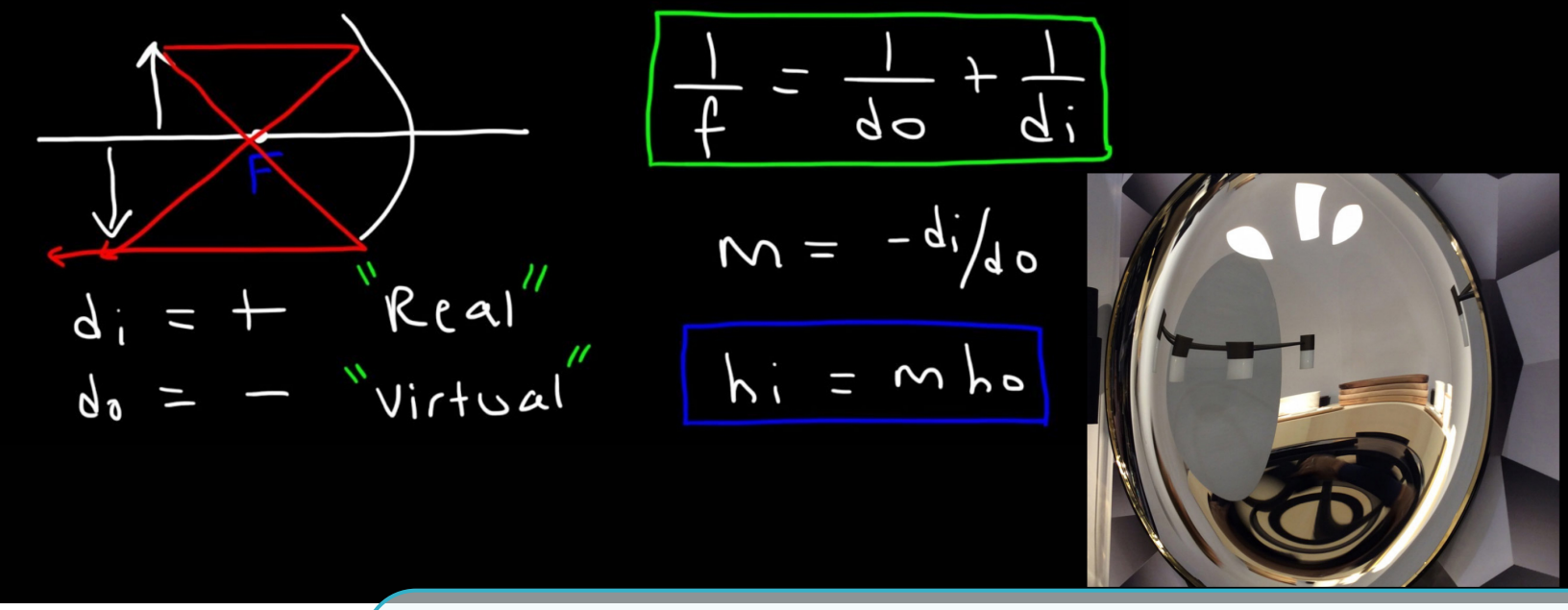

1. Imágenes en Espejos Esféricos

1.1 Objetivos

1.1.1 General

Aplicar las leyes de la óptica geométrica para entender la formación de imágenes con espejos esféricos.

1.1.2 Específicos

- Estudiar las propiedades de la fromación de imágenes con espejos esféricos.
- Medir la distancia y altura de las imágenes producidas por espejos esféricos.
- Calcular las longitudes focales y magnificaciones de espejos en varias situaciones.

1.2 Marco Teórico

La rama de la física que describe el comportamiento y propiedadesde la luz y sus interacciones con la materia se conoce como Óptica. En particula, la óptica geométrica predice el camino de la luz después de que esta pasa a través de un lente o golpea un espejo. En esta práctica de laboratorio, el tópico de estudio será el de los espejos concavos(convergentes) y convexos(divergentes), y las diferentes formas como ellos desvían la luz desde un objeto.

1.2.1 Reflexión de la luz y Espejos

La reflexión de la luz es el fenómeno que se observa cuando un rayo de luz incide sobre una superficie y se refleja. Su estudio se basa en dos leyes:

- **1a ley**: El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado están en el mismo plano.
- **2a ley**: El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. (En la reflexión especular)

En este fenómeno está basada la formación de imágenes en los **espejos**. Un espejo es una superficie pulida en la que al incidir la luz, se refleja siguiendo las leyes de la reflexión. Las clases de espejos en el estudio de la formación de imágenes por reflexión son:

1. Espejos planos
2. Espejos esféricos:
   - Cóncavos: La superficie reflectante es la cara interna.
   - Convexos: La superficie reflectante es la cara externa.

1.2.2 Tipos de Imágenes

Los tipos de imágenes que se obtienen del uso de dispositivos como lentes y espejos son de dos clases: (ver Figura 1.1):

1. **Imagen Real**: 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.
2. **Imagen Virtual**: La imagen virtual es aquella que se forma cuando, tras pasar por el sistema óptico, los rayos divergen. Para nuestro sentido de la vista los rayos parecen venir desde un punto por el que no han pasado realmente. La imagen se percibe en el lugar donde convergen las prolongaciones de esos rayos divergentes. Es el caso de la imagen formada por un espejo plano. Las imágenes virtuales no se pueden proyectar sobre una pantalla.

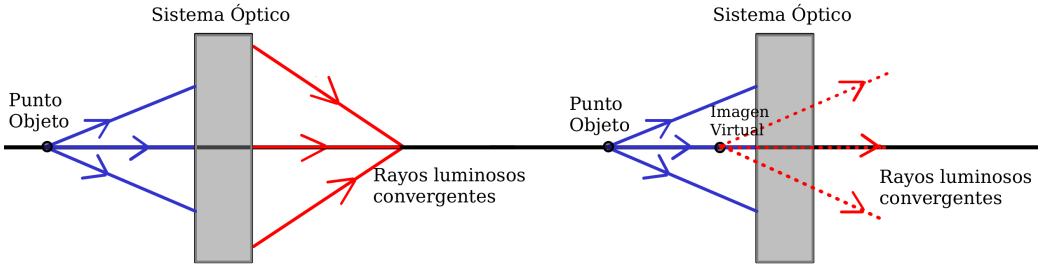

Figure 1.1: Descripción de la formación de imagen real y virtual por dispositivos ópticos.

1.2.3 Formación de Imágenes

En la formación de imágenes hay que distinguir tres tipos de rayos, conocidos como rayos principales, los cuales permiten determinar la posición de la imagen de un objeto frente a un espejo. Estos rayos son:

1. Primer rayo: El rayo procedente del objeto y paralelo al eje óptico, que, tras reflejarse, pasará por el foco.
2. Segundo rayo: El rayo que, procedente del objeto, pasa por el centro de curvatura del espejo. Tras reflejarse no modifica su dirección.
3. Tercer rayo: El rayo procedente del objeto que pase por el foco, que, tras reflejarse, saldrá paralelo al eje óptico.

Es necesario tener en cuenta algunos elementos de referencia importantes en la construcción de imágenes en espejos esféricos:

1. El eje óptico o eje principal: es una línea imaginaria que pasa por el centro del espejo uniendo centro C, foco F y vértice V.
2. El vértice V: Es el lugar geométrico donde el eje óptico se intercepta con el espejo.
3. El centro de curvatura C: Es el punto en el que debe colocarse un objeto para que su imagen se forme en el infinito. También es el punto en el que convergen los rayos de un objeto que está en el infinito. En la aproximación paraxial, este punto está a una distancia igual al radio de curvatura R del espejo.
4. El radio de curvatura: Es la distancia entre el centro de curvatura C y el vértice V .
5. El foco F: Es un punto a mitad de camino entre el vértice V y el centro de curvatura C.
6. La longitud focal: Es la distancia del foco al origen del sistema óptico se denota por f. La longitud focal f se relaciona con el radio de curvatura del espejo, R, según:

$$f = \frac{R}{2} \tag{1.1}$$

7. La posición del objeto s_o y de la imagen s_i, las cuales son siempre medidas desde el vértice V.

Ecuación de los Espejos

La ecuación que relaciona la distancia del objeto s_o y la distancia de la imagen s_i a la longitud focal f, se denomina *Ecuación de los espejos* (también conocida como ecuación Gaussiana de los espejos). Esta ecuación está dada por:

$$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f}. \tag{1.2}$$

Esta ecuación también se puede reescribir de otra forma con ayuda de la ecuación (1.1), esto es:

$$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{2}{R}. \tag{1.3}$$

También se debe hablar de la *magnificación o aumento lateral* de la imagen. Esta se calcula como la razón que existe entre el tamaño de la imagen y_i y el tamaño del objeto y_o:

$$m = \frac{y_i}{y_o}, \tag{1.4}$$

o también como la razón negativa entre la posición de la imagen s_i y la posición del objeto s_0:

$$m = -\frac{s_i}{s_o}. \tag{1.5}$$

Convención de Signos para Espejos Esféricos

Existe una convención de signos para los espejos esféricos según las magnitudes de las ecuaciones (1.1) a (1.5). Estas se enuncian en la Tabla (1.1):

Magnitud	+	-
s_o	Objeto Real	Objeto Virtual
s_i	Imagen Real	Imagen Virtual
f	Espejo Cóncavo	Espejo Convexo
R	Espejo Cóncavo	Espejo Convexo
y_o	Arriba del eje	Abajo del eje
y_i	Arriba del eje	Abajo del eje

Table 1.1: Convención de signos para espejos esféricos en relación con algunos parámetros.

Formación de Imágenes en Espejos Cóncavos

La Figura (1.2) muestra el diagrama de rayos para la formación de imágenes en espejos cóncavos en cuatro casos diferentes. En el caso (a) se muestra la formación de una imagen real invertida y de menor tamaño que el objeto formado por un espejo cóncavo, cuando este se ubica en un punto más allá del centro de curvatura C. En el caso (b) se muestra la formación de una imagen real, invertida de igual tamaño que el objeto, cuando este último se ubica en el centro de curvatura C. En el caso (c) se muestra la formación de una imagen real invertida y de mayor tamaño que el objeto, cuando este último se ubica entre el centro de curvatura C y el foco F. Finalmente, en el caso (d) se muestra la formación de una imagen virtual, derecha y de mayor tamaño que el objeto, cuando este último se ubica entre el foco f y el vértice V.

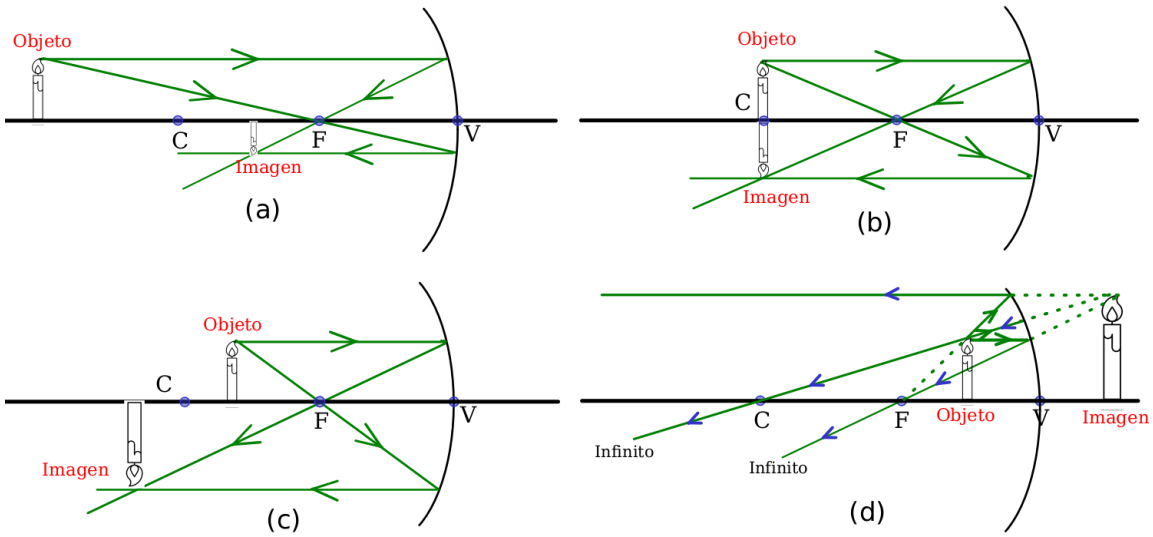

Figure 1.2: Descripción de cuatro casos de la formación de imágenes usando espejos esféricos cóncavos.

1.3 Actividades Previas al Laboratorio

1. ¿Hacia donde reflejan la lus los espejos convexos: hacia afuera o hacia adentro?

2. ¿Qué clase de imágenes forman los espejos convexos?
3. Investigue cual es el diagrama de rayos para un espejo convexo. Dibuje dicho diágrama con todos los detalles que le sean posibles.
4. Con base en la información suministrada en la sección **Marco Teórico** y en la información colectada en los puntos anteriores de esta sección, complete la Tabla (1.2) sobre las características de las imágenes.

Clase de Espejo	Ubicación del objeto	Características de la Imagen
Cóncavo	$s_o > 2f$	Real, menor e invertida
Cóncavo	$s_o = 2f$	
Cóncavo	$f < s_o < 2f$	
Cóncavo	$s_o = f$	
Cóncavo	$s_o < f$	
Cónvexo	En cualquier punto	

Table 1.2: Características de las imágenes de acuerdo con el tipo de espejo y la posición del objeto s_o.

1.4 Herramienta Virtual

Para la práctica virtual se hará uso de un simulador creado en la plataforma interactiva GeoGebra, siguiendo el enlace `https://www.geogebra.org/m/CJS4Q4SM` (Enlace tomado del proyecto GeoGebra del autor Jesús Benayas Yepes). El simulador tendrá el aspecto mostrado en la Figura (1.3).

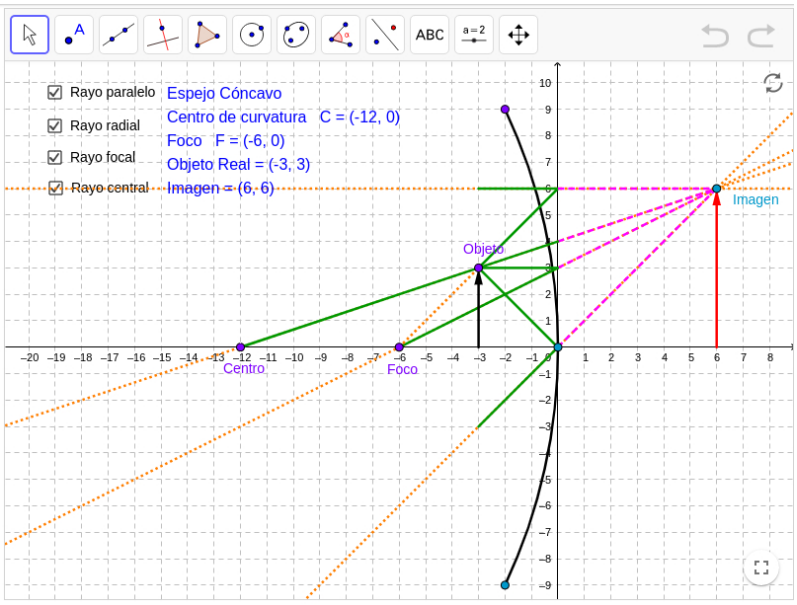

Figure 1.3: Pantalla del simulador para espejos esféricos en GeoGebra.

1.5 Toma y Análisis de Datos

1. Explore el simulador e identifique las partes de todo su entorno. Imagine que las unidades usadas en el simulador son cm.
2. Construya un espejo cóncavo con un radio de curvatura de 10 cm. Para esto, desplaze con el puntero del mouse el punto focal o Foco, y automáticamente podrá ajustar el centro de curvatura.
3. Dado que es un espejo cóncavo, ubique un objeto de 4 cm de altura a la derecha del espejo, específicamente **a 3 cm a la derecha del centro de curvatura**.
4. Con los datos obtenidos en el simulador complete la Tabla (1.3):

R	
f	
s_o	
s_i	
y_o	
y_i	
m	
¿Imagen real o virtual?	
¿Imagen derecha o invertida?	
¿Imagen aumentada, disminuida o igual respecto a la altura del objeto?	

Table 1.3: Resultados para un objeto de $y_o = 4$ cm y ubicado en $s_o = 13$ cm, para un espejo cóncavo con $R = 10$ cm.

5. Ahora, verifique cada uno de los resultados consignados en la Tabla (1.1) usando las ecuaciones (1.1) a (1.5), y las Tablas (1.1) y (1.2). Para ello muestre con detalle el cálculo o el argumento utilizado para confirmar cada fila en la Tabla (1.3).
6. Repita los pasos de los puntos 3, 4 y 5 para un espejo cóncavo para un objeto de la misma altura pero ubicado en $s_0 = 10$ cm. Para ello use una tabla similar a la Tabla (1.1).
7. Repita los pasos de los puntos 3, 4 y 5 para un espejo cóncavo para un objeto de la misma altura pero ubicado en $s_0 = 7$ cm. Para ello use una tabla similar a la Tabla (1.1).
8. Repita los pasos de los puntos 3, 4 y 5 para un espejo cóncavo para un objeto de la misma altura pero ubicado en $s_0 = 5$ cm. Para ello use una tabla similar a la Tabla (1.1).
9. Repita los pasos de los puntos 3, 4 y 5 para un espejo cóncavo para un objeto de la misma altura pero ubicado en $s_0 = 2$ cm. Para ello use una tabla similar a la Tabla (1.1).
10. Construya un espejo convexo con un radio de curvatura de 14 cm.
11. Ubique un objeto de 7 cm de altura al lado derecho del espejo a 6 cm del vértice. Utilice una tabla similar a la Tabla 1.1 para consignar sus resultados.
12. Justifique cada uno de esos resultados utilizando las ecuaciones (1.1) a (1.5), y las Tablas (1.1) y (1.2).

1.6 Referencias

R E. Hecht, "Óptica", Addison-Wesley, 1998.

R SEARS, F. W., ZEMANSKY, M. W. Y YOUNG, H. D. Física Universitaria. Addison - Wesley Iberoamericana, Vol 2.

R TIPLER, P. A.: “Física”. Vol. 2. Ed. Reverte, Barcelona.

R SERWAY, R. A.: “Física”. Tomo 2 McGraw- Hill.