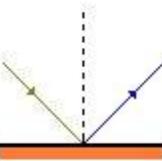
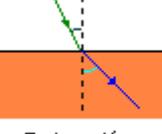


Unidad 3: Propagación de la Luz

Algunas propiedades de la luz

La luz presenta tres propiedades características:

Se propaga en línea recta.	
Se refleja cuando llega a una superficie reflectante.	 <p>Reflexión regular</p>
Cambia de dirección cuando pasa de un medio a otro (se refracta).	 <p>Refracción</p>

La luz se propaga en línea recta

La luz se propaga en línea recta. La línea recta que representa la dirección y el sentido de la propagación de la luz se denomina rayo de luz (el rayo es una representación, una línea sin grosor, no debe confundirse con un haz, que sí tiene grosor).

Un hecho que demuestra la propagación rectilínea de la luz es la formación de sombras. Una sombra es una silueta oscura con la forma del objeto.

Sombras, penumbras y eclipses

- Si un foco, grande o pequeño, de luz se encuentra muy lejos de un objeto produce sombras nítidas.
- Si un foco grande se encuentra cercano al objeto, se formará sombra donde no lleguen los rayos procedentes de los extremos del foco y penumbra donde no lleguen los rayos procedentes de un extremo pero sí del otro.

La luz se refleja

La reflexión de la luz se representa por medio de dos rayos: el que llega a una superficie, **rayo incidente**, y el que sale "rebotado" después de reflejarse, **rayo reflejado**.

Si se traza una recta perpendicular a la superficie (que se denomina normal), el rayo incidente forma un ángulo con dicha recta, que se llama **ángulo de incidencia**.

La reflexión de la luz es el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso al chocar contra la superficie de los cuerpos. La luz reflejada sigue propagándose por el mismo medio que la incidente.

La reflexión de la luz cumple dos leyes:

- El rayo incidente, el reflejado y la normal están en un mismo plano perpendicular a la superficie.
- El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

¿Por qué vemos los objetos?

Podemos ver los objetos que nos rodean porque la luz que se refleja en ellos llega hasta nuestros ojos.

Existen dos tipos de reflexión de la luz: reflexión especular y reflexión difusa.

Reflexión especular: La superficie donde se refleja la luz es perfectamente lisa (espejos, agua en calma) y todos los rayos reflejados salen en la misma dirección.

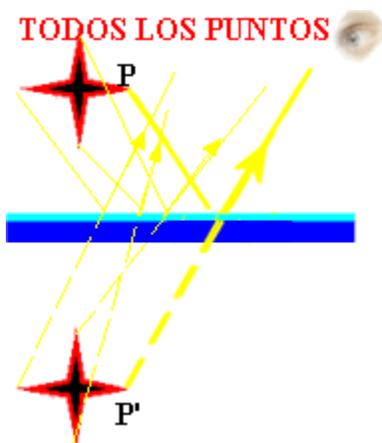
Reflexión difusa: La superficie presenta rugosidades. Los rayos salen reflejados en todas las direcciones. Podemos percibir los objetos y sus formas gracias a la reflexión difusa de la luz en su superficie.

Imágenes en un espejo plano

Al trazar los rayos, según las leyes de la reflexión, se forma una imagen virtual "detrás del espejo". **Formación de imágenes en un espejo plano**

La formación de imágenes en los espejos son una consecuencia de la reflexión de los rayos luminosos en la superficie del espejo. La óptica geométrica explica este familiar fenómeno suponiendo que los rayos luminosos cambian de dirección al llegar al espejo siguiendo las leyes de la reflexión.

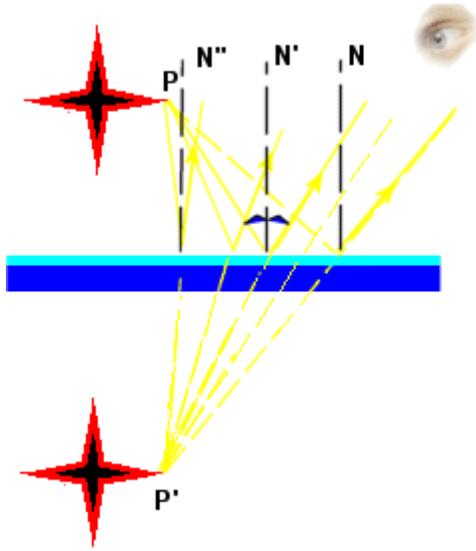
Suponiendo un punto P, que emite o refleja la luz, y que está situado frente a un espejo, el punto simétrico respecto al espejo es el punto P'.



Desde este punto salen infinitos rayos que se reflejan en el espejo (cumplen las leyes de la reflexión) y divergen.

El ojo capta los rayos, y con la ayuda de la córnea y del cristalino (lentes), los hace converger en la retina. Al cerebro, al interpretarlos, parece que le llegan todos desde un punto P' situado detrás del espejo.

El punto P' es la imagen de P .



Para construir el esquema de la marcha de los rayos procedemos de la siguiente manera:

- Para cada punto del objeto hallamos su simétrico respecto al espejo: del punto P obtenemos el punto P' .
- Trazamos rayos desde P hasta el espejo. Los rayos reflejados se obtienen prolongando la recta de unión de P' con el punto de impacto del rayo que va de P al espejo.
- El rayo incidente y el rayo reflejado forman el mismo ángulo con la normal.

Los rayos siguen, desde el objeto hasta el ojo el camino más corto, por lo que emplean un tiempo mínimo (Fermat). De la misma manera construimos imágenes de los demás puntos de un objeto material.

El resultado es que el ojo ve ese conjunto de puntos detrás del espejo y simétricos con el objeto: esa es su imagen.

La imagen del objeto no se puede recoger sobre una pantalla porque los rayos divergen y no se concentran en ningún punto, pero el [sistema óptico](#) del ojo si puede concentrar esos rayos en la retina.

Cuando estamos frente a un espejo plano, nuestra imagen, y todas las imágenes que vemos son:

Simétricas porque aparentemente están a la misma distancia del espejo que el objeto.

Virtuales porque se ven como si estuvieran dentro del espejo, no pueden recogerse sobre una pantalla, pero si pueden ser vistas por nuestro ojo cuando miramos al espejo. Las lentes de nuestro ojo, cristalino y córnea, se encargan de enfocar y de concentrar los rayos que divergen sobre nuestra retina.

Del mismo tamaño que el objeto.

Derechas porque conservan la misma posición que el objeto.

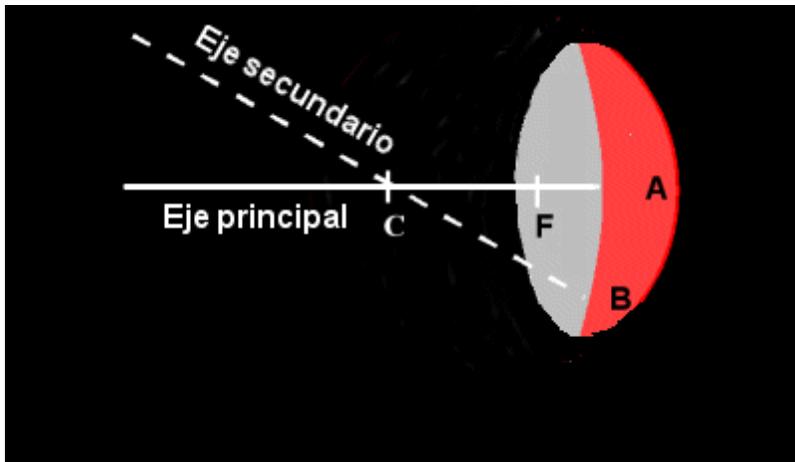
Imágenes en espejos curvos

Los espejos curvos pueden ser **cóncavos** (superficie curva con la parte central más hundida) o **convexos** (superficie curva con la parte central saliente). Según la forma de la superficie pulimentada de los espejos curvos, estos pueden ser esféricos, parabólicos, etc.

Los espejos esféricos tienen forma de casquete (una parte de una esfera hueca):

Pueden ser cóncavos o convexos.

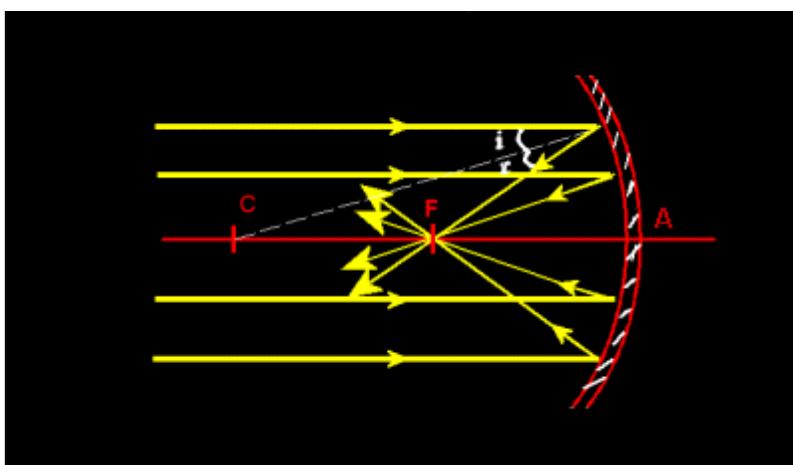
El espejo es cóncavo si la parte plateada (pulimentada) es la interior del casquete y es convexo si la parte plateada (pulimentada) es la exterior del casquete.



El espejo convexo da una imagen menor que el objeto y virtual (los rayos reflejados no se concentran en ningún punto y no se puede recoger la imagen del objeto sobre una pantalla)

En un espejo esférico podemos definir las siguientes partes:

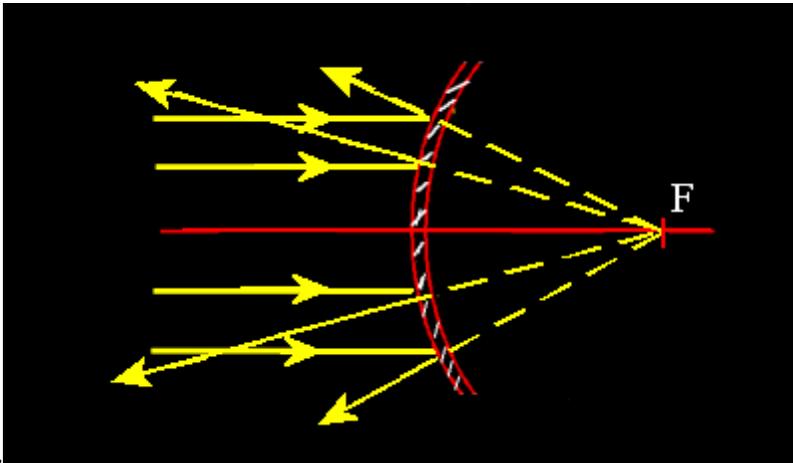
- Centro de curvatura del espejo. Es el centro de la esfera a la que pertenece el casquete espejo. En la figura es el punto C .
- Centro de figura del espejo. Es el polo o centro geométrico del casquete. El punto A de la figura.
- Eje principal. Es la recta que pasa por el centro de curvatura del espejo y por el centro de figura. Queda definido por la recta CA.
- Eje secundario. Es cualquier recta que pasa por el centro de curvatura. Existen infinitos ejes secundarios. En la figura se ve el marcado por la recta CB.
- Foco principal del espejo. Es un punto del eje principal en el que se cortan, una vez reflejados, los rayos que llegan al espejo paralelos al eje principal.



Para espejos de radio de curvatura pequeño (muy cerrados), el foco principal se encuentra a la mitad de la distancia entre el centro de curvatura y el de la figura.

El espejo cóncavo es un dispositivo óptico que puede formar imágenes sobre una pantalla debido a la reflexión de la luz que procede de la superficie de un objeto.

En los espejos convexos el foco es virtual (está situado a la derecha del centro del espejo, [distancia focal positiva](#)). Los rayos reflejados divergen y solo sus prolongaciones se cortan en un punto sobre el eje principal.



Los espejos ofrecen frente a las lentes una serie de ventajas que permiten usarlos en determinados instrumentos ópticos: no muestran aberración cromática y solo es preciso pulir una superficie curva (mientras que en las lentes deben pulirse dos).

La luz se refracta

La refracción de la luz es el cambio de dirección que experimentan los rayos luminosos al pasar de un medio a otro en el que se propagan con distinta velocidad. Por ejemplo, al pasar del aire al agua, la luz se desvía, es decir, se refracta.

Las leyes fundamentales de la refracción son:

- El rayo refractado, el incidente y la normal se encuentran en un mismo plano.
- El rayo refractado se acerca a la normal cuando pasa de un medio en el que se propaga a mayor velocidad a otro en el que se propaga a menor velocidad. Por el contrario, se aleja de la normal al pasar a un medio en el que se propaga a mayor velocidad.

La relación entre la velocidad de la luz en el vacío y en un medio en el que pueda propagarse se denomina **índice de refracción (n)** de ese medio: $n = c / v$

La dispersión de la luz, una manifestación de la refracción

La luz blanca es una mezcla de colores: si un haz de luz blanca atraviesa un medio dispersor, como, por ejemplo, un prisma, los colores se separan debido a que tienen diferentes índices de refracción.



Las lentes

Se emplean para muy diversos fines: gafas, lupas, prismáticos, objetivos de cámaras, telescopios, etc. Existen dos tipos:

- **Lentes convergentes:** Son más gruesas por el centro que por los extremos. Los rayos refractados por ellas convergen en un punto llamado **foco**.

- **Lentes divergentes:** Son más gruesas por los extremos que por el centro. Los rayos refractados no convergen en un punto, sino que se separan. ¿Qué son?

Una lente es un sistema óptico centrado formado por dos dioptrios de los cuales uno, por lo menos, acostumbra a ser esférico, y dos medios externos que limitan la lente y tienen el mismo índice de refracción.

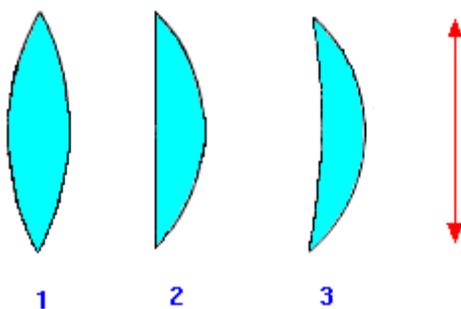
Si el grosor de la lente es despreciable, comparándolo con los radios de curvatura de las caras que la forman, recibe el nombre de lente delgada.

Desde el punto de vista óptico cada cara es un [dioptrio](#).

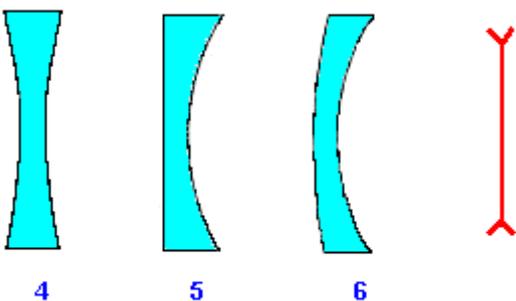
Tipos

Según su forma las lentes delgadas pueden ser **convergentes** y **divergentes**.

Convergentes: son más gruesas en el centro que en los extremos. Se representan esquemáticamente con una línea con dos puntas de flecha en los extremos.



Según el valor de los radios de las caras pueden ser: biconvexas (1), planoconvexas (2) y menisco convergente (3).



Divergentes: Son más delgadas en la parte central que en los extremos. Se representan esquemáticamente por una línea recta acabada en dos puntas de flecha invertidas.

Según el valor de los radios de las caras (que son dioptrios) pueden ser: bicóncavas (4), plano cóncavas (5) y menisco divergente (6).

En esta foto vemos dos lentes de las que existen en los laboratorios de óptica.

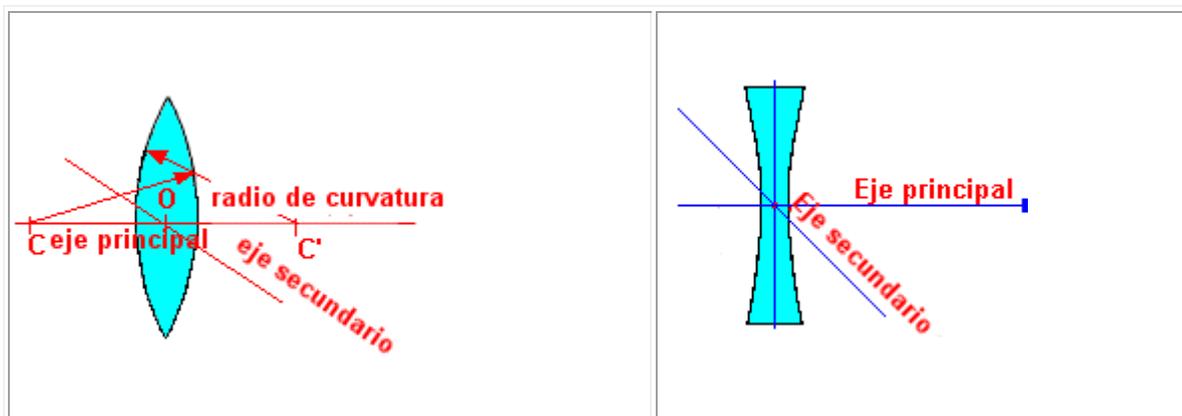


En la foto inferior ¿cuál es la lente divergente ?



Elementos de las lentes

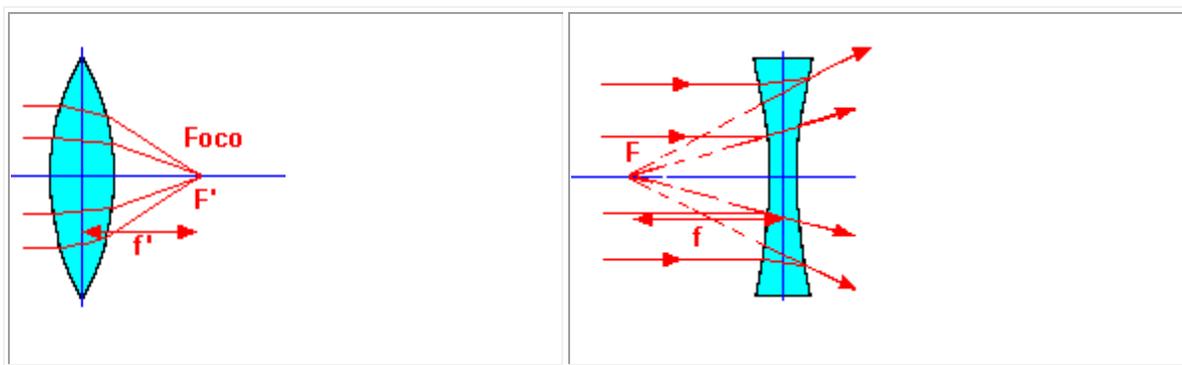
Una lente está compuesta por dos superficies esféricas, cada una con su centro de curvatura. La línea que une los centros de curvatura se llama **eje principal**.



El centro geométrico de la lente es el **Centro óptico**, O.

Centro de curvatura, C y C', son los centros de las superficies que forman sus caras.

Todas las rectas que pasan por el **Centro óptico** son **ejes secundarios**.



Foco principal imagen en las lentes convergentes es el punto situado sobre el eje en el que inciden los rayos que vienen paralelos al eje principal.

En las lentes divergentes es el punto del eje del que parecen diverger los rayos que vienen del infinito después de atravesarla.

Existe un foco objeto y un foco imagen. ¿Podrías definirlos? ¿Cómo salen de la lente los rayos que parten del foco objeto?

Las **distancias focales** son las distancias entre el foco principal y el centro óptico.

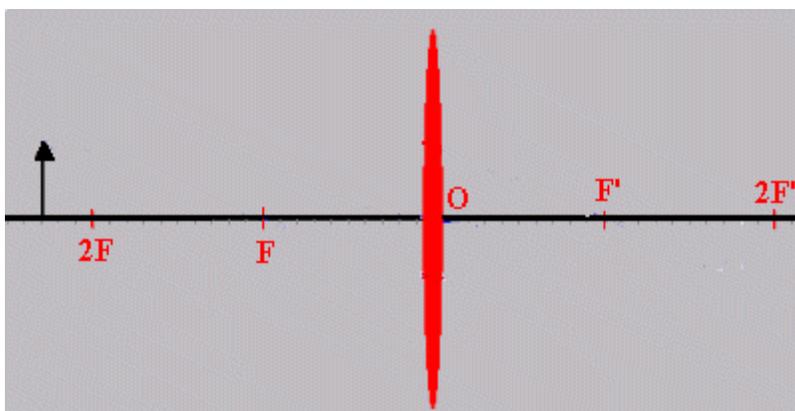
Imágenes a través de lentes

Para analizar las imágenes se emplean diagramas de rayos.

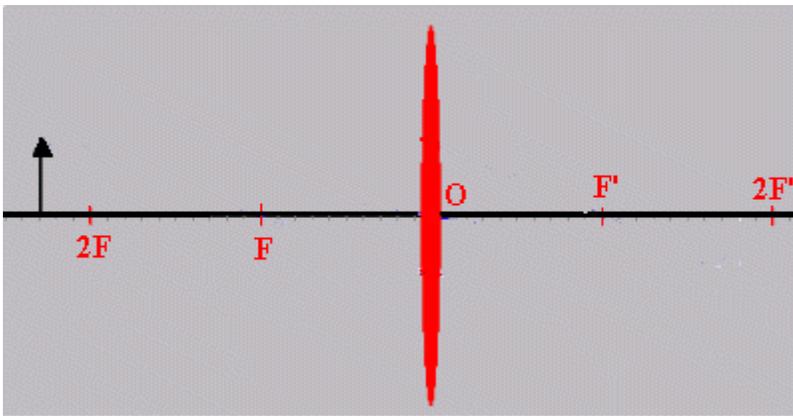
Reglas de construcción de imágenes en las lentes.

Las trayectorias de los infinitos rayos que salen de un objeto están definidas por estas reglas:

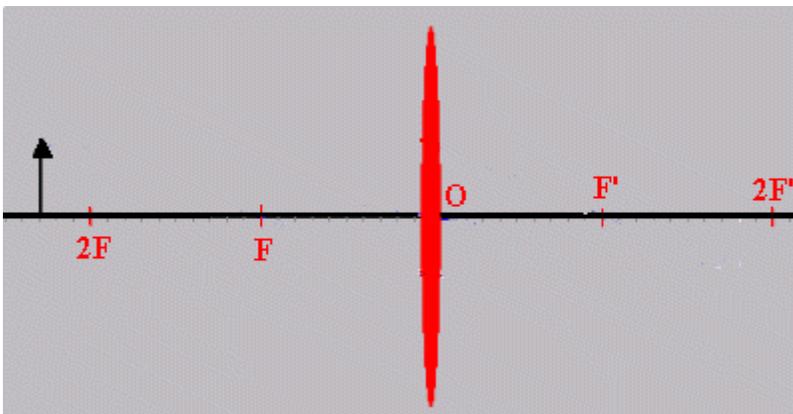
Todo rayo que marcha paralelo al eje óptico antes de entrar en la lente, pasa, al salir de ella, por el foco imagen, F' .



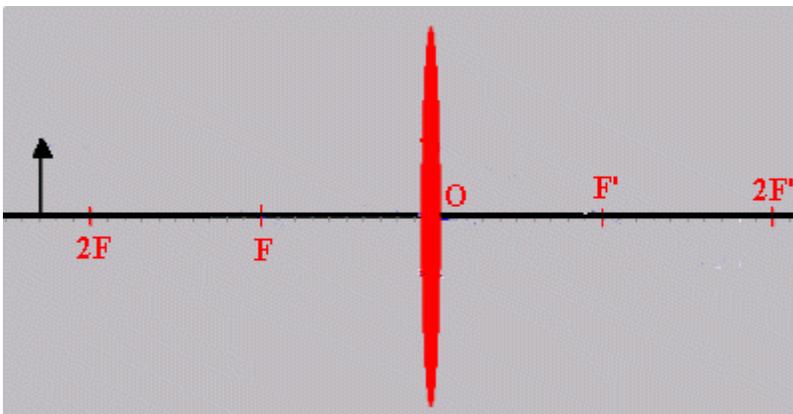
Todo rayo que pasa por el foco objeto, F , llega a lente y se refracta en ella, emergiendo paralelo al eje óptico.



Todo rayo que pasa por el centro óptico (que es el centro geométrico de la lente) no sufre desviación.



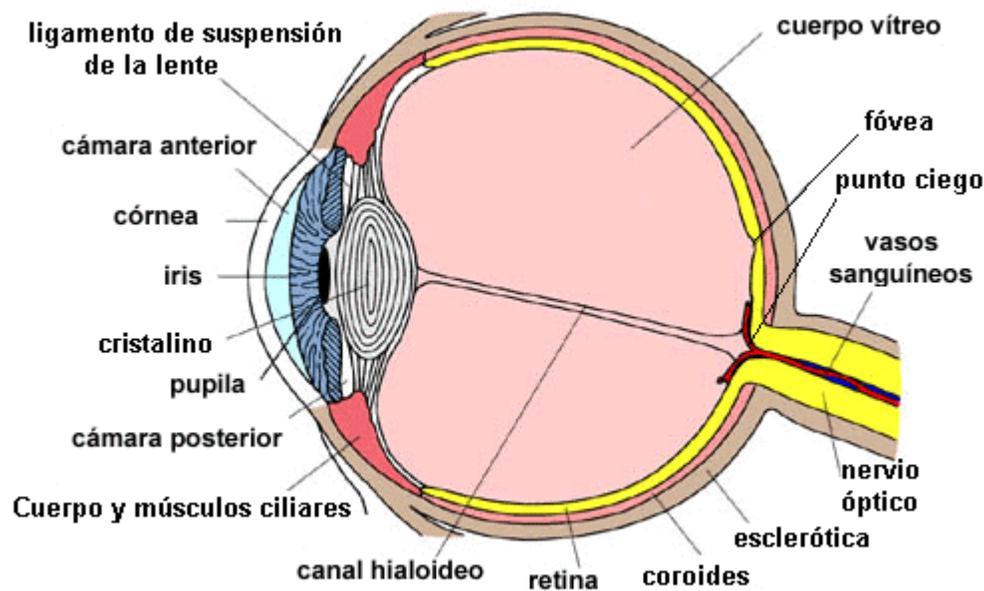
Para localizar el punto imagen que de un objeto da una lente, debemos construir por lo menos la trayectoria de dos de los rayos más arriba mencionados. En el punto de cruce se forma el punto imagen:



El ojo y la vista

El ojo humano es un completo instrumento óptico gracias al cual podemos percibir todos los fenómenos vistos hasta ahora. El 50 % de la información que recibimos de nuestro entorno la recibimos a través de los ojos. La ingente información que recibimos en un simple vistazo a nuestro entorno se guarda durante un segundo en nuestra memoria y luego la desechamos casi toda. ¡No nos fijamos en casi nada!

El ojo humano es un sistema óptico formado por un dioptrio esférico y una lente, que reciben, respectivamente, el nombre de córnea y cristalino, y que son capaces de formar una imagen de los objetos sobre la superficie interna del ojo, en una zona denominada retina, que es sensible a la luz.



En la figura anterior se ven claramente las partes que forman el ojo. Tiene forma aproximadamente esférica y está rodeado por una membrana llamada **esclerótica** que por la parte anterior se hace transparente para formar la **córnea**.

Tras la córnea hay un diafragma, el **iris**, que posee una abertura, la **pupila**, por la que pasa la luz hacia el interior del ojo. El iris es el que define el color de nuestros ojos y el que controla automáticamente el diámetro de la pupila para regular la intensidad luminosa que recibe el ojo.

El **crystalino** está unido por ligamentos al **músculo ciliar**. De esta manera el ojo queda dividido en dos partes: la posterior que contiene **humor vítreo** y la anterior que contiene **humor acuoso**. El índice de refracción del cristalino es 1,437 y los del humor acuoso y humor vítreo son similares al del agua.

El cristalino enfoca las imágenes sobre la envoltura interna del ojo, la **retina**. Esta envoltura contiene fibras nerviosas (prolongaciones del nervio óptico) que terminan en unas pequeñas estructuras denominadas conos y bastones muy sensibles a la luz. Existe un punto en la retina, llamado **fóvea**, alrededor del cual hay una zona que sólo tiene conos (para ver el color). Durante el día la fóvea es la parte más sensible de la retina y sobre ella se forma la imagen del objeto que miramos.

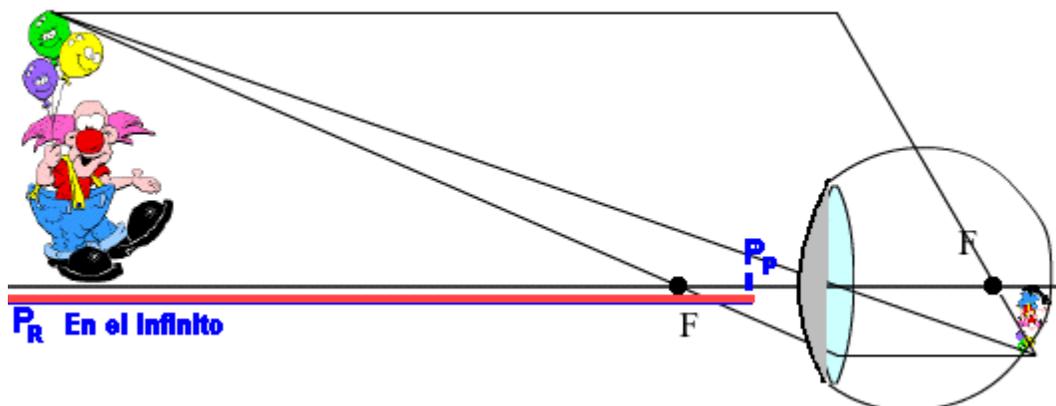
Los millones de nervios que van al cerebro se combinan para formar un **nervio óptico** que sale de la retina por un punto que no contiene células receptoras. Es el llamado **punto ciego**.

La córnea refracta los rayos luminosos y el cristalino actúa como ajuste para enfocar objetos situados a diferentes distancias. De esto se encargan los músculos ciliares que modifican la curvatura de la lente y cambian su potencia. Para enfocar un objeto que está próximo, es decir, para que la imagen se forme en la retina, los músculos ciliares se contraen, y el grosor del cristalino aumenta, acortando la distancia focal imagen. Por el contrario si el objeto está distante los músculos ciliares se relajan y la lente adelgaza. Este ajuste se denomina **acomodación o adaptación**.

El ojo sano y normal ve los objetos situados en el infinito sin acomodación enfocados en la retina. Esto quiere decir que el foco está en la retina y el llamado punto remoto (P_r) está en el infinito.

Se llama **punto remoto** la distancia máxima a la que puede estar situado un objeto para que una persona lo distinga claramente y **punto próximo** a la distancia mínima.

Un ojo normal será el que tiene un punto próximo a una distancia "d" de 25 cm, (para un niño puede ser de 10 cm) y un punto remoto situado en el infinito. Si no cumple estos requisitos el ojo tiene algún defecto.



El ojo es un sistema óptico que concentra y logra enfocar en la retina los rayos que salen divergentes de un objeto (de otro modo los rayos salientes de un punto no podrían recogerse sobre una pantalla para dar su imagen).

Defectos de la vista

Se denomina ojo "emélope" al ojo normal, es decir, aquél que enfoca bien los objetos lejanos y cercanos. Los defectos más habituales de la visión son:

- **Miopía:** Se produce en ojos con un globo ocular anormalmente grande, el cristalino no enfoca bien y la imagen de los objetos lejanos se forma delante de la retina y no en su superficie. Los miopes ven borrosos los objetos lejanos, pero bien los cercanos. Se corrige con lentes divergentes, que trasladan la imagen más atrás.
- **Hipermetropía:** El globo ocular es más pequeño de lo normal y la imagen de los objetos cercanos se forma detrás de la retina. Los hipermétropes ven mal de cerca pero bien de lejos. Se corrige usando lentes convergentes.
- **Astigmatismo:** Es un defecto muy habitual que se debe a deformaciones en la curvatura de la córnea. La visión no es nítida.

CUESTIONARIO

1. Señale las propiedades de la luz
2. ¿Cómo se propaga la luz?. Explique.
3. ¿Cuál es la diferencia entre sombra, penumbra y eclipse?
4. ¿Qué es la reflexión de la luz?
5. ¿Cuáles son las leyes de la reflexión?
6. ¿Por qué vemos los objetos?
7. ¿Cuál es la diferencia entre reflexión Especular y Difusa?
8. ¿Cuáles son las características de la imagen en un espejo plano?
9. Señale los tipos de espejos curvos
10. Indique los elementos de un espejo esférico
11. ¿Qué es refracción?
12. ¿Cuáles son las Leyes de la Refracción?
13. ¿Qué es la Dispersión de la Luz?
14. ¿Qué son las Lentes?
15. Señale los tipos de Lentes y sus diferencias
16. Nombre las partes que conforman el ojo humano
17. Explique brevemente la función que cumple en nuestra visión:
 - a) Retina
 - b) Cornea
 - c) Cristalino
 - d) Humor acuoso
18. Nombre 3 defectos de la visión y explique cada uno de ellos.