

# Laboratorio 5. Óptica Geométrica

Carlos Alberto Dagua Conda, Hector Fabio Jimenez Saldarriaga,  
Juan Camilo Castrillon,\*

Febrero 2016

## 1 Abstract

In this paper we study experimentally different phenomena arising in geometrical optics like RGB color model, reflection and refraction. This is approach knowledge to introduce the basic concepts, however there is unknown that the geometrical optics does not account for certain effects such as diffraction and interference.

## 2 Introducción

La Óptica Geométrica fue desarrollada antes de que la luz se describiese como una onda electromagnética, y proporciona de forma simple parte de la información que puede obtenerse de las ecuaciones de Maxwell, siempre que la longitud de onda de la luz sea mucho menor que las dimensiones de los objetos que se interpongan en su camino.

La luz, cuando se propaga en el vacío lo hace de forma rectilínea y sin perturbaciones, pero cuando alcanza una partícula material, ésta se convierte en emisor de ondas secundarias que se propagan en distintas direcciones, dependiendo del tamaño y de las propiedades ópticas de la partícula. En esto consiste la dispersión de la luz, fenómeno que, por ejemplo, permite ver la trayectoria de un haz láser.

Cuando un rayo láser incide sobre la superficie de separación entre dos medios, pueden ocurrir distintos fenómenos:

1. absorción (como cuando incide sobre un trozo de papel negro).
2. reflexión múltiple en diversas direcciones (al incidir sobre una superficie rugosa, p. ej. papel blanco).
3. reflexión (incidiendo en una superficie pulida, el rayo se refleja en una sola dirección).
4. refracción (el haz es transmitido al otro medio)

---

\*carlosdaguo@utp.edu.co, hfjimenez@utp.edu.co, jucacastrillon@utp.edu.co

### 3 (5.6.1) Suma de Colores

#### 3.1 Análisis

colores añadidos	color resultante
rojo+azul+verde	blanco
rojo+azul	rosado
rojo+verde	amarillo
verde+azul	azul cyan

Table 1: *Colores obtenidos al bloquear individualmente cada color.*

##### 3.1.1

La práctica que realizamos de suma de colores tenía como objetivo utilizar los diferentes tipos de lentes, concavo, convexo y trapezoide Véase Fig. 1, y percibir el fenómeno óptico con las diferentes configuraciones que permitían los tres colores primarios.

Experimentalmente al utilizar la fuente de luz OS-8470 PASCO con una distancia focal de 100mm, nos dimos cuenta que si realizábamos la mezcla de todos los colores (modelo RGB) presentes en el filtro Rojo, Azul y Verde obteníamos un color resultante Blanco, obedeciendo a un término en óptica que se conoce como suma adictiva de color, una teoría establecida por Maxwell en el siglo XVIII, esto también demostró como nosotros percibimos los colores en nuestro entorno. Si realizáramos esta misma prueba con pinturas de los colores enunciados anteriormente obtendríamos un resultado inverso, es decir, color negro porque hay una síntesis sustractiva, además estas absorben ciertas longitudes de onda y reflejan otras.

##### 3.1.2

Básicamente los colores se dividen en primarios, secundarios y terciarios es posible a partir de combinaciones que se obtienen por la superposición de ondas con longitudes que se extienden a través de todo el espectro visible diferentes colores. Por ejemplo el amarillo, este es una mezcla de dos colores primarios rojo y verde. Se puede observar claramente como la mezcla de los colores primarios como lo son el rojo, azul y verde al superponerse abarcan todas las longitudes de onda posibles dando como resultado el color blanco o lo que se conoce como luz blanca.

Cuando se realizaba experimentalmente en el laboratorio la anulación de uno de los tres colores o sombras podíamos notar que esta suma de colores nos mostraba siempre un color secundario o derivado, al mezclar todos los colores obteníamos la luz blanca.

La rapidez de la luz en el vacío es la misma para todas las longitudes de onda,

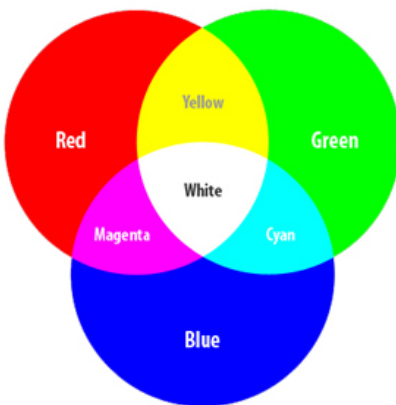


Figure 1: Mezcla de colores aditiva

pero la rapidez en una sustancia material es diferente para distintas longitudes de onda. En consecuencia, el índice de refracción de un material depende de la longitud de onda.

## 4 (5.6.2) Ley de Snell

### 4.1 Análisis

#### 4.1.1

Ángulo de Incidencia (°)	Ángulo de Refracción (°)	Índice de Refracción calculado
25	25	1.53
10	14	1.25
28	26	1.44
	Promedio:	1.41

Table 2: *Angulos de incidencia y refracción para el trapezoide.*

#### 4.1.2

Valor teorico para el indice de refracción del acrilico

$$n = 1.25 \quad (1)$$

$$\%Error = \frac{|Valor\ esperado - Valor\ experimental|}{Valoresperado} * 100\% \quad (2)$$

$$\%Error = 6\% \quad (3)$$

Nota: Se observó un error relativamente bajo por lo que se concluyen que los datos tomados han sido de confianza para este experimento.

$$incertidumbre = 1.5 - 1.41 = 0.09 \quad (4)$$

$$incertidumbre = 1.5 + 0.09 = 1.59 - incertidumbre = 1.5 - 0.09 = 1.41 \quad (5)$$

#### 4.1.3

Cuando un rayo de luz llega a una superficie reflectora formando un ángulo de incidencia  $\theta_i$  con la normal a dicha superficie, se refleja en la superficie formando un ángulo de reflexión  $\theta_r$  con la misma normal.

#### 4.1.4

Dado que en las muestras tomadas en el laboratorio escribimos el ángulo crítico partiendo desde la normal  $\frac{\theta}{2}$ , para este caso tomaremos ese mismo  $\frac{\theta}{2}$  conociendo que el valor del ángulo crítico  $\theta = 90^\circ$  por ende  $\frac{\theta}{2} = 45^\circ$ .

N	Ángulo crítico <sub>exp.</sub> (°)	Ángulo crítico <sub>teo.</sub>	%Error
1	42.0	45	6.6
2	45.0	45	0.0
3	42.5	45	5.5

Table 3: *Calculo del ángulo crítico de un trapezoide.*

Color	Ángulo crítico <sub>exp.</sub> (°)	Ángulo crítico <sub>teo.</sub>	%Error
Rojo	38.5	45	14.4
Azul	36.0	45	20.0
Verde	34.0	45	24.9

Table 4: *Calculo del ángulo crítico de un trapezoide, colores.*

#### 4.1.5

A medida que el ángulo del rayo incidente se acerca al ángulo crítico, este empezará a tomar una mayor intensidad luminosa hasta que dado el punto en el que el rayo incidente llegue a su ángulo crítico el rayo que se refracta toma un nivel de luminosidad muy similar al rayo incidente.

#### 4.1.6

Aunque todos los colores tienen la misma velocidad de propagación en el aire y en el vacío, esto no ocurre en ciertos materiales.

Debido a que (en un medio dispersivo) el índice de refracción varía con la frecuencia, luces de distintos colores sufrirán una mayor o menor refracción al atravesar estos medios. La luz roja, por ejemplo, sufre una menor desviación que la violeta produciéndose la separación de los distintos colores.

Lo cual pudimos corroborar en el experimento ya que cada color presente un ángulo crítico distinto .

## 5 (5.6.3) Óptica Geométrica

### 5.1 Análisis

D. ima-obj (cm)	D. len-obj (cm)	D. len-ima (cm)	Tam. obj	Tam. ima (cm)
100	87.5	12.5	4	0.5
90	88.5	12.8	4	0.8
80	67.3	13.1	4	1.0
70	66.5	13.7	4	1.2
60	47.3	14.5	4	1.4
50	33.5	16.5	4	1.6

Table 5: *Distancia más pequeña entre la lente y la imagen.*

D. ima-obj (cm)	D. len-obj (cm)	D. len-ima (cm)	Tam. obj	Tam. ima (cm)
100	12.5	87.5	4	14.5
90	12.7	77.5	4	13.0
80	13.0	67.0	4	10.5
70	14.0	56.6	4	8.5
60	14.5	46.0	4	7.0
50	15.5	34.5	4	4.5

Table 6: *Distancia más grande entre la lente y la imagen.*

### 5.1.1

Calcule  $1/dO$  y  $1/di$  para todos los valores de la Tabla 5 y 6

$1/dO \text{ (cm}^{-1}\text{)}$	$1/di \text{ (cm}^{-1}\text{)}$	$f_{exp.} \text{ (cm)}$
0.011	0.080	10.9
0.011	0.078	11.2
0.015	0.076	11.0
0.015	0.073	11.4
0.021	0.069	11.1
0.030	0.061	11.1
	Promedio:	11.1

Table 7: *Distancia más grande entre la lente y la imagen.*

$1/dO \text{ (cm}^{-1}\text{)}$	$1/di \text{ (cm}^{-1}\text{)}$	$f_{exp.} \text{ (cm)}$
0.080	0.011	10.9
0.079	0.013	10.9
0.077	0.015	10.9
0.071	0.018	11.2
0.069	0.022	11.0
0.065	0.029	10.7
	Promedio:	10.9

Table 8: *Distancia más grande entre la lente y la imagen.*

### 5.1.2

Grafique en Excel  $1/dO$  (eje Y) y  $1/di$  (eje X). (Vease la Figura 2 y 3)

### 5.1.3

$$y_1 = -0.9802x + 0.0887 \quad (6)$$

$$y_2 = -0.9136x + 0.0898 \quad (7)$$

La ecuación teorica de la distancia focal es:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{dO} + \frac{1}{di} \quad (8)$$

Forma general lineal

$$y = mx \pm b \quad (9)$$

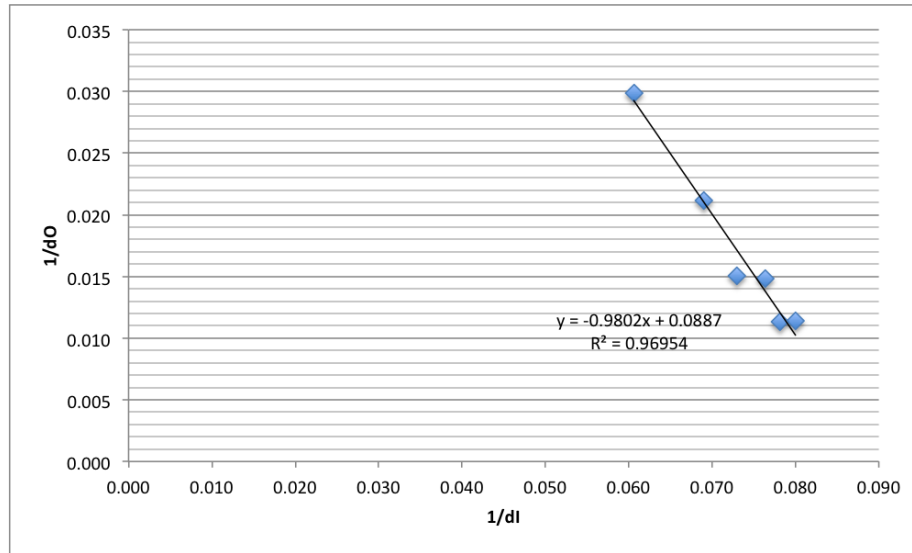


Figure 2: Distancia más pequeña entre la lente y la imagen, Tabla 7.

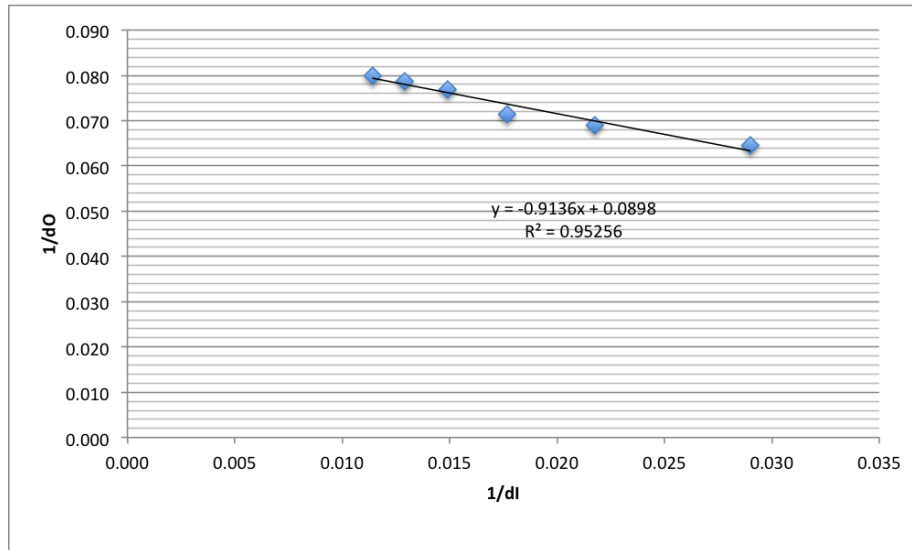


Figure 3: Distancia más grande entre la lente y la imagen Tabla 8.

Comparando, se obtien la siguiente relación:

$$\frac{1}{d_o} = y \quad \frac{1}{d_i} = x \quad \frac{1}{f} = b \quad (10)$$

Por lo tanto, el promedio de la distancia focal experimental (*Vease Tabla 7 y 8*)

que se obtiene para la distancia más pequeña entre la lente y la imagen es igual a:

$$f_1 = 11.1 \text{ cm} = 111 \text{ mm} \quad (11)$$

La distancia según el fabricante es de:

$$f = 100 \text{ mm} \quad (12)$$

Por lo tanto el error porcentual es:

$$\%Error = 11\% \quad (13)$$

el promedio de la distancia focal experimental (*Vease Tabla 7 y 8*) que se obtiene para la distancia más grande entre la lente y la imagen es igual a:

$$f_2 = 10.9 \text{ cm} = 109 \text{ mm} \quad (14)$$

La distancia según el fabricante es de:

$$f = 100 \text{ mm} \quad (15)$$

Por lo tanto el error porcentual es:

$$\%Error = 9\% \quad (16)$$

#### 5.1.4

(*Vease Tabla 9 y 10*)

Magnificación: (M=di/dO)	M <sub>esp.</sub>
	0.143
	0.145
	0.195
	0.206
	0.307
	0.493
Promedio:	0.248

Table 9: *Distancia más pequeña entre la lente y la imagen.*

#### 5.1.5

(*Vease Tabla 11 y 12*)



Magnificación: (M=di/dO)	M <sub>esp.</sub>
	7.000
	6.102
	5.154
	4.043
	3.172
	2.226
Promedio:	4.616

Table 10: *Distancia más grande entre la lente y la imagen.*

Magnificación: (T=Ti/TO)	M <sub>exp.</sub>
	0.125
	0.200
	0.250
	0.300
	0.350
	0.400
Promedio:	0.271

Table 11: *Distancia más pequeña entre la lente y la imagen.*

Magnificación: (T=Ti/TO)	M <sub>exp.</sub>
	3.625
	3.250
	2.625
	2.125
	1.750
	1.125
Promedio:	3.417

Table 12: *Distancia más grande entre la lente y la imagen.*

### 5.1.6

Para representar el error porcentual entre el *Valor experimental* y el *Valor esperado* tomado en la medida se sigue la siguiente ecuación:

$$\%Error = \frac{|Valor\ esperado - Valor\ experimental|}{Valoresperado} * 100\% \quad (17)$$

Para la distancia más pequeña entre la lente y la imagen tenemos:

$$\%Error = \frac{|0.248 - 0.271|}{0.248} * 100\% \quad (18)$$

$$\%Error = 9.27\% \quad (19)$$

Para la distancia más grande entre la lente y la imagen tenemos:

$$\%Error = \frac{|4.616 - 3.417|}{4.16} * 100\% \quad (20)$$

$$\%Error = 25,97\% \quad (21)$$

### 5.1.7

La imagen real es aquella que se forma cuando, tras pasar por el sistema óptico, los rayos de luz son convergentes.

Esta imagen no la podemos percibir directamente con nuestro sentido de la vista, pero puede registrarse colocando una pantalla en el lugar donde convergen los rayos.

La formación de imágenes que se pudo observar en el laboratorio através de un lente convexo sugiere que aquellas imágenes que se forman cuando los rayos de luz que describen una trayectoria chocan contra una pared y permite la visualización de una imagen real y con modificación en su tamaño, dependiendo de la posición del objeto (fuente de luz).

Al realizar un análisis de la trayectorias de los rayos en una lente convergente y la con base en los conceptos básicos adquiridos en el laboratorio identificamos que la imagen no fue virtual, tipo de lente, y tampoco estaba invertida, a nivel experimental se pudo comprobar que la lente era convergente y la formación de la imagen real.

## 6 Bibliografía

- [1] [https://es.wikipedia.org/wiki/Imagen\\_óptica](https://es.wikipedia.org/wiki/Imagen_óptica)
- [2] <https://www.morehouse.edu/facstaff/cmoore/Phy254LawsOfGeometricalOptics.html>
- [3] Raymond A. Serway Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics.
- [4] Sears and Zemansky's University Physics.
- [5] Eugene Hecht, Optics