia de alrededor de 12 centímetros a la derecha del ultimo espejo de guiado del haz y directamente en línea con el haz láser (TA-I). Este será el contenedor de la apertura.

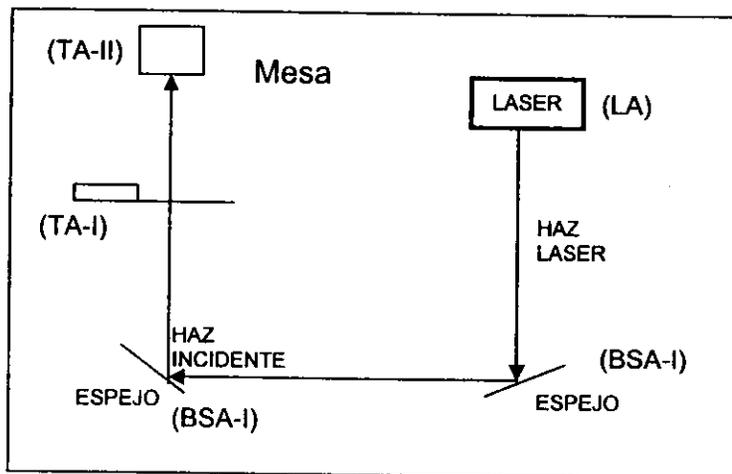


Figura 2. Montaje para observar la difracción de una apertura circular.

Difracción Fraunhofer de una mascarilla circular

6. Cuidadosamente ponga la tarjeta del pequeño agujero en el ensamble de láser. Ajuste el montaje hasta que el haz láser incida en la tarjeta aproximadamente en el centro. Se debe tener cuidado debido a que la tarjeta reflejara un gran porcentaje del haz.
7. Ajuste el ultimo espejo de guiado del haz de tal forma que el haz láser llene al pequeño agujero. Esto se puede realizar mejor viendo la parte trasera de la tarjeta (más allá del láser) desde 45° y buscando un incandescente brillo rojo. Esto ocurrirá cuando el haz láser (o parte del haz láser) esta iluminando la apertura.
8. Observe la tarjeta blanca. Cuidadosamente ajuste el último espejo de guiado del haz para producir la imagen más brillante. Deberá verse un círculo central brillante rodeado por bandas circulares oscuras y luminosas. Este es el patrón de disco Airy (figura 1). Mida la distancia desde TP1 a la tarjeta en TA-II. Marque y mida el diámetro de la primera banda circular oscura alrededor del círculo central brillante. Esta es una medición de la cantidad de difracción causada por el pequeño agujero.
9. La separación angular entre el centro del anillo máximo y el primer anillo oscuro (θ) esta relacionada con la longitud de onda (λ) y el diámetro del pequeño agujero (D) por la relación $\text{sen}\theta = 1.22(\lambda/D)$. Como el ángulo de difracción es pequeño, el seno y la tangente del ángulo son iguales. La tangente se obtiene dividiendo el radio de la banda oscura por la distancia del pequeño agujero a la tarjeta que fue obtenida en el paso #8. calcule el diámetro del pequeño agujero con la ecuación sabiendo que la longitud de onda del láser He-Ne es de 633 nm.
10. Todas las aperturas circulares exhibirán un patrón de Airy. Reemplace el TP1 con TP2. Se necesitará utilizar un montaje contenedor de tarjeta (TA-I) aproximadamente a diez centímetros del limite de la mesa y en línea con la posición del ensamble porta lentes. Mida el diámetro de la primera banda oscura y la distancia entre el pequeño agujero y la tarjeta. Calcule el diámetro del pequeño agujero basándose en estos datos. Estas series de anillos de una apertura circular causa que los objetos que están muy cercanos se monten al plano focal del instrumento en observación y limitara la potencia de resolución de telescopios de gran apertura.

11. Ensamble un expansor de haz 6:1, entre el primer y segundo montaje de guiado del haz (BSA-I) como se muestra en la figura 3. Reemplace TP2 con TP3. Debido a que la apertura es muy grande, reemplace el montaje de la tarjeta TA-II con un tercer BSA-I y dirija el haz a una pared a una distancia de 3 metros. Mida el diámetro de la primera banda oscura y estime la distancia entre el pequeño agujero y la pared. Calcule el diámetro del pequeño agujero. En el campo lejano el patrón de difracción de Fraunhofer no cambia en forma, pero si lo hace en tamaño. Utilizando la tarjeta, busque al patrón de difracción que empieza en el pequeño agujero y se mueve hasta la pared. A una distancia de alrededor de 60 centímetros del pequeño agujero se verá que el centro del punto brillante es un pequeño punto oscuro. Dependiendo de la buena colocación del expansor de haz, este pequeño haz oscuro puede ser difícil de observar. Sin embargo, para la difracción Fresnel el punto central cambia de brillante a oscuro y a brillante otra vez.

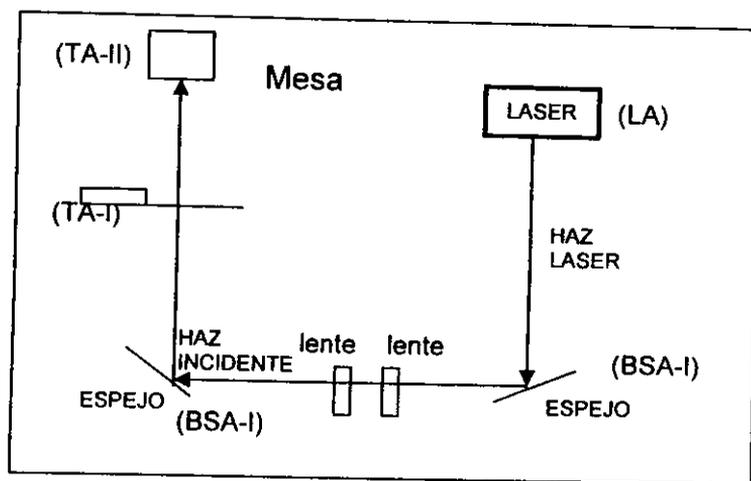


Figura 3. Experimento de difracción de Fresnel.

Difracción Fresnel de mascarilla circular

12. Reemplace TP3 con la tarjeta de Fresnel (TF). Busque al patrón de difracción en la tarjeta. Note que el centro de la imagen tiene algunos anillos brillantes y oscuros. Esta también es la difracción de Fresnel. Dependiendo de la distancia de TA-II de TF, el centro del patrón puede ser brillante u oscuro. Aunque la tarjeta de Fresnel (TF) tiene un círculo central absorbente, hay una luz en el centro del patrón. El punto brillante del centro en ocasiones se conoce como el punto Poisson o el punto de Arago.
13. Examine las sombras de otros objetos poniéndolos en el haz láser expandido. Las puntas de lápiz y alambres son buenos objetos que dan patrones de Fresnel interesantes. Note como los patrones cambian al mover los objetos a lo largo de la dirección del haz. Dibuje alguno de los patrones más interesantes en su cuaderno.

Práctica 6. Difracción de ranura simple e interferencia de doble ranura.

6.1. Introducción.

La difracción de la luz ocurre siempre que la luz ilumina una apertura que tiene dimensiones que son del orden de la longitud de onda que se está utilizando. En el caso de un ranura la cual tiene una apertura angosta que es “infinitamente” alta, la difracción toma lugar en la dirección perpendicular a la pequeña dimensión.

Además, la luz que pasa por una ranura interfiere con la luz de una segunda ranura cercana para producir la interferencia de la primera ranura con el patrón de interferencia de dos fuentes cercanas.

6.2. Objetivo.

En esta práctica se medirán los efectos de la difracción de una ranura simple y de doble ranura.

Se debe tener un cuidado especial para ver a los patrones de difracción debido a que el experimento se desarrolla en un cuarto oscuro y las pupilas se expanden permitiendo que entre 60 veces más luz que en un cuarto iluminado. No vea la reflexión especular directa o el haz láser directamente.

6.3. Material

- 1 ensamble láser (parte LA)
- 2 ensamblajes de guiado de luz (parte BSA-I)
- 1 ensamble de tarjeta (TA-I)
- 1 ensamble de tarjeta (TA-II)
- 1 tarjeta, de ranura simple (TSS)
- 1 tarjeta, de ranura doble (TDS)
- 1 tarjeta índice (parte Q1)
- 1 cinta métrica (parte QW)

6.4 Procedimiento experimental

Monte el banco experimental como se muestra en la figura 1. Donde BSA-I son espejos, en TA-II se coloca una tarjeta en blanco y en TA-I se colocan las tarjetas de ranura simple y de ranura doble.

DIFRACCIÓN DE RANURA SIMPLE.

Cuidadosamente colocar la tarjeta TSS (Ranura simple cuyo ancho es de 0.00508 cm [0.002in]). Acomodar la tarjeta para de manera que el haz incida en el centro de la tarjeta. Ajustar el último espejo para que el haz del láser incida en la ranura. Esto se puede realizar mejor, viendo la parte trasera de la tarjeta (más allá del láser) desde un ángulo de 45 ° y buscando un incandescente brillo rojo. Esto ocurrirá cuando el haz láser (o de parte del haz del láser) esta iluminando la apertura.

Observar la tarjeta en blanco. Cuidadosamente se ajusta el último espejo para producir la imagen brillante. Deberá verse una banda de brillo central con varias franjas de cada lado como se ilustra en la figura 2. Este es el patrón de difracción de una ranura simple.

Marcar en la carta blanca la localización de las bandas oscuras para apreciarse mejor. Nótese que la banda central es más grande que las bandas laterales. Medir la distancia entre el centro de las bandas oscuras y la distancia de la carta con la ranura. Calcular el ángulo de la ranura entre el pico central y la primera banda oscura. Recordar la distancia entre la primera banda oscura es dos veces la distancia entre la parte central y la primera banda negra. Basado en la expresión dada

$$\text{sen } \theta = \lambda / \omega$$

el ángulo es desde el centro de la banda central y la primera banda oscura.

La longitud de onda del láser He-Ne es 633nm, determinar el ancho de la ranura.

Como el ancho de la ranura llega a ser tan pequeño, el ángulo de difracción llega a ser muy grande. Si el ancho de la ranura no es tan pequeño, el seno puede ser reemplazado por su argumento

$$\theta = \lambda / \omega$$

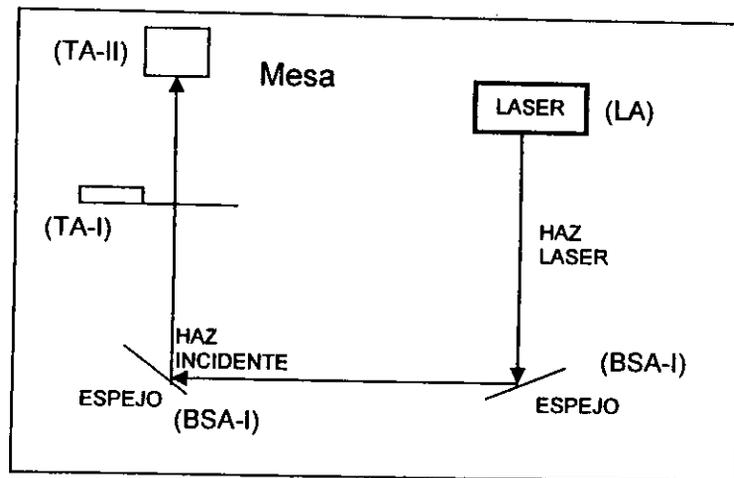


Figura 1. Montaje para observar la difracción de una apertura de ranura.

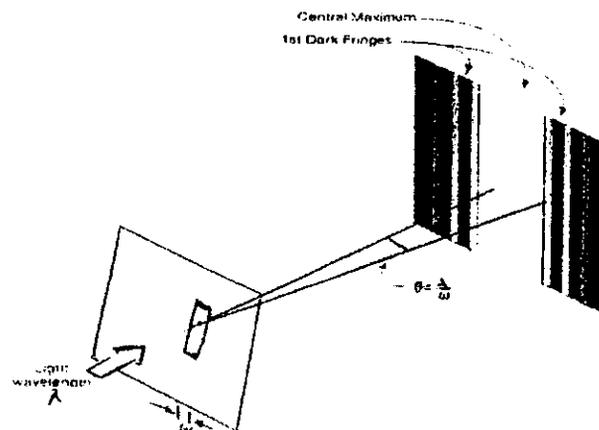


Figura 2. Patrón de difracción de una apertura de ranura.

RANURA DOBLE DE YOUNG

Cambiar la tarjeta TSS por la TDS (Tarjeta de doble ranura) medir la distancia R entre la tarjeta TDS y la carta blanca.

El patrón ahora tendrá una serie de espacios máximos y mínimos con la envolvente del patrón de ranura simple. Estas franjas son el patrón de interferencia de la doble rejilla. Marcar la localización de la mínima x_1, x_2, \dots . Del espacio entre las franjas cercanas. Calcular la separación promedio $\Delta x = x_1 - x_2$. También marcar la localización del mínimo de la banda grande (la posición donde las franjas de interferencia desaparecen)

Calcular la separación de la franja a partir de:

$$\Delta\theta = \Delta x / R$$

A partir de este valor de $\Delta\theta$ y la longitud de onda del láser

$$\Delta\theta = \lambda / d$$

Tomar una tarjeta y cuidadosamente insertarla al frente de una de las ranuras. De esta manera el patrón de interferencia desaparecerá y el patrón de difracción de una sola ranura aparecerá.

Práctica 7. El interferómetro Michelson.

7.1. Introducción.

Un interferómetro es un instrumento que emplea la interferencia de las ondas de luz para realizar mediciones con gran precisión. Se utilizan dos haces de luz que recorren dos trayectorias distintas, por medio de espejos, para después converger y formar un patrón de interferencia.

7.2. Objetivo.

En esta práctica se construirá un interferómetro Michelson y se utilizará para observar pequeños desplazamientos y cambios de índice refractivo. Cuando este arreglo de componentes se utiliza para probar componentes ópticos en luz monocromática se conoce como interferómetro Twyman-Green. El interferómetro Twyman-Green es ampliamente utilizado para pruebas en sistemas ópticos, y proporcionan un medio para medir las aberraciones en esos sistemas ópticos.

7.3. Material

Material

- 1 ensamble láser (parte LA)
- 4 ensamblajes de guiado de luz (parte BSA-I)
- 3 ensamblajes porta lentes (parte LCA)
- 1 ensamble de tarjeta (TA-II) sin base B-2
- 1 kit de lentes (LKIT-2)
- 1 divisor de haz (FK-BS)
- 1 tarjeta índice (parte Q1)
- 1 pedazo de soldadura (QS)

7.4 Procedimiento experimental

1. Monte un ensamble de láser (LA) en la mesa óptica (figura 1). Ajuste la posición del láser hasta que el haz sea paralelo a la orilla de la mesa. Pegue una tarjeta índice con un pequeño agujero (cerca de 2 mm.) al frente del láser, tal que el haz láser pase a través de él. Esta tarjeta se usará como una pantalla para monitorear las reflexiones de los componentes.
2. Monte un ensamble de guiado de haz (BSA-I) aproximadamente a 10 centímetros de la esquina más lejana de la mesa (figura 1). Ajuste la altura del espejo hasta que el haz incida en el centro del espejo. Rote el poste hasta que el haz láser sea paralelo a la orilla izquierda y la superficie de la mesa óptica.
3. ponga un segundo ensamble de guiado de haz (BSA-I) en línea con el haz láser a la esquina izquierda inferior de la mesa óptica (figura 1).
4. ponga un expansor de haz entre los dos primeros BSA-1's. Este expansor de haz genera y expande el plano de onda que es necesario para construir el interferómetro.
5. monte un ensamble porta lentes (LCA) a alrededor de 12 centímetros a la derecha del último BSA-1. Monte un divisor de haz 50/50 en un LCA y rote el ensamble 45 grados a la trayectoria óptica. El haz reflejado fuera de la primera superficie debería

- ser perpendicular a y yendo en la dirección del límite frontal de la mesa. El divisor de haz divide el haz láser entrante en dos componentes iguales para los dos brazos del interferómetro.
6. Ponga un BSA-1 con su espejo centrado alrededor de la trayectoria del haz reflejado y cerca de doce centímetros del divisor de haz tal que el haz es retroreflejado a la tarjeta índice pegada al láser. Este espejo es el espejo de referencia.
 7. Ponga un segundo BSA-1 con su espejo centrado alrededor de la trayectoria del haz transmitido a cerca de 12 centímetros del divisor de haz para interceptar el haz transmitido (figura 1). Ajuste el espejo hasta que el haz sea dirigido hacia atrás de la tarjeta índice pegada al láser. Este espejo es el espejo prueba.
 8. utilice un TA-II (no base) con una tarjeta índice (Q1) como una pantalla de observación del otro lado del divisor de haz desde el espejo de referencia (ver paso 6). Ajuste los espejos en los dos brazos del interferómetro hasta que los dos haces se traslapen en la pantalla. Se deben combinar las reflexiones a la pantalla de observación y en la tarjeta al frente del láser. Alineando los dos haces en la tarjeta al frente del láser es bueno para un alineamiento rápido.
 9. como los dos haces están en coincidencia, una serie de franjas brillosas y oscuras aparecen representando el patrón de interferencia entre los dos frentes de onda. La orientación y separación de las franjas puede ser controlada ajustando los espejos de referencia y de prueba. Usualmente es mejor utilizar un espejo para ajuste. Ajuste el espejo tal que aparezcan aproximadamente cinco franjas a través del haz en la tarjeta. El número de franjas puede variar en una dirección particular o inclinando el espejo de referencia en una dirección perpendicular a la dirección de las franjas. El interferómetro de Michelson está completo.
 10. cualquier curvatura presente en las franjas representa diferencias de fase entre las ondas que han atravesado los dos brazos del interferómetro, i.e. el brazo del espejo de referencia y el brazo del espejo de prueba. En el espejo de referencia se considera perfectamente plano, entonces las curvaturas en las franjas pueden ser debidas al hecho que el espejo bajo prueba no sea plano, pero tiene un gran radio de curvatura o aberraciones. Esas aberraciones causan el plano de onda, generado por el expansor de haz, en el brazo de prueba para salir desde un plano de onda. la interferencia del frente de onda de la onda de referencia con el frente de onda del espejo de prueba creará un patrón de franjas curvadas con separaciones variadas. La cantidad de la salida de una franja curvada desde una línea recta, representa al cambio de fase introducido por el componente bajo prueba. Esta salida, medida en número de franjas, da el doble de la salida del frente de onda de prueba desde el frente de onda de referencia en longitud de onda de la luz láser. La aberración del espejo de prueba (W) se puede calcular con: $W = (\text{cambio de franja})/2$ donde W es expresado en unidades de la longitud de onda del láser utilizado (en este caso la longitud de onda del láser es de 633 nm), y el cambio de franja es la altura de la franja expresada en unidades de la distancia de separación de la franja promedio en el patrón de interferencia. El factor de dos surge del hecho de que la reflexión duplica a la cantidad de aberración.
 11. mueva al segundo lente del expansor de haz lentamente a través del primero. El haz expansor ahora diverge, causando que el frente de onda sea esférico en lugar de

- planar. Las franjas serán circulares y si se ajusta el haz de coincidencia, se puede ver un patrón de un blanco.
12. gire la soldadura (QS), y después de que se caliente en la trayectoria de la luz en el brazo de prueba. Observe los cambios en las franjas alrededor de la punta de la soldadura. El cambio en las franjas se debe al cambio de fase extra introducido por el aire caliente que rodea la punta de la soldadura. El aire caliente tiene una densidad e índice de refracción diferentes al aire frío y consecuentemente los dos brazos tienen unas longitudes de trayectoria óptica diferente.
 13. inserte su dedo en uno de los brazos del interferómetro, tal que su sombra se pueda ver en la pantalla. Note las variaciones en las franjas debidas al calor de su dedo. También mantenga la palma de su mano debajo de uno de los brazos del interferómetro.
 14. empuje al espejo de prueba y note que muy poca fuerza lleva a pequeñas deflexiones del espejo de prueba. Esas deflexiones pueden ser medidas por el cambio en las franjas. Para cada franja que se mueve paso un punto en el centro del patrón que el espejo ha movido una media longitud de onda a lo largo de la dirección de haz. Trate de idear un medio de mover lentamente un espejo, si el movimiento es lo suficientemente lento se puede contar el número de franjas y determinar el desplazamiento del espejo.
 15. otro medio de cambiar la trayectoria óptica en el interferómetro es insertar un material transparente, como una lamina de microscopio u otro material plano, en uno de los brazos. la salida del patrón de franja desde el sistema no disturbada es una medida del índice refractivo y variación del espesor en el material.

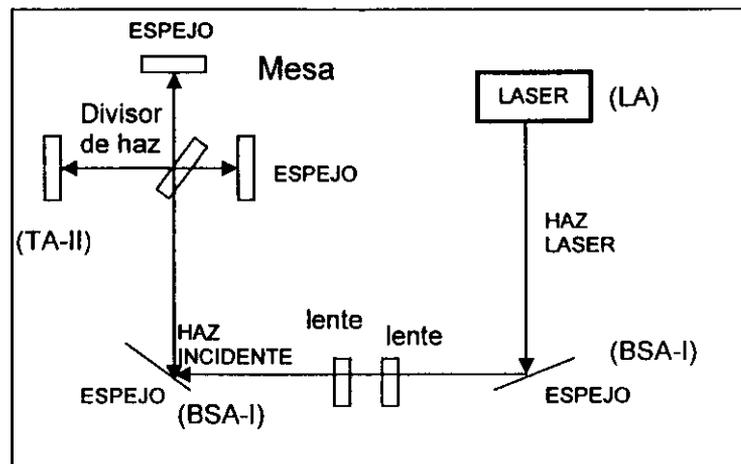


Figura 1. Interferómetro de Michelson.

MEDICIÓN DE DISTANCIA

Dependencia del tiempo de las franjas

1. Con el interferómetro de Michelson, haga un monitoreo del cambio en el patrón de franja en función del tiempo. Usualmente los cambios térmicos causaran pequeñas expansiones y contracciones en las distancias componentes y resultara en un cambio de las franjas con el tiempo.

Dependencia de la vibración con las franjas

2. de golpes en la superficie de la mesa y haga un monitoreo de los cambios en las franjas. ¿Cuanto le toma a la vibración establecerse? ¿Detecta cualquier movimiento vibracional cuando golpe una puerta, camina a través de un cuarto, o brinca? Algunas mesas tienen amortiguador de aire o resortes para aislar un sistema óptico como al interferómetro Michelson de las vibraciones del mundo real.

Detector del movimiento

3. este es un experimento mas elaborado y requiere un detector de luz como una fotocelda o fototransistor. Reemplace a la pantalla de observación con el detector y un gran agujero que permita el paso de una sola franja. Cuando el patrón de franja mueve a la luz en el detector creara alternativamente señales intensas y suaves. Si el detector se conecta con un amplificador y audio y una bocina., la señal alterna proporcionara un sonido audible. La frecuencia del sonido dependerá del número de franjas por segundo que barre al agujero. Debido a que cada franja representa una media longitud de onda del movimiento del espejo, el tono de la onda del sonido representa a la velocidad de movimiento del espejo.

2. Mida el voltaje en R_1 cuando la celda este en oscuridad: $V_O = \underline{\hspace{2cm}}$
3. Mida el voltaje en R_1 cuando la celda se exponga a la luz $V_O = \underline{\hspace{2cm}}$
4. Quitando el foto-resistor del circuito o sin voltaje aplicado, mida la resistencia del foto-resistor cuando este en oscuridad. $R_D = \underline{\hspace{2cm}}$
5. Repetir el inciso anterior con el foto-resistor iluminado. $R_L = \underline{\hspace{2cm}}$

AMPLIFICADOR CON FOTO-RESISTOR (CONTROL DE GANANCIA)

6. Arme el circuito de la figura 2. La celda es utilizada en el lazo de retroalimentación del amplificador. Cuando la luz incida en la celda su resistencias disminuye y también su ganancia. La ganancia del amplificador esta determinada por $A = R_F/R_1$. Alimente el amplificador con una señal senoidal de 1 KHz y un volt de intensidad.

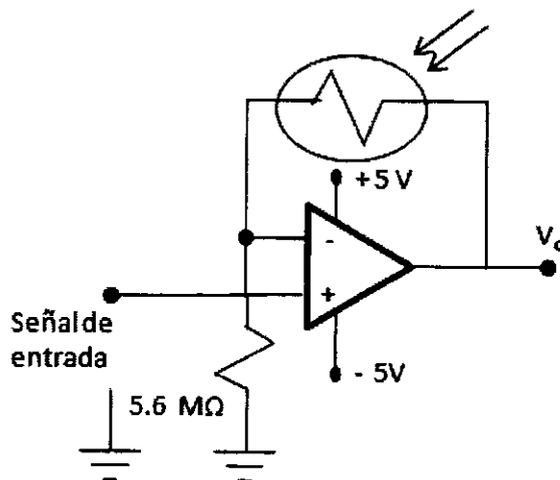


Figura 2. Amplificador con foto-resistor

7. Mida el voltaje de salida cuando la celda esta en oscuridad, $V_o(\text{oscuridad}) = \underline{\hspace{2cm}}$
8. Mida el voltaje de salida cuando la celda es iluminada , $V_o(\text{iluminada}) = \underline{\hspace{2cm}}$
9. ¿ La luz en el sensor causa una reducción en la etapa de ganancia ? $\underline{\hspace{2cm}}$

OSCILADOR CON FOTO-RESISTOR

10. Arme el circuito oscilador con foto-resistor de la figura 3.La frecuencia de oscilación depende de la cantidad de radiación de luz.

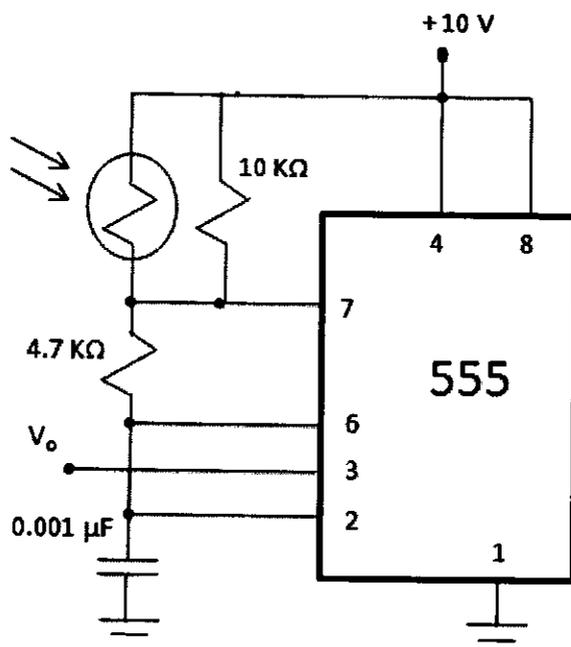


Figura 3. Oscilador con foto-resistor

11. Obtenga la frecuencia de oscilación cuando la celda este en oscuridad,
 $F_o(\text{oscuridad}) = \underline{\hspace{2cm}}$
12. Obtenga la frecuencia de oscilación cuando la celda este iluminada,
 $F_o(\text{iluminada}) = \underline{\hspace{2cm}}$
13. Grafique la forma de onda de V_o cuando la celda este iluminada.
14. ¿ Se incrementa o decrementa la frecuencia con la luz ?
15. ¿ El foto-resistor controla t_1 o t_2 mostrados en la figura 4 ?

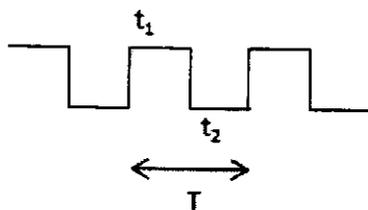


Figura 4. Diagrama de respuesta temporal del IC 555

PRACTICA 9. EL OPTOACOPLADOR (OPTO AISLADOR)

9.1 INTRODUCCIÓN.

Cuando se combina una fuente LED en la misma capsula con algun tipo de detector de semiconductor el dispositivo se conoce como optoacoplador u optoaislador. La luz (normalmente infrarroja) emitida por el LED llega al fotodetector atravesando un medio transparente o un espacio de aire. Este dispositivo permite el acoplamiento de senales entre dos circuitos electronicos independientes y totalmente aislados entre si. Estos dispositivos pueden alcanzar aislamientos entre 2000 y 3750 V y aun mayores.

9.2 MATERIAL Y EQUIPO

- 1 optoacoplador
- 1 optoacoplador con salida Darlington
- 1 resistencia de 820 Ω
- 1 resistencia de 470 Ω
- 1 capacitor de 47 μF
- 1 capacitor de 1 μF
- 1 fuente de 10 volts
- 1 generador de funciones
- 1 multmetro
- 1 osciloscopio

9.3 OBJETIVO

Evaluar las características de desempeño de un optoacoplador clásico y un optoacoplador con salida Darlington.

9.4 PROCEDIMIENTO

1. Arme el circuito de la figura 1. En esta aplicación se deberían de utilizar dos fuentes separadas. Para propósitos experimentales si la fuente tiene una tierra común, las terminales 2 y 4 son aterrizadas. Si se tiene disponibilidad de fuentes flotadas, deberían de utilizarse. La capacidad de aislamiento de alto voltaje del acoplador no se esta evaluando, por lo tanto se puede utilizar una tierra común.
2. Determine el $CTR = I_c/I_f$, (Current Transfer Ratio) del dispositivo. $CTR =$ _____
3. Con el generador de funciones obtenga una señal positiva de onda cuadrada de aproximadamente 1 KHz. Ajuste la amplitud observando V_o . No sature al sensor. Anote el voltaje de salida $V_{o(p-p)} =$ _____. anote el voltaje de entrada $V_{in(p-p)} =$ _____. dibuje la señal de salida.
4. Cambie la polaridad de pulso a negativa, y dibuje de nuevo los voltajes p-p de entrada y de salida.
5. Aumente la frecuencia y determine el punto a 3 dB (0.7 veces el máximo de la altura de la señal). $f_{3dB} =$ _____.
6. Dibuje la forma de onda a la salida.

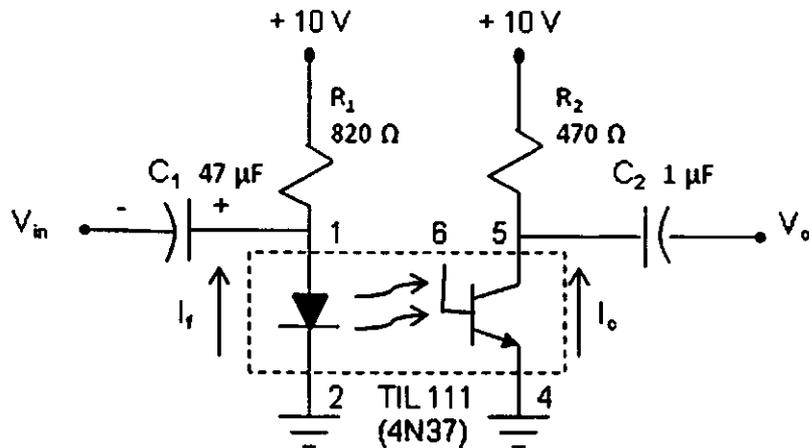


Figura 1. Circuito para evaluación del optoacoplador

7. Arme el circuito con salida Darlington, como se muestra en la figura 2.
8. Obtenga el $CTR = I_c/I_f$, (Current Transfer Ratio) del dispositivo. $CTR =$ _____
9. Determine si el optoacoplador con salida Darlington tiene una respuesta en frecuencia menor repitiendo la prueba del pulso (paso 5). Utilice una onda seno de 1 KHz a la entrada, y ajuste su nivel tal que V_o no se sature. A un salida p-p normal, mida el voltaje de salida $V_{o(p-p)} =$ _____. anote el voltaje de entrada $V_{in(p-p)} =$ _____. obtenga el valor de ganancia o perdida _____.

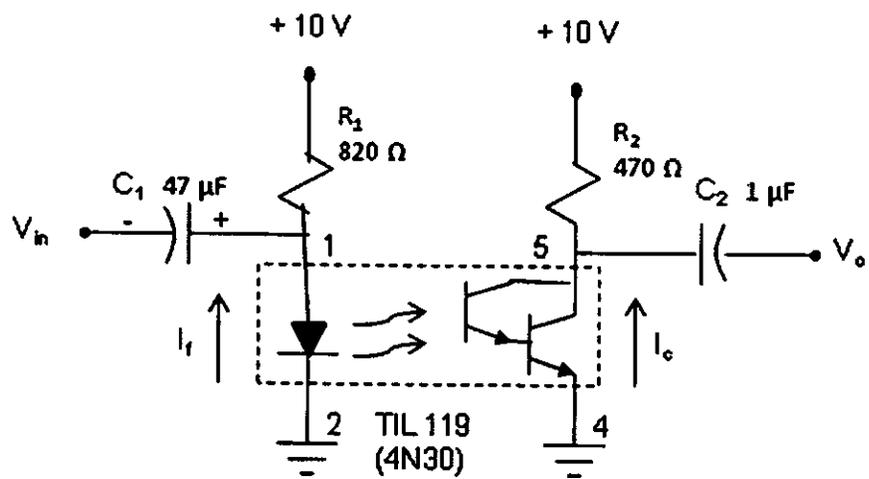


Figura 2. Circuito del optoacoplador utilizando una salida Darlington.

PRACTICA 10. EMISORES DE LUZ

10.1 INTRODUCCIÓN

Las fuentes luminosas o emisores de luz son dispositivos de conversión de una señal eléctrica a una señal óptica. Estos dispositivos optoelectrónicos tienen muchas aplicaciones prácticas: iluminación, telecomunicaciones, sensores, etc. Las fuentes emisoras de luz más utilizadas para las aplicaciones mencionadas son: el LED visible, el LED infrarrojo, y el LÁSER.

10.2 MATERIAL Y EQUIPO

1 LED Visible
1 LED Infrarrojo
1 fotodetector (fototransistor)
2 resistencias de 1 K Ω
1 potenciómetro de 10 K Ω
1 fuente (- 5V y + 15 V)
1 multímetro

10.3 OBJETIVO

Evaluar el patrón de emisión de los dispositivos LED visible y LED infrarrojo.

10.4 PROCEDIMIENTO

1. Arme el circuito de la figura 1 utilizando un LED y un fotodetector. Monte al LED y al fotodetector sobre una pieza de papel con líneas dibujadas cada 10 grados (ver figura 2). Reduzca la luz al mínimo.
2. Coloque al LED a la línea de cero grados.
3. Alimente al circuito detector y obtenga el voltaje entre el colector y el emisor con un voltímetro.
4. Ponga al detector sobre la línea de cero grados, apuntando al LED, y obtenga el voltaje entre el colector y el emisor .
5. Mueva al detector hasta la línea de + 40 grados y, después moverlo a cada línea, terminando en la línea de - 40 grados. Mida el voltaje entre el colector y el emisor para cada posición. Llene la tabla 1 con estos datos.
6. Calcule la corriente en el LED al punto de 0 grados
7. Reemplace al LED con un IRED. Repita los pasos 3 a 6 para el IRED.
8. Construya una grafica de las lecturas del voltaje en función del ángulo en grados para el LED y el IRED.
9. De la grafica. cual emisor tiene el patrón mas concentrado ?.

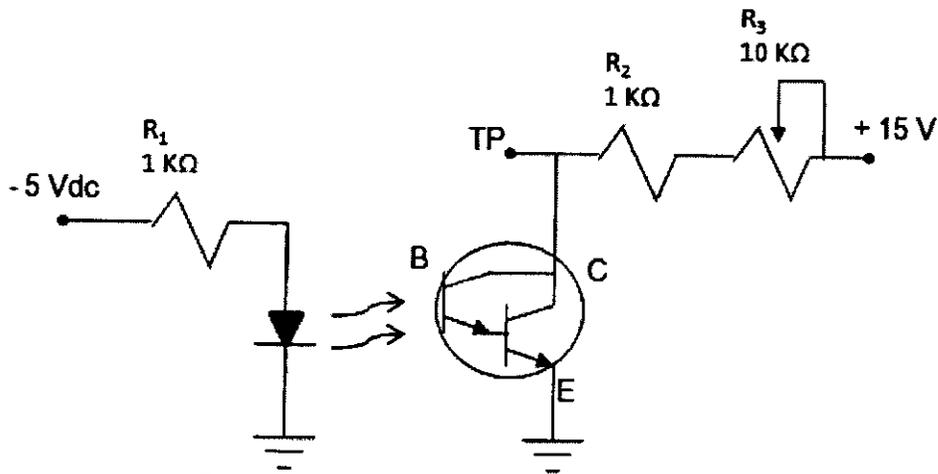


Figura 1. Circuito de LED y foto detector.

ángulo	LED	IRED
+ 40		
+ 30		
+ 20		
+ 15		
+ 10		
+ 5		
0		
- 5		
- 10		
- 15		
- 20		
- 30		
- 40		

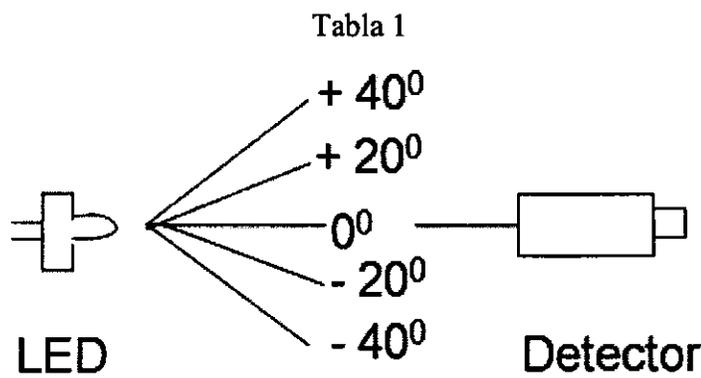


Figura 2. Líneas anguladas para medir el LED.