

# Espejos esféricos.

Franco Mayo

Mayo 2019

Como vimos en clase, los espejos esféricos tienen ecuaciones muy parecidas a las de las lentes esféricas. Pero la convención de signos es diferente, ya que en este caso la imagen real está del mismo lado del espejo que el objeto, mientras que en el caso de las lentes se encontraban en lados opuestos. La convención de signos para espejos esféricos se muestra en la Tabla 1.

Magnitud	+	-
$s_o$	Objeto Real	Objeto Virtual
$s_i$	Imagen Real	Imagen Virtual
$f$	Espejo cóncavo	Espejo convexo
$R$	Espejo convexo	Espejo cóncavo
$y_o$	Arriba del eje	Abajo del eje
$y_i$	Arriba del eje	Abajo del eje

Tabla 1: Se muestra la convención de signos para espejos esféricos.

Teniendo en cuenta esta convención pasamos a escribir las ecuaciones de los espejos esféricos:

$$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

Donde no especificamos si  $f$  es el foco objeto o el foco imagen, porque

$$f_o = f_i = -\frac{R}{2} \quad (2)$$

Con estas dos ecuaciones ya podemos conocer el lugar donde se va a formar la imagen, siempre que conozcamos dónde está el objeto y el radio de espejo o la distancia focal.

## Espejo cóncavo

Vamos a estudiar primero el caso del espejo cóncavo. En la Figura 1 se muestra el trazado de rayos para un espejo cóncavo.

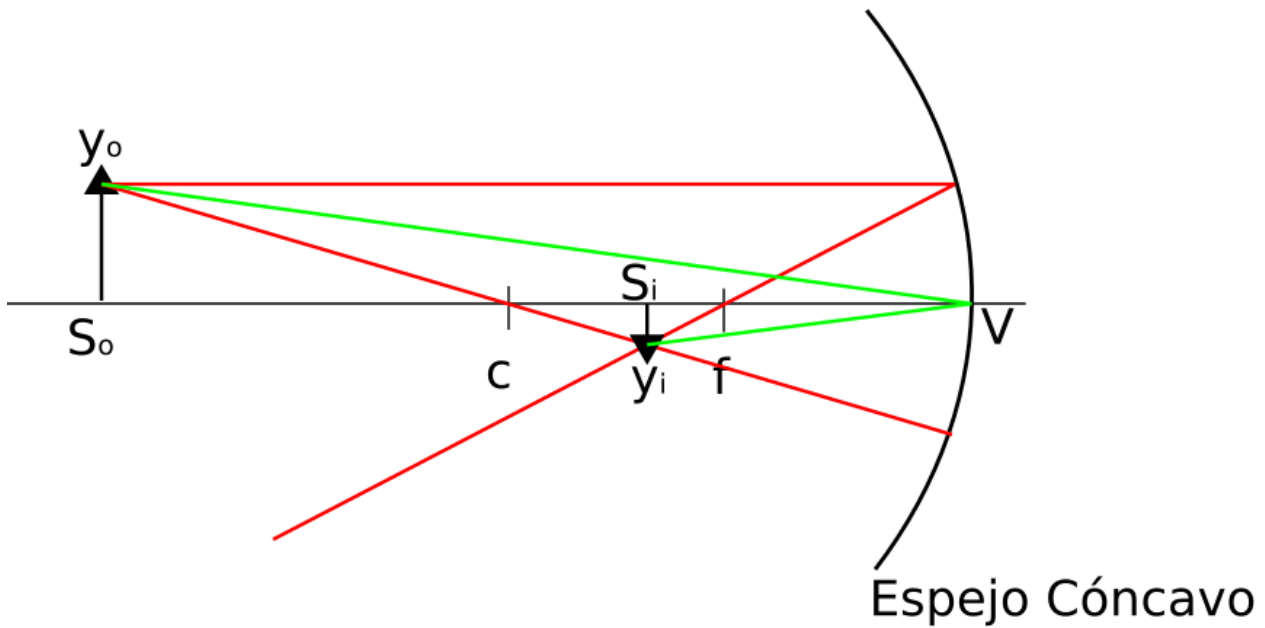


Figura 1: Trazado de rayos para un espejo cóncavo.

Cuando se dibuja el esquema hay que tener en cuenta la Ecuación 2 para la ubicación del foco con respecto al centro de curvatura.

Primero se traza el haz que sale desde la punta de la flecha y pasa por el centro de curvatura. Ya que este rayo incide normal al espejo se refleja en la misma dirección en la que vino. Luego se traza un rayo que sale paralelo desde la punta de la flecha. El rayo que incide paralelo en el espejo se refleja de forma tal que pasa por el foco. En la intersección de estos dos rayos se forma la imagen. Como se ve en la Figura 1 la imagen es real, invertida y disminuida. La imagen es real porque se forma debido a la convergencia de rayos. Entonces  $s_i$  es positivo. Para encontrar analíticamente el valor de  $s_i$  usamos la Ecuación 1. Despejando se obtiene que:

$$s_i = \frac{s_o f}{(s_o - f)} \quad (3)$$

Como  $s_o$  y  $f$  son positivos por convención, y  $s_o > f$  (ver Figura 1),  $s_i$  es positivo, en concordancia con lo que encontramos haciendo el trazado de rayos.

Ahora que conocemos la posición de  $s_i$  nos falta conocer el aumento. Para esto trazamos el rayo verde (Figura 1). Este haz sale de la punta de la flecha y va hacia la intersección del espejo con el eje, que en la Figura 1 llamamos V. Debido a la ley de reflexión, el ángulo con el que sale reflejado el rayo es igual al de incidencia. Por lo tanto, el triángulo formado por el objeto (la flecha), el rayo verde y el eje, y el triángulo que se forma con la imagen, el rayo y el eje son triángulos semejantes. Entonces:

$$M = \frac{y_i}{y_o} = -\frac{s_i}{s_o}$$

Encontramos el aumento. El signo menos aparece ya que por convención  $y_i$  es negativo. Ahora lo que falta es escribir el aumento reemplazando  $s_i$  por lo que vale.

$$M = -\frac{f}{(s_o - f)}$$

Entonces ya conocemos la posición de la imagen y el aumento en función de datos del problema, como son la distancia del objeto al espejo y la distancia focal. En caso de que nos dieran como dato el radio del espejo, reemplazamos  $f$  por la Ecuación 2.

## Espejo convexo

Veamos ahora un ejemplo con un espejo convexo. En la Figura 2 se muestra el trazado de rayos para este caso.

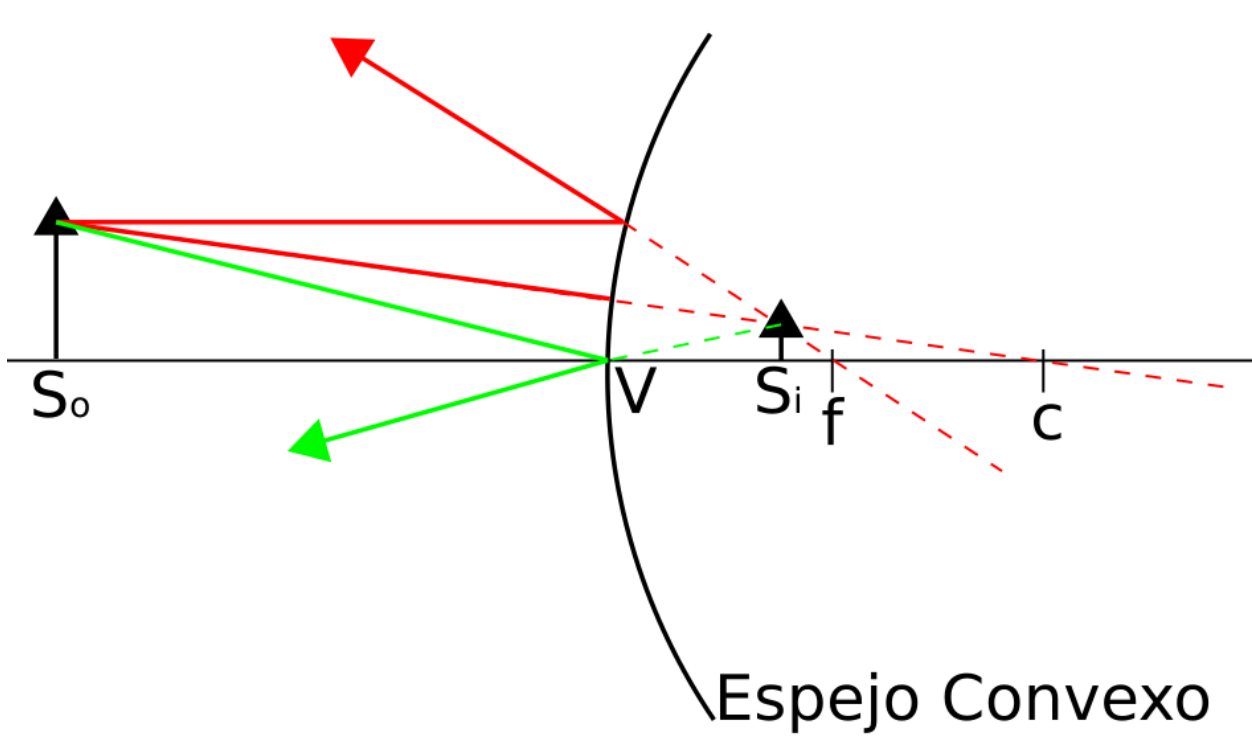


Figura 2: Trazado de rayos para un espejo convexo.

Primero se traza el rayo que sale desde la punta de la flecha con dirección al centro de curvatura. Este haz se refleja en la misma dirección en la que incide. Noten que todos los rayos a la derecha del espejo están hechos con líneas punteadas. Esto es porque en realidad no existen, son las prolongaciones de los rayos reales.

Luego se traza un haz que sale paralelo y se refleja en la dirección que tendría un haz que saliera del foco. Como se ve en la Figura 2 los rayos divergen, por lo tanto se forma la imagen prolongando los rayos hacia atrás. En este caso tenemos una imagen virtual, derecha y disminuida. Entonces  $s_i < 0$  y  $y_i > 0$ .

Ahora resolvemos analíticamente. La posición  $s_i$  es:

$$s_i = \frac{s_o f}{(s_o - f)}$$

Igual que para el espejo cóncavo. Pero en este caso, siguiendo la convención, el foco es negativo, mientras que  $s_o$  sigue siendo positivo. Por lo tanto  $s_i < 0$ , como corresponde a una imagen virtual.

Para estudiar el aumento nuevamente trazamos un rayo que pase por V, y vemos que el triángulo formado por el objeto, éste rayo y el eje, y el triángulo formado por la imagen, el eje y el rayo son semejantes. Entonces se obtiene que el aumento es:

$$M = \frac{y_i}{y_o} = -\frac{s_i}{s_o}$$

En este caso el signo menos aparece porque  $s_i$  es negativo, mientras que  $y_i$ ,  $y_o$  y  $s_o$  son positivos. La fórmula del aumento es igual en los dos casos. Ahora la reescribo reemplazando  $s_i$ .

$$M = -\frac{f}{(s_o - f)}$$

En este caso el aumento es positivo, porque la imagen es derecha, y menor que 1, porque la imagen es disminuida.