Los dos tipos principales de lentes son los convergentes y los divergentes. Una lente convergente es aquélla que refracta y converge la luz paralela en un punto focal (F) más allá de la lente; regularmente son lentes cuyo espesor es mayor en el centro y disminuye en sus extremos, ver fig. 50 a). Se usan para amplificar la imagen, por ejemplo en las cámaras fotográficas, microscopios, etc.

Una lente divergente es aquélla que refracta y diverge luz paralela de un punto focal (F) localizado enfrente de la lente; regularmente son lentes que tienen menor espesor en su centro que en sus extremos, ver fig. 50b). Este tipo de lentes por ejemplo, los usan las personas que padecen miopía.

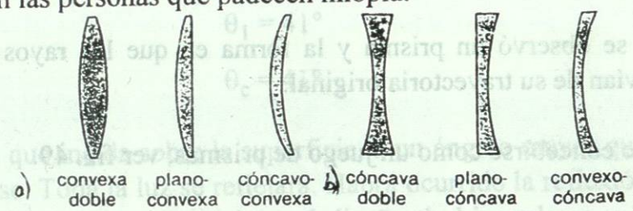

Figura 50. a) Tipos de lentes convergentes. b) Tipos de lentes divergentes.

Una lente tiene un eje principal, el cual es la recta horizontal que pasa por el centro. El plano central de la lente es perpendicular al eje principal. Semejante a los espejos tiene un foco (f), en el cual cruzan los rayos que llegan a la lente en forma paralela a su eje. Y además el foco desde donde salen los rayos divergentes que al atravesar la lente forman un haz de rayos paralelos.

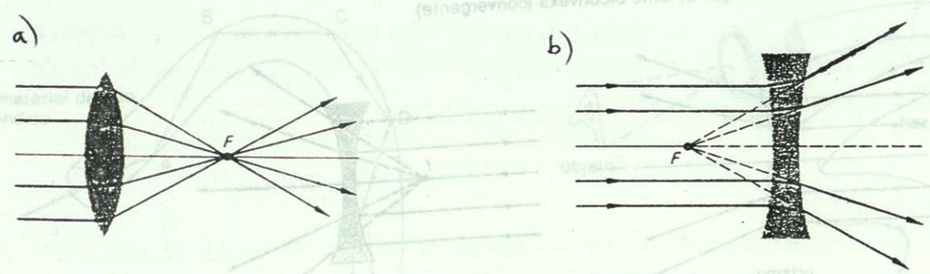

Figura 51.- Los rayos llegan a la lente en forma paralela a su eje. a) Lentes convergentes. b) Lentes divergentes.

La distancia focal (*f*) de una lente convergente depende de dos factores: la forma de la lente y el índice de refracción del material del que está construida la lente y del indice de refracción del medio que rodea a la lente.

14.- RAYOS PRINCIPALES EN LENTES. OBTENCIÓN DE IMÁGENES.

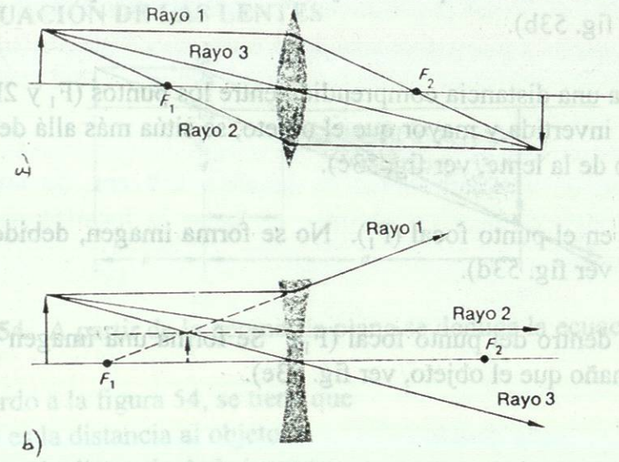

Figura 52. Rayos principales para la formación de imágenes en las lentes:
a) convergentes b) divergentes.

Rayos principales a través de la lente para formar imágenes:

Rayo paralelo al eje pasa por el punto focal (F_2) de una lente convergente o parece salir del punto focal (F_1) de una divergente, ver figura 52.

Rayo que pasa por el punto focal (F_1) de una lente convergente o prosigue hacia el punto focal (F_2) de una lente divergente, se refracta paralelamente al eje de la lente.

Rayo que pasa por el centro geométrico (C) de la lente, no se desviará.

Si la imagen se forma con los rayos de luz que pasan a través de ella y del otro lado de la lente opuesta al objeto, la imagen es real. Si la imagen parece estar del mismo lado de la lente que el objeto, la imagen es virtual.

De acuerdo a la distancia del objeto (O) con respecto al punto focal (F).

Si el objeto (O) se localiza a una distancia más allá del punto ($2F_1$). Se forma una imagen (I) real, invertida y menor, entre F_1 y $2F_2$, sobre el lado opuesto de la lente, ver fig. 53a).

Si el objeto se localiza a una distancia igual al punto ($2F_1$). Se forma un imagen real, invertida, del mismo tamaño que el objeto, se sitúa en $2F_2$ sobre el lado opuesto de la lente, ver fig. 53b).

Si el objeto se localiza a una distancia comprendida entre los puntos (F_1 y $2F_1$). Se forma una imagen real, invertida y mayor que el objeto, se sitúa más allá del punto ($2F_2$) en el lado opuesto de la lente, ver fig. 53c).

Si el objeto se localiza en el punto focal (F_1). No se forma imagen, debido a que los rayos son paralelos, ver fig. 53d).

Si el objeto se localiza dentro del punto focal (F_1). Se forma una imagen virtual, derecha y de mayor tamaño que el objeto, ver fig. 53e).

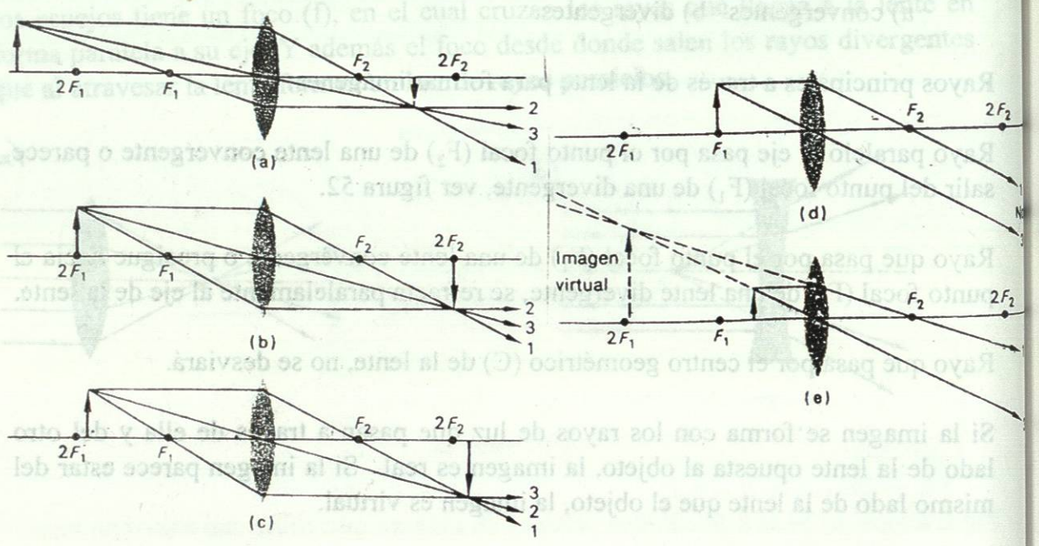

FIGURA 53. Construcción de imágenes de acuerdo a donde se localice el objeto con respecto al punto focal.

Se puede observar que las imágenes formadas por los espejos cóncavos son similares a las formadas por las lentes convergentes (convexas) de la misma manera, las lentes cóncavas y los espejos convexos.

15.- ECUACIÓN DE LAS LENTES

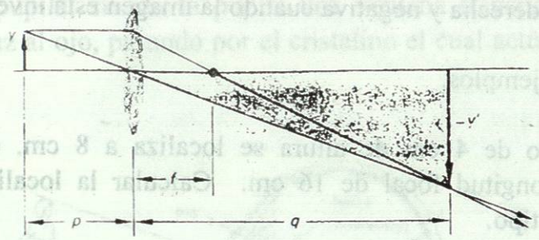

Figura 54. A partir de la geometría plana se deduce la ecuación de las lentes.

De acuerdo a la figura 54, se tiene que

p es la distancia al objeto
q es la distancia de la imagen
f es la longitud focal de la lente
y es el tamaño del objeto
y' es el tamaño de la imagen.

En donde la convención de signos es

1) Las distancias p y q se consideran positivas para objetos e imágenes reales y negativas para objetos e imágenes virtuales.
2) La longitud focal (f) se considera positiva para lentes convergentes y negativa para lentes divergentes.

De tal manera que la ecuación de las lentes es

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$$

despejando cada variable, nos queda

$$p=\frac{fq}{q-f} \qquad q=\frac{fp}{p-f} \qquad f=\frac{qp}{p+q}$$

El aumento lateral (M) es la razón del tamaño de la imagen (y') al tamaño del objeto (y), o sea

$$M = \frac{y'}{y} = \frac{-q}{p}$$

quedando de manera similar que para los espejos. Una ampliación lateral positiva indica que la imagen es derecha y negativa cuando la imagen está invertida.

Veamos los siguientes ejemplos.

Ejemplo 17. Un objeto de 4 cm de altura se localiza a 8 cm. de una lente convergente con una longitud focal de 16 cm. Calcular la localización de la imagen, su tamaño y su tipo.

p = 8 cm

f = 16 cm

y = 4 cm.

Como

$$q = \frac{pf}{p - f}$$

sustituyendo

$$q = \frac{(8\ \text{cm})\,(16\ \text{cm})}{(8\ \text{cm} - 16\ \text{cm})}$$

$$q = -16\ \text{cm}.$$

El signo negativo indica que la imagen es virtual.

Para calcular el tamaño de la imagen, tenemos que

$$M = \frac{y'}{y} = \frac{-q}{p}$$

despejando

$$y' = -\frac{qy}{p}$$

sustituyendo

$$y' = -\frac{(-16\ \text{cm})\,(4\ \text{cm})}{8\ \text{cm}}$$

$$y' = +8\ \text{cm}.$$

El signo positivo indica que la imagen es derecha.

16.- DISPOSITIVOS ÓPTICOS

El ojo humano. Un instrumento óptico excelente es el ojo, el cual es un globo ocular casi esférico cubierto por una membrana externa de color blanco llamada esclerótica. La luz llega al ojo a través de un tejido transparente llamado córnea. Detrás de la córnea se encuentra el iris, músculo con forma de anillo que cambia el tamaño de la pupila, siendo la pupila una ventana transparente que permite la entrada de la luz al ojo, pasando por el cristalino el cual actúa como una lente, ver fig.55.

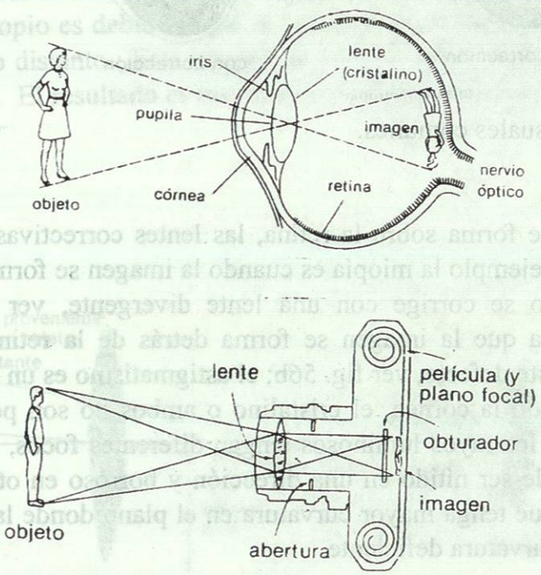

Figura 55. El funcionamiento de una cámara simple es similar al ojo.

El funcionamiento del ojo es similar en varios aspectos al de una cámara simple. Ambos poseen una lente, en el ojo la lente es el cristalino, el cual tiene la capacidad de cambiar de forma de curvatura (acomodación) para enfocar las imágenes de objetos a diferentes distancias del ojo. La imagen se forma en la retina, la cual actúa como pantalla, es una imagen real disminuida e invertida; la pupila se comporta como un diafragma, se envía la impresión por el nervio óptico al cerebro produciendo la sensación de visión, ver fig. 55.

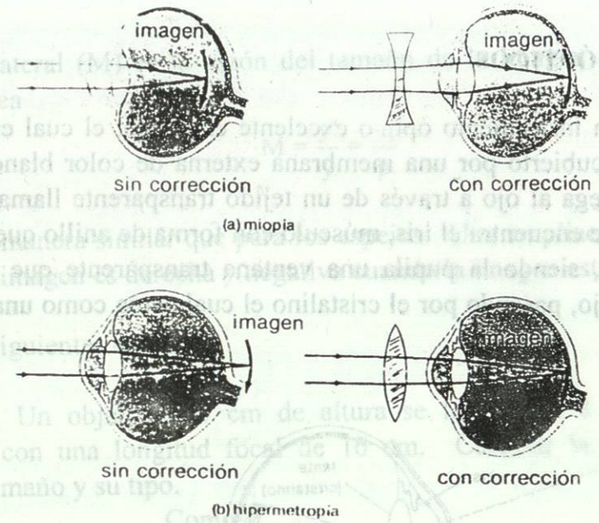

Figura 56. Defectos visuales comunes.

Cuando la imagen no se forma sobre la retina, las lentes correctivas sirven para enfocar los objetos, por ejemplo la miopía es cuando la imagen se forma delante de la retina y este defecto se corrige con una lente divergente, ver fig. 56a; la hipermetropía se debe a que la imagen se forma detrás de la retina, una lente convergente corregirá este defecto, ver fig. 56b; el astigmatismo es un defecto común que ocurre cuando la córnea, el cristalino o ambos no son perfectamente esféricos, haciendo que los rayos luminosos tengan diferentes focos, de tal forma que el objeto visto puede ser nítido en una dirección y borroso en otra, se puede corregir con una lente que tenga mayor curvatura en el plano donde la córnea o el cristalino muestre una curvatura deficiente.

Microscopio. El microscopio se basa en dos lentes convergentes El objeto se coloca muy cerca de la lente inferior (lente objetivo), esta lente forma una imagen real, la cual queda colocada entre la segunda lente (lente ocular) y su punto focal. produciendo una imagen virtual muy aumentada en comparación con la imagen real, ver figura 57.

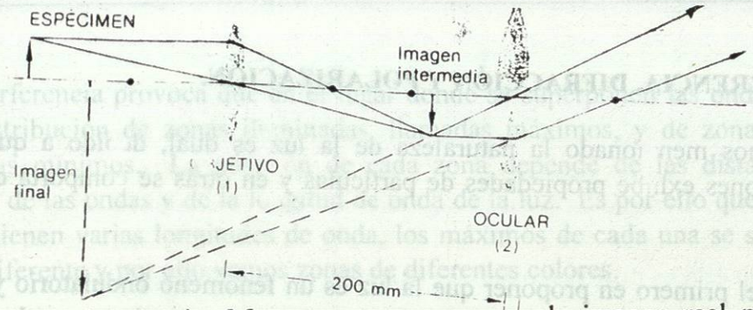

Figura 57. Microscopio. Manera en que se forma la imagen real por el lente objetivo y la imagen virtual que se forma a partir del lente ocular.

El telescopio también usa dos lentes convergentes. La lente objetivo tiene una distancia focal mucho mayor que la del microscopio. La formación de imágenes de un telescopio es debido a que la lente objetivo forma la imagen real e invertida de un objeto distante. Esta imagen se localiza entre el punto focal del ocular y la lente ocular. El resultado es una imagen virtual, aumentada e invertida, ver fig. 58.

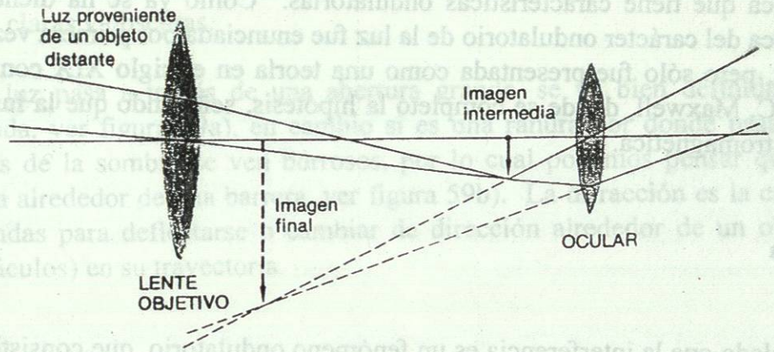

Figura 58. Sistema de lentes de un telescopio.