



Formación de Imágenes por Espejos y Lentes Esféricos

Image Formation by Mirrors and Spherical Lenses

Olivencia Dapena, Carlos H.; Colón Fuentes, Anthony; Cruz Mercado, Christian G.

Sec. 026

Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez.
Departamento de física, Laboratorio Física II.
Diciembre 12 de 2017

Resumen

Se formó imágenes reales con espejos esféricos. Se documentó las características y la localización de las imágenes reales. Se determinó la ecuación matemática que relaciona la longitud focal de un espejo esférico con la distancia del objeto al espejo y la distancia de la imagen. Se determinó la ecuación matemática que la relaciona la magnificación lateral de un espejo con la distancia del objeto al espejo y la distancia de la imagen del espejo. Se documentó las características y la localización de las imágenes reales formadas por un lente convergente. Se determinó la ecuación matemática que relaciona la longitud focal de un lente convergente con la distancia del objeto al lente y la distancia de la imagen al lente. Se determinó la ecuación matemática que relaciona la magnificación lateral de un lente con la distancia del objeto al lente y la distancia de la imagen al lente. Se colocó una caja de rayos sobre un papel blanco y se usó el modo de cinco rendijas. Se colocó un espejo triple, usando la parte plana. Se reflejó la luz al espejo y se dibujó el reflejo de los rayos. Luego se puso el espejo con la parte cóncava hacia los rayos y se dibujó el reflejo. Luego se puso el espejo con la parte convexa hacia los rayos y se dibujó el reflejo. Se montó un banco óptico con el arreglo lámpara, pantalla y espejo. Se tomó datos a diferentes distancias y se graficó. Las pendientes $m_1 = -.310$, $m_2 = -1.24$ y el intercepto $b_1 = 59.6$ y $b_2 = .0455$. Se colocó la caja de rayos con dos lentes diferentes y se dibujó el reflejo. Luego se armó el banco óptico con el arreglo lámpara, lente y pantalla. Se midieron diferentes escenarios a diferentes distancias y se hicieron dos gráficas. Las pendientes fueron $m_3 = -.520$, $m_4 = -.0862$ y el intercepto $b_3 = 84.8$ y $b_4 = .018$.

Palabras claves: imágenes, espejos, focal, magnificación, convergente, convexa, lente, pantalla, rayos, lámpara

Abstract

Non-fiction images were created with a spherical glass. The characteristics and location of the images were observe. The mathematical equation was determine of the relation of focal longitude of the spherical glass with the distance of the object and the distance of the image. The mathematical equation of the relation of the lateral magnification of the glass with the object and the distance of the object. The characteristics and location of nonfiction images by convergent mirrors. The mathematical equation that relates the focal longitude of a convergent glass with the distance of the object and the distance of the image as determine. The mathematical equation that relates the lateral magnification and the distance of the glass and the distance of the image. A ray box was put over a white piece of paper and a three sided mirror was used to draw the reflections. An optic rail was set with a lamp, screen, and glass. Measures were taken in different scenarios and graphs were made. Slope were $m_1 = -.310$, $m_2 = -1.24$ and the intercept $b_1 = 59.6$ and $b_2 = .0455$. Lamp was set up and two different glasses and the reflections were drawn. An optic rail was set up with a lamp, mirror, and a screen. Measures were taken in different scenarios and two graphs were made. Slope were $m_3 = -.520$, $m_4 = -.0862$ and the intercepts $b_3 = 84.8$ and $b_4 = .018$

1. Introducción

La **Óptica** es la ciencia que estudia el comportamiento de la radiación electromagnética, sus características y sus manifestaciones. La **radiación electromagnética** es un tipo de campo **electromagnético** variable, es decir, una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro, como por ejemplo la luz como se muestra en la *Figura 1*. Los objetos se ven en una de dos formas: **1.** el objeto puede ser una *fente* de luz, como una bombilla eléctrica, una flama o una estrella, en cuyo caso se ve la luz emitida directamente de la fuente; **2.** el objeto se ve gracias a la luz que se *refleja* en él. Cuando la luz incide sobre la superficie de un objeto, parte de la luz se refleja. El resto puede ser absorbido por el objeto (y transformarse en energía térmica) o, si el objeto es transparente como el vidrio o el agua, una parte se transmite a través de él. Cuando la luz incide sobre una superficie rugosa, la luz se refleja en muchas direcciones, como se muestra en la *Figura 2*. A esto se le llama **reflexión difusa**. Un espejo forma una imagen de un objeto cuando se aproxima a él. Un espejo esférico se llama **convexo** si la reflexión tiene lugar en la superficie exterior de la forma esférica, de manera que el centro de la superficie del espejo sobresale hacia el observador (*Figura 3*). Un espejo se llama **cóncavo** si la superficie reflectante está en la superficie interior de la esfera, de manera que el centro del espejo se aleja del observador (*Figura 4*). Si un rayo de luz incide en un ángulo con la superficie (de manera que no sean perpendiculares), el rayo cambia de dirección conforme entra al nuevo

medio.

Este cambio en dirección, o desviación, se llama **refracción**, como se muestra en la *Figura 5*. En este laboratorio se pudo estudiar la formación de imágenes por dos métodos: por espejos esféricos y por lentes esféricas! En ambos casos las imágenes se proyectan por su geometría pero en el caso de los espejos es obedeciendo las leyes de reflexión. Estos son capaces de desviar los rayos de luz de forma tal que estos se converjan o se diverjan formando así lo que se conoce como imágenes reales o virtuales de objetos. En el caso de los lentes estos obedecen las leyes de refracción lo cuales son capaces de refractar los rayos de luz que inciden en estos de forma tal que estos converjan o diverjan después de atravesarlas para formar dichas imágenes. La localización de estas imágenes va a depender de la localización del objeto, la longitud del lente o espejo entre otros factores.

Figura 1. Onda Electromagnética

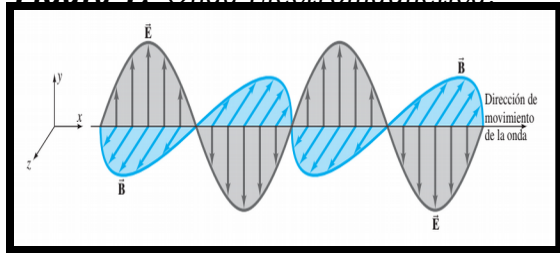


Figura 2 Reflexión difusa sobre una superficie rugosa

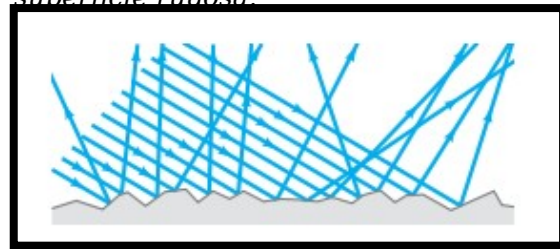


Figura 3. Diagrama espejo convexo.

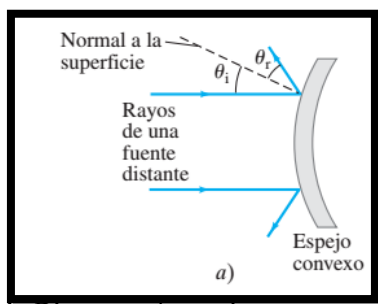


Figura 4. Diagrama de espejo cóncavo.

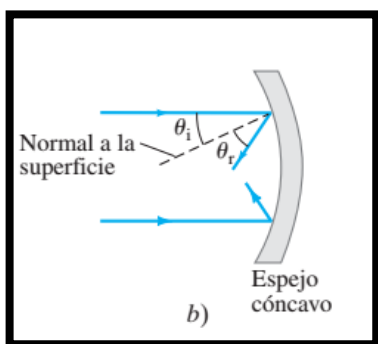
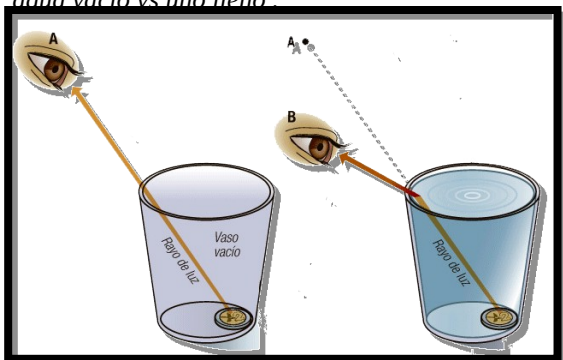


Figura 5. Refracción de la luz, en un vaso de agua vacío vs uno lleno.



2. Procedimiento Experimental

Para la realización de este experimento los materiales usados fueron:

- ✓ 1 espejo triple (parte cóncava, convexa y una plana)
- ✓ 1 caja de rayos
- ✓ 1 Lámpara
- ✓ 1 pantalla
- ✓ 1 espejo con longitud focal de +250 mm
- ✓ 1 lente convergente y uno divergente

- ✓ 1 lente con longitud focal de +100 mm
- ✓ 1 regla métrica

Primero se colocó la caja de rayos sobre un papel blanco y uso el modo de cinco (5) rendijas. Luego se encendió la lámpara de la caja. Después se colocó el lente que tiene la forma que se mostraba en la Figura 5 tal que los cinco rayos pasaran a través de éste (como en la figura 5). Se dibujó en la figura 3 los rayos refractados por el lente. Se removió el lente convergente y se colocó ahora el otro lente que se le provee tal que los cinco rayos pasen a través de este. Se roto el espejo triple y colocho la cara cóncava como se muestra en la figura 4. Se dibujó en la figura 3 dibuje los rayos reflejados por el espejo. Luego se roto el espejo triple y se colocó la cara convexa como se muestra en la figura 4. Se dibujó en la figura 4 los rayos reflejados por el espejo. Después se armó en el banco óptico el arreglo experimental que se muestra en la figura 5. Luego se colocó el espejo con la longitud focal de +250 mm en la posición que marca 0 cm en la cinta de medir del blanco óptico. Después se colocó la lámpara en el modo de "objeto" en la marca de 100 cm y la pantalla pequeña entre el espejo y la lámpara. Se midió la altura de la flecha vertical en el "objeto" ho. Se encendió la lámpara y se movió la pantalla hasta encontrar la imagen del objeto producida por el espejo. Se buscó la posición donde la imagen aparece clara ("en foco"). Después se movió el objeto según lo indico el instructor (posiciones indicadas por d_0), se tomaron las medidas de posición (d ,) y tamaño de la flecha vertical (h ,) de la imagen y se completó la tabla 1 Se corrió el DataStudioTM y se seleccionó Enter Data. Se graficó d_1 vs. d . Para la segunda parte del experimento se colocó la caja de rayos sobre un papel blanco y use el modo de cinco (5) rendijas. Luego se encendió la lámpara de la caja. Se colocó el lente que tiene la forma que se muestra en la figura 2 tal que los cinco rayos pasen a través de este (como en la figura 2). Se dibujó en la figura 3 los rayos refractados por el lente. Se removió el lente convergente y se colocó ahora el otro lente que se le provee tal que los cinco rayos pasaran a través de este. Se dibujó en la figura 4 los rayos refractados por el

lente. En el banco Óptico se armó el arreglo experimental que se mostró en la figura 5. Luego se colocó el lente con la longitud focal de +100 mm en la posición que marca 50 cm en la cinta de medir del banco óptico. Se colocó la lámpara en el modo de "objeto" en la marca de 0 cm y la pantalla al lado opuesto. Se midió la altura de la flecha vertical en el "objeto" h_o . Se encendió la lámpara y se movió la pantalla hasta encontrar la imagen del objeto producida por el lente. Se buscó la posición donde la imagen aparece clara ("en foco"). Luego se movió el objeto según se indica en la Tabla 1 (posiciones indicadas por x), se tomaron las medidas de posición (x_i) y tamaño de la flecha vertical (h_i) de la imagen y se completó la Tabla 1.

Figura 5. Montura del equipo del experimento de la Formación de imágenes a partir de espejos esféricos. (Espejo Cóncavo)

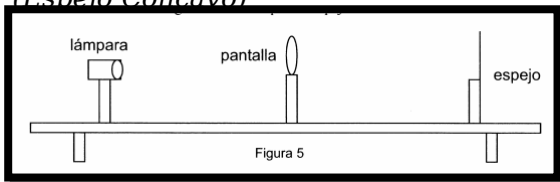
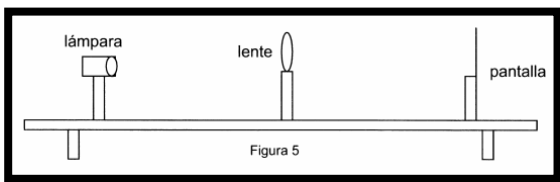


Figura 6. Montura del equipo del experimento de la Formación de imágenes a partir de lentes esféricas. (Lente convergente).



3. Tabla de datos

Tabla 1. Datos obtenidos del estudio de las imágenes formadas por un espejo cóncavo con h_o de 12.9 cm.

Datos Obtenidos para la formación de imágenes por espejos esféricos

d_o (cm)	d_i (cm)	h_i (cm)	$ M $
100	30	12.25	0.95
95	31.10	12.7	0.98
90	32	11.26	0.95
85	32.5	12.9	1
80	33.5	11.16	0.87
75	34.9	11.16	0.87
70	36.7	12.7	0.98
65	39.0	10.56	0.82
60	40.7	11.26	0.92
55	45.5	12.7	0.98

Tabla 2. Datos obtenidos del Gráfico 1.

Linear Fit	
m (Slope)	-0.310 ± 0.033
b (Y Intercept)	59.6 ± 2.6
r	-0.958
Mean Squared Error	1.77
Root MSE	1.33

Tabla 3. Datos obtenidos del Gráfico 2.

Linear Fit	
m (Slope)	-1.29 ± 0.16
b (Y Intercept)	0.0455 ± 0.0022
r	-0.942
Mean Squared Error	1.30E-6
Root MSE	0.00114

Tabla 4. Datos obtenidos del estudio de las imágenes formadas por un lente convergente con h_o de 12.9 cm. .

Datos Obtenidos para la formación de imágenes por lentes esféricas				
x_o (cm)	d_o (cm)	h_i (cm)	d_i (cm)	x_i (cm)
0	50	12.25	62	50
5	45	12.7	63	45

10	40	11.26	63.3	40
15	35	12.9	64.5	35
20	30	11.16	65.8	30
25	25	11.16	67.5	25
30	20	12.7	71.7	20
35	15	10.56	85	12.7
40	10	11.26		

Tabla 5. Datos de magnificación del estudio de las imágenes formadas por un lente convergente con h_o de 12.9 cm.

$ M $
0.98
0.87
0.93
0.87
0.94
0.83
0.87
0.98

Tabla 6. Datos obtenidos del Gráfico 3.

Linear Fit	
m (Slope)	-0.520 ± 0.14
b (Y Intercept)	84.8 ± 4.7
r	-0.839
Mean Squared Error	14.9
Root MSE	3.86

Tabla 6. Datos obtenidos del Gráfico 4.

Linear Fit	
m (Slope)	-0.0862 ± 0.0083
b (Y Intercept)	0.0180 ± 3.2E-4
r	-0.973
Mean Squared Error	9.15E-8
Root MSE	3.02E-4

4. Gráficas:

Gráfico 1. d_o (cm) vs. d_i (cm) debido a las imágenes formadas por un espejo cóncavo.

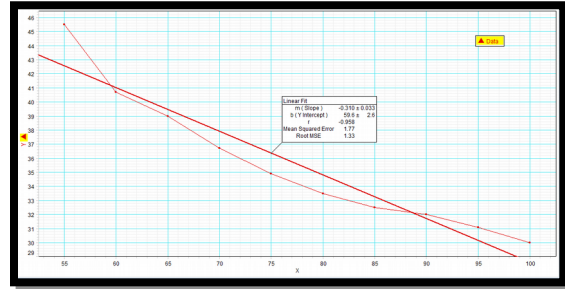


Gráfico 2. $1/d_o$ (cm^{-1}) vs. $1/d_i$ (cm^{-1}) debido a las imágenes formadas por un espejo cóncavo.

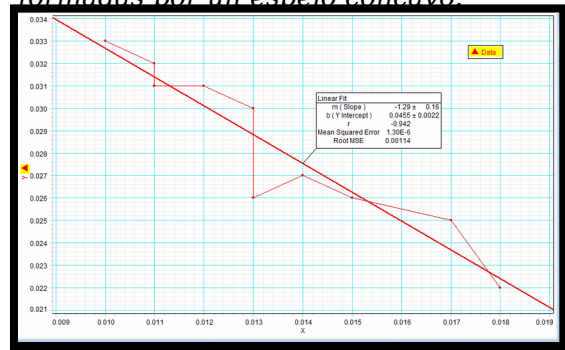


Gráfico 3. d_o (cm) vs. d_i (cm) debido a las imágenes formadas por un lente convergente.

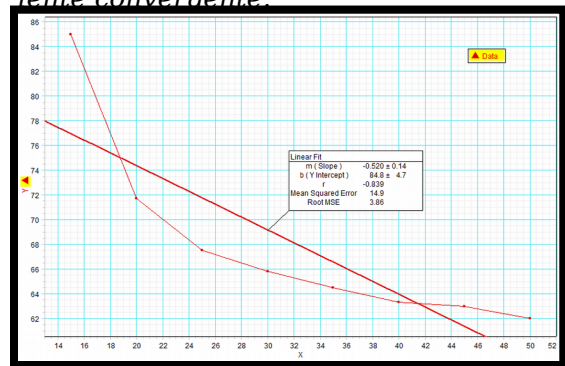
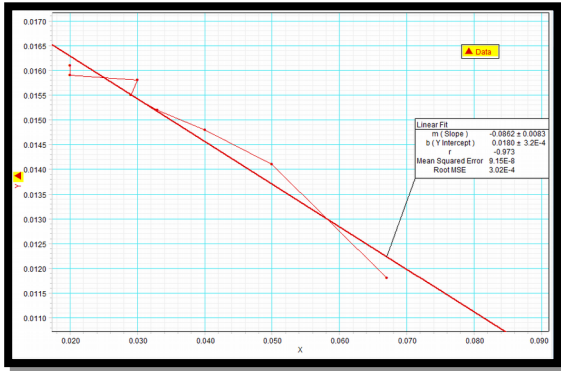


Gráfico 4. $1/d_o$ (cm^{-1}) vs. $1/d_i$ (cm^{-1}) debido a las imágenes formadas por un lente convergente.



5. Cálculos y resultados

La ecuación de los espejos y de los lentes esféricos está dado por lo siguiente:

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

Donde:

f : es la distancia focal (cm)

do es la distancia objeto espejo o objeto-lente

di es la distancia imagen espejo o imagen-lente

La magnificación de la imagen está dada por la siguiente ecuación:

$$|M| = \left| \frac{hi}{ho} \right| \quad (2)$$

Donde:

hi : es el tamaño de la flecha vertical

ho : la altura de la flecha vertical en el objeto

Cálculos:

1. Ejemplo de Cálculo para la ecuación 2:

Calculo de la magnificación de una imagen producida por un espejo convergente de 12.29cm para ho y hi de 12.25cm

$$|M| = \left| \frac{hi}{ho} \right|$$

$$\therefore \frac{12.29 \text{ cm}}{12.25 \text{ cm}} = 0.95$$

Figura 7. Diagrama de reflexión de los rayos paralelos recibidos por la caja de rayos hacia la parte plana del espejo triple.

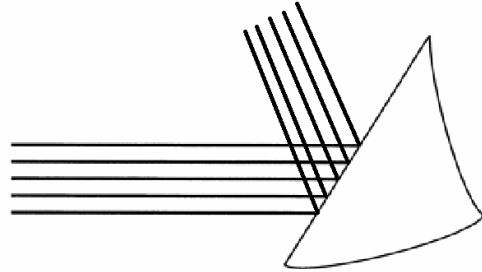


Figura 8. Diagrama de reflexión de los rayos paralelos recibidos por la caja de rayos hacia la parte cóncava del espejo triple.

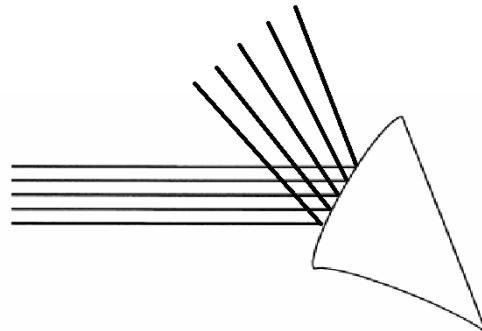


Figura 9. Diagrama de reflexión de los rayos paralelos recibidos por la caja de rayos hacia la parte convexa del espejo triple.

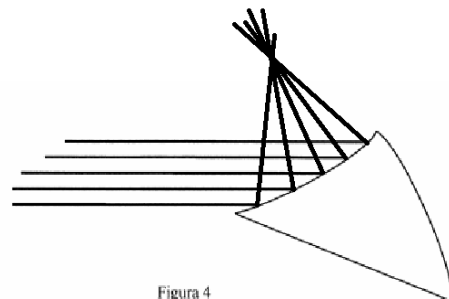


Figura 4

Figura 10. Diagrama de refracción de los rayos paralelos recibidos por la caja de rayos hacia el lente con forma ovalada. (lente convergente)

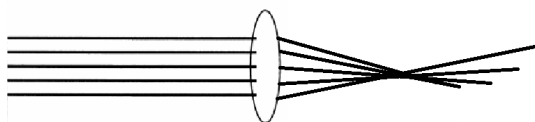
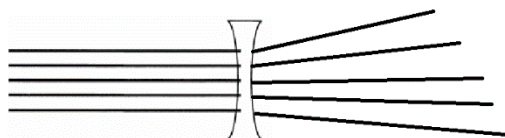


Figura 11. Diagrama de refracción de los rayos paralelos recibidos por la caja de rayos hacia el lente divergente.



6. Análisis de Resultados y Discusión

Al hacer análisis de datos, en el experimento se pudo observar que al analizar el espejo triple con la caja de rayos se pudo observar que al irradiar rayos hacia la parte plana estos se reflejaban de manera perpendicular a la parte plana del objeto (Figura 5), mientras que la parte convexa estos rayos se reflejaban perpendicular a la superficie convexa pero a medida que se alejaba la anchura entre ellos es mayor, por lo que se dice que los rayos divergen (Figura 6). Al analizar la parte cóncava se pudo observar que los rayos reflectantes de la superficie convergen en un punto como se muestra en la Figura 7. Al hacer análisis grafico de la distancia imagen-espejo vs distancia objeto-espejo se pudo observar que hay una relación lineal, mientras que al graficar $1/d_i$ vs $1/d_o$ se observó también una relación lineal pero con pendiente negativa de -1.29, esto llegó al descubrimiento de una propiedad del objeto llamada distancia focal. Por otro lado, al calcular la magnificación de

la imagen, se pudo encontrar que la magnificación no es más que la razón de la distancia imagen-espejo entre la distancia objeto-espejo. Al hacer un análisis literario, se pudo encontrar que un espejo cóncavo va a producir una imagen que depende de la distancia focal, la posición del objeto y la forma del espejo. En un espejo cóncavo cuando el objeto se encuentra antes de la distancia focal y del centro de curvatura del espejo produce una imagen invertida, real y de menor tamaño, mientras que cuando esta entre ellos, produce una imagen real, invertida y de mayor tamaño, cuando el objeto está en el centro de curvatura va a producir una imagen real, invertida y de igual tamaño, mientras que cuando se localiza en el foco, no se produce imagen. Por otro lado, cuando el objeto se encuentra después del foco este produce una imagen virtual, derecha y de mayor tamaño que el objeto. Al analizar los lentes, se pudo observar que el lente ovalado al irradiarlo con rayos de luz debido a la caja de rayos, refractaba los mismos, haciendo que se intersequen (Figura 8). Mientras que al analizar el otro lente se pudo observar que los rayos refractados divergían, cuando traspasaban el objeto transparente (Figura 9). Si la distancia del objeto es mayor que la distancia focal, una lente convergente forma una imagen real e invertida. Si el objeto está lo bastante alejado, la imagen será más pequeña que el objeto. Si la distancia del objeto es menor que la distancia focal de la lente, la imagen será virtual, mayor que el objeto y no invertida.

7. Conclusiones:

Se ha llegado a la conclusión de que la imagen se produce debido a un punto de intersección de dos rayos. En un espejo cóncavo se pudo observar la imagen en la zona real, siempre y cuando el objeto esté antes del foco pero no en él. En el espejo cóncavo se ve la imagen invertida siempre y

cuando se cumpla lo dicho anterior. En los espejos se refleja la luz como se muestran en las *Figuras demostrativas 5, 6 y 7*, mientras que en la *Figura 8 y 9* se puede notar que en los lentes como es una superficie transparente, se refracta la luz. En el lente convergente se vio que hay un punto de intercesión luego de traspasar el objeto transparente, mientras que en el divergente, esas líneas jamás se cruzaban. Por lo que se encontró una relación linear entre las distancias de la imagen- espejo/lente, y de la distancias del objeto-espejo/lente, igual pasaba con sus inversos como se muestran en todos los gráficos. Se encontró que el intercepto de la ecuación para ambos casos (espejo y lentes) en el eje de y es el inverso de la distancia focal. Se encontró que los objetos sufren un grado de magnificación debido a la posición del objeto, es decir que en un espejo cóncavo, a diferencia de los planos, estos pueden producir una imagen de mayor o menor tamaño que el objeto. Hubo fuentes de error como la dificultad al anotar los datos debido a la naturaleza del experimento, error en las medidas o conversiones, he incluso mala colocación de los objetos. Finalmente, en los espejos cóncavos, si el objeto se encuentra a una distancia superior a la distancia focal se forma una imagen real e invertida que puede ser mayor o menor que el objeto.

edicion. ED. Pearson Educacion (2205).

Alexander, Charles; Sadiku, Matthew. *Fundamentals of Electric Circuits* (3 ed.). McGraw-Hill. p. 206.

8. Referencias Bibliografías

López Marrero, Roura. Formación de Imágenes debido a Espejos Esféricos. *Manual de Experimentos de Fisica II*; 2008; p. 11-14.

Sears, Francis W; Zemansky, Mark W; Young, Hugh D. y Freedman, Roger A. "Fisica Universitaria con fisica moderna" Vol 2. Undecima