

INSTRUMENTOS ÓPTICOS: LA CÁMARA FOTOGRAFICA

Índice

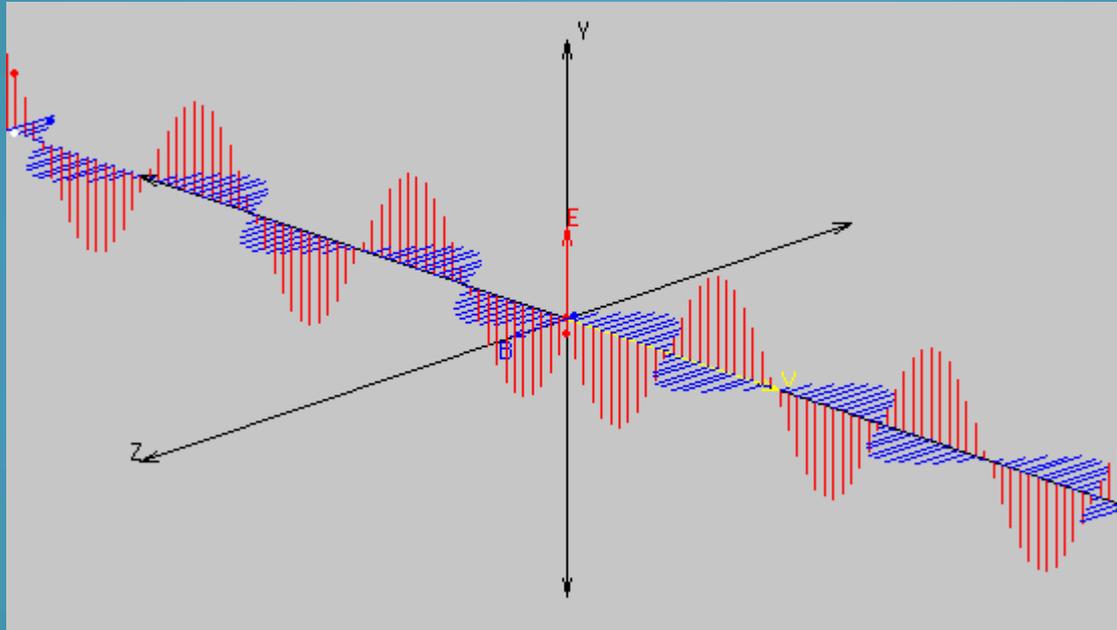
- ▣ Fundamentos ópticos de la fotografía y nociones básicas sobre la luz.
 - Introducción
 - Espectros y longitudes de onda
 - Propiedades ópticas de la luz
 - Ley del cuadrado inverso (atenuación de la luz)
- ▣ Fundamento teórico principal: Cámara Oscura
- ▣ Partes de la cámara:
 - Cuerpo:
 - El obturador y la velocidad del disparo
 - Sensor o película (sensibilidad ISO)
 - Visor
 - Disparador
 - Objetivo:
 - Definición y tipos de lente
 - Diafragma (número f, luminosidad y profundidad de campo)
 - Distancia focal
 - Aberraciones ópticas
- ▣ Fotografía aplicada (ejemplos)

Fundamentos ópticos de la fotografía y nociones básicas sobre la luz.

- La luz visible no es más que una pequeña porción del espectro electromagnético. La luz, según la Teoría Corpuscular posee una naturaleza dual (es decir puede comportarse como una onda o como una partícula). No obstante en el campo de la fotografía es más conveniente estudiar su naturaleza ondulatoria.

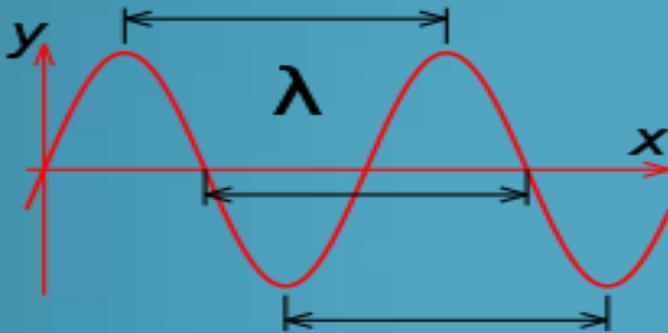
- La luz, como energía electromagnética, posee una serie de propiedades características:
 - Es irradiada a partir de una fuente o foco.
 - Puede desplazarse en el vacío a altísimas velocidades (aprox. 300.000 km/s), y atravesar medios materiales, descendiendo su velocidad en función de la densidad del medio y del tipo de medio (fenómeno de absorción).
 - Se propaga en línea recta en forma de ondas perpendiculares a la dirección del desplazamiento (onda electromagnética).
 - La intensidad de la propagación disminuye de forma proporcional a la distancia respecto al foco emisor (atenuación).

- En fotografía para cualificar la luz, se consideran fundamentales los siguientes 3 aspectos:
 - La altura de las crestas de las ondas, que determinan la intensidad de la luz.
 - La distancia entre dos crestas contiguas o LONGITUD DE ONDA, que determina tanto el color de la luz, como la capacidad de afectar o no al material fotosensible.
 - El ángulo de polarización u orientación de las crestas respecto a la dirección de propagación.



Espectros y longitudes de onda

- La longitud de onda se define como la distancia que hay entre dos puntos de la onda que están en la misma fase y se representa con λ

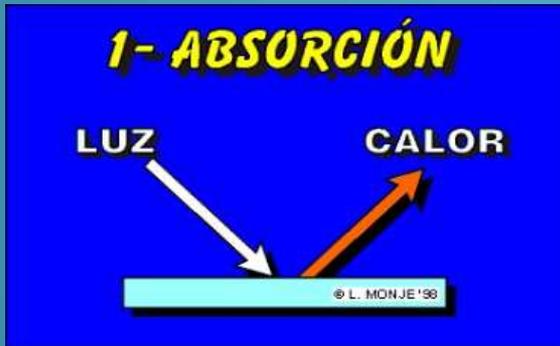


$$\lambda = \frac{v}{\nu}$$

- El ojo humano solo es capaz de distinguir radiaciones entre 400 y 700 nm., por debajo de los 400 nm. entramos en la franja de las radiaciones ultravioletas, y por encima de los 700 nm., en la región del infrarrojo.
- Del mismo modo, las películas fotográficas y los sensores utilizados en las cámaras registran la misma longitud de onda que el ojo humano. Sin embargo, también es posible registrar luz infrarroja y ultravioleta, por ejemplo mediante el uso de distintas películas y de filtros.

Propiedades ópticas de la luz

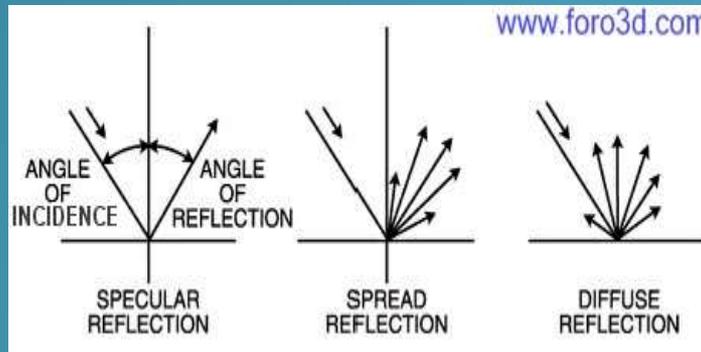
- Cuando un rayo luminoso incide sobre un cuerpo, su comportamiento varía según sea la superficie y constitución de dicho cuerpo, y la inclinación de los rayos incidentes, dando lugar a los siguientes fenómenos físicos:
- 1) Absorción: Proceso mediante el cual un material absorbe la radiación de una onda de luz. Esta radiación, al ser absorbida, puede ser remitida o bien transformarse en otro tipo de energía, como calor o energía eléctrica.



$$I = I_0 e^{-\beta x}$$

- Según el comportamiento de los materiales ante este fenómeno los clasificamos en opacos, traslucidos o transparentes.

- 2) Reflexión: Se produce cuando al incidir un rayo luminoso sobre una superficie lisa y brillante este se refleja en un ángulo igual con respecto a la normal.

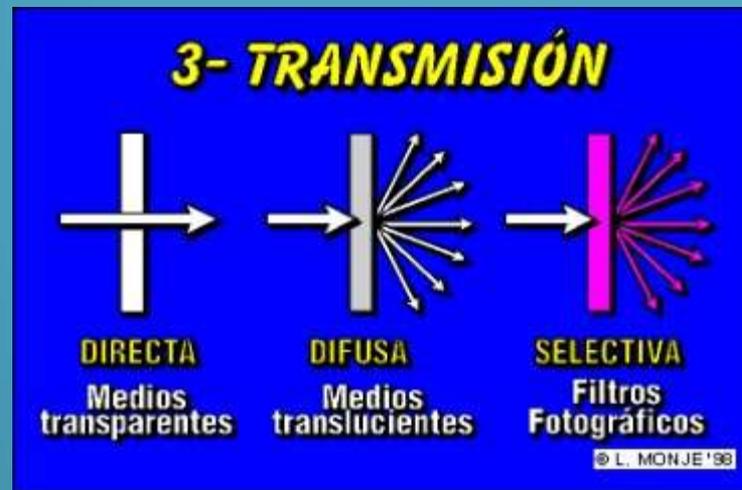


$$\varphi_1 = \varphi_2$$

- Si la superficie no es del todo lisa, y brillante, refleja sólo parte de la luz que le llega y además lo hace en todas direcciones, como en el caso de los reflectores fotográficos de polipropileno expandido.

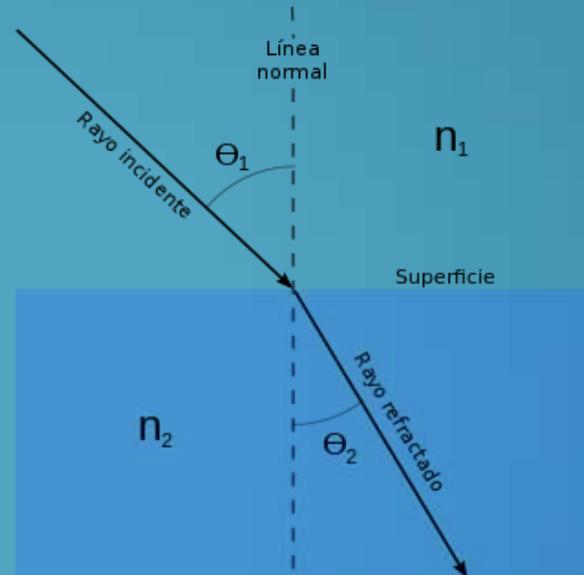
- A este fenómeno se le conoce con el nombre de *reflexión difusa*, y es la base de la *Teoría del Color*, que dice que:
Si sobre un objeto incide un haz de ondas de distinta longitud, absorbe unas y refleja otras, siendo estas últimas las que en conjunto determinan el color del objeto.

- 3) Transmisión:
- Se denomina transmisión al fenómeno por el cual la luz atraviesa objetos transparentes y traslúcidos.
- Hay 3 tipos de transmisiones:
- **DIRECTA** : cuando el haz de luz atraviesa completamente el objeto y lo hace de forma lineal. (Medio transparente)
- **DIFUSA**: En el interior del cuerpo el rayo se dispersa. (Medio traslúcido)
- **SELECTIVA**: materiales que dejan pasar sólo ciertas longitudes de onda y absorben otras, como es el caso de los filtros fotográficos.



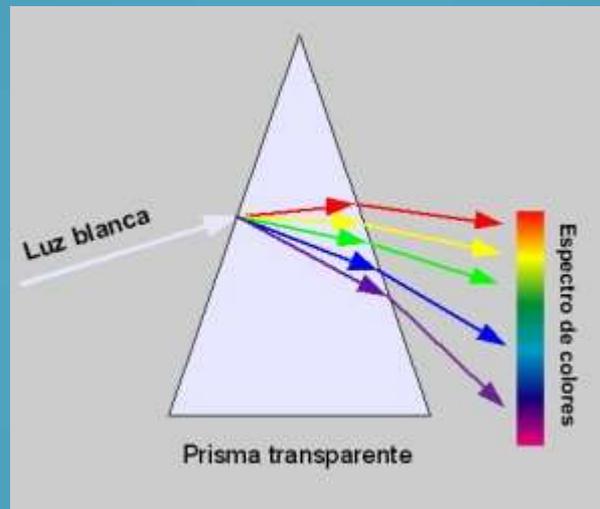
- 4) Refracción: Cuando los rayos luminosos inciden oblicuamente sobre un medio transparente, o pasan de un medio a otro de distinta densidad, experimentan un cambio de dirección (provocado por un cambio en la velocidad de propagación) que viene determinado por la formula:

$$n_1 \cdot \text{sen}\varepsilon_1 = n_2 \cdot \text{sen}\varepsilon_2$$

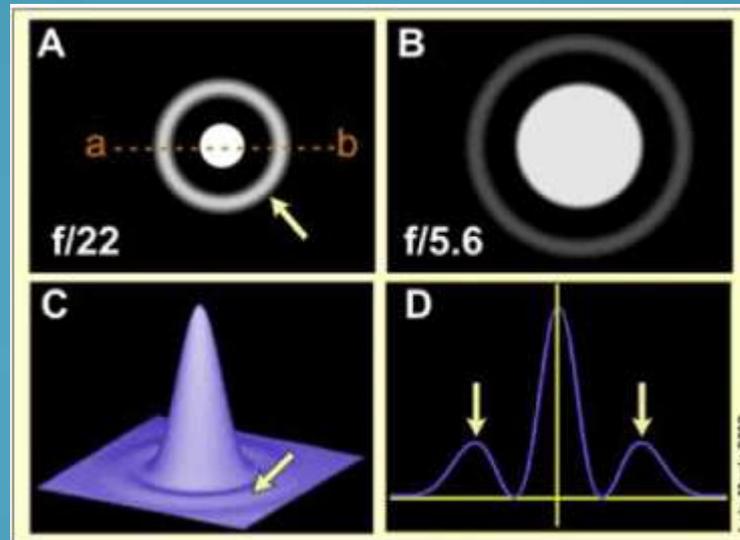


- Este fenómeno tiene mucha importancia en fotografía, ya que la luz antes de formar la imagen fotográfica ha de cambiar frecuentemente de medio: aire - filtros - vidrios de los objetivos - sensor

- 5) Dispersión: Como la luz blanca es un conjunto de diversas longitudes de onda, si un rayo cambia oblicuamente de medio, cada una de las radiaciones se refractará de forma desigual, produciéndose un separación de las mismas, desviándose menos las de onda larga como el rojo y más las cercanas al violeta.



- 6) Difracción: Es la desviación de los rayos luminosos cuando inciden sobre el borde de un objeto opaco . Aunque la luz se propaga en línea recta, sigue teniendo naturaleza ondulatoria y, al chocar con un borde afilado, se produce un segundo frente de ondas circular.



- Esta propiedad es una de las más importantes en la fotografía y tiene implicaciones tanto a nivel técnico como compositivo.

Ley del cuadrado inverso

- *“Cuando una superficie está iluminada por un manantial de luz puntual (que se propaga en forma de circunferencias concéntricas), la intensidad de la iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia respecto al foco de luz.”*
- Esta ley es ampliamente utilizada en los estudios sobre iluminación y es consecuencia directa de que las ondas luminosas sean ondas esféricas.
- Siendo las ondas luminosas de frecuencia constante y misma amplitud se considera que la energía de una onda luminosa se mantiene constante.

$$E = \frac{1}{2} m \cdot \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot A^2 \cdot n$$

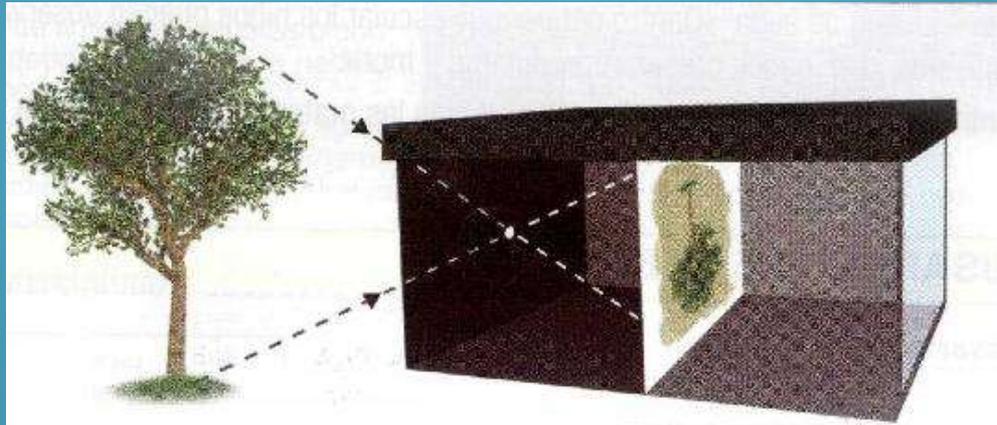
- Por tanto la Energía será proporcional a A^2 y a n , siendo n los puntos de la esfera.
- Definiendo entonces la intensidad de la onda luminosa como $E/S \cdot t$ y siendo la intensidad directamente proporcional a la A^2 diremos que en una onda esférica:

$$I \propto \frac{1}{r^2}$$

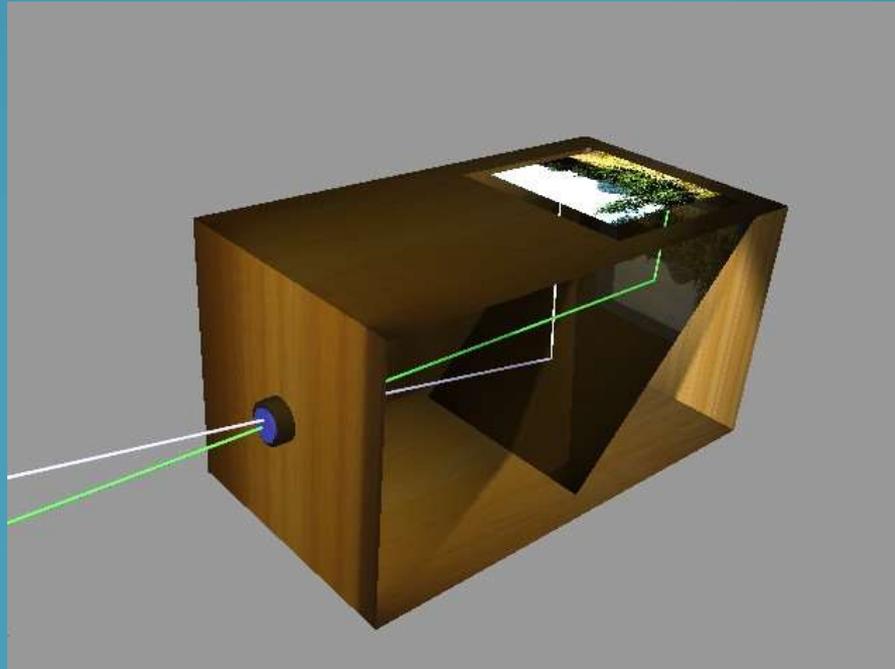
Fundamento teórico principal: Cámara Oscura

▣ INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

- ▣ A principios del siglo XI D.C. el astrónomo y matemático Alazhen estudió los fenómenos de la luz usando un cuarto completamente oscuro con un pequeño orificio por el que pasaba la luz. Descubrió que cualquier imagen se reflejaba en la pared pero en forma invertida, este fenómeno es completamente normal debido a la naturaleza rectilínea de un haz de luz (de esta forma funciona también un ojo humano). Este descubrimiento fu denominado *cámara oscura*.

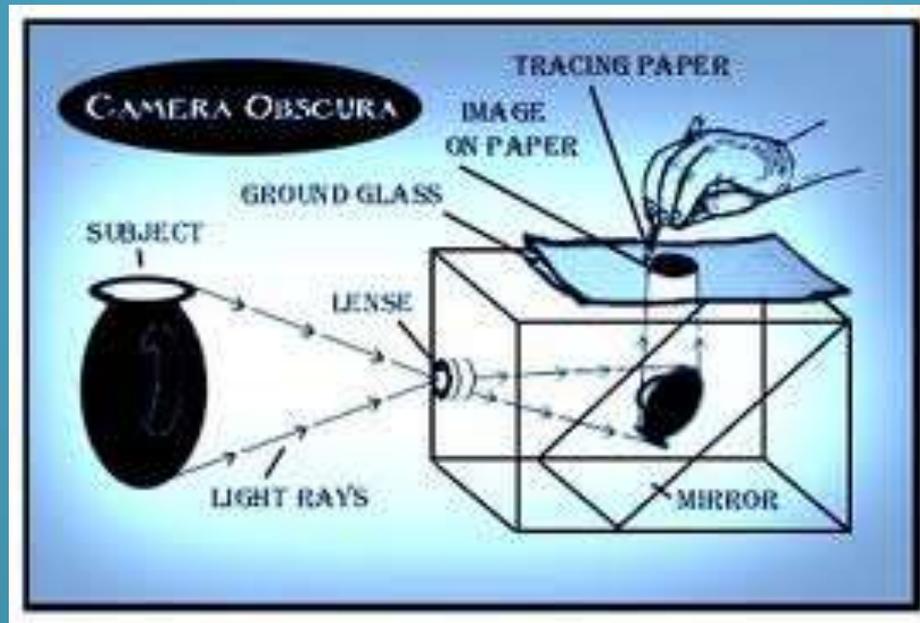


- En el siglo XIII Roger Bacon decide agregar a la cámara oscura una mesa y un espejo a 45° y así proyectar la imagen sobre una superficie:

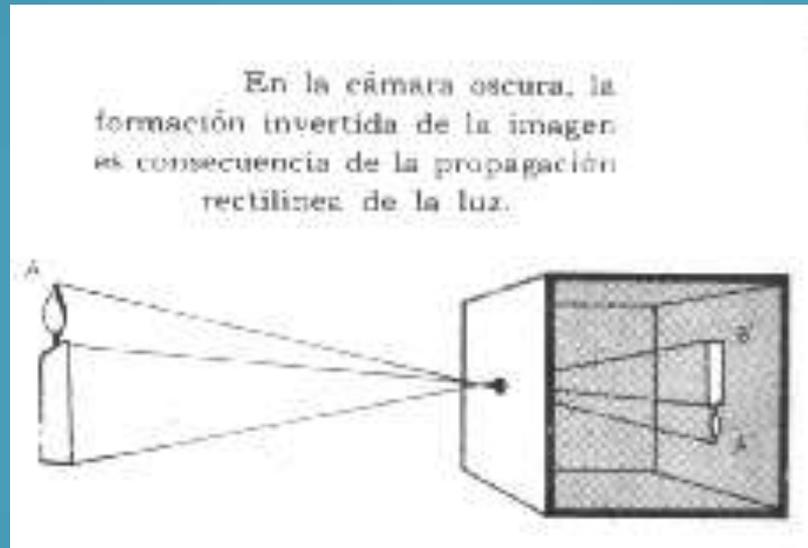


- También estudiaron la cámara oscura Leonardo Da Vinci en el siglo XVI , Cesare Cesariano en el SXVI, Giovanni della Porta en el SXVI, Johann Zahn (que en 1685 transforma la gran cámara oscura en un dispositivo relativamente portátil) y Carl Wilhelm y Jean Senebier.

- La cámara oscura es un instrumento óptico que permite obtener una proyección plana de una imagen externa sobre la zona interior de su superficie. Constituyó uno de los dispositivos ancestrales que condujeron al desarrollo de la fotografía.
- Consiste en una caja cerrada con papel fotográfico y un pequeño agujero.



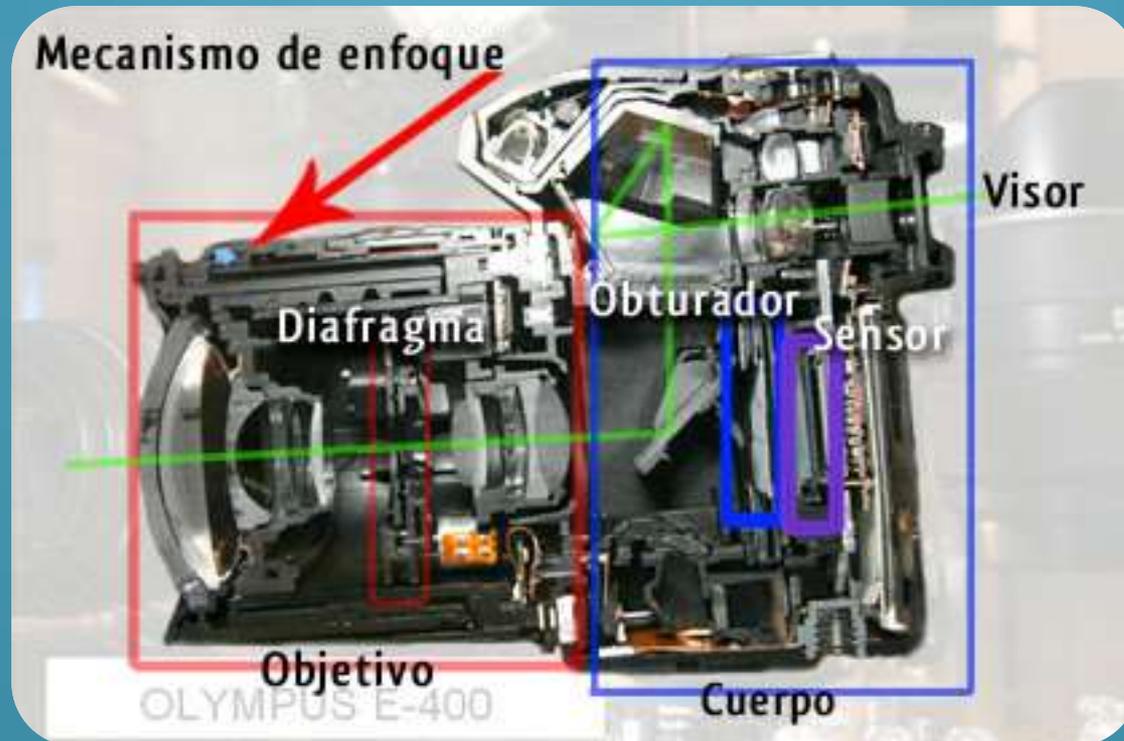
- El principio de funcionamiento de la cámara oscura es el siguiente: Dado que la luz viaja en línea recta, si hacemos que pase por un pequeño orificio y caiga sobre una pantalla, cada parte de ésta sólo podrá ver la luz de una porción del sujeto, creándose así una imagen más o menos nítida.



- La imagen que obtenemos mediante este procedimiento es real puesto que aparece proyectada en la superficie de la cámara y $S' > 0$; invertida puesto que la imagen obtenida es una imagen girada (por lo tanto, si $y > 0$, entonces $y' < 0$) y con un aumento lateral de $\beta' = 1$.

Partes de la cámara

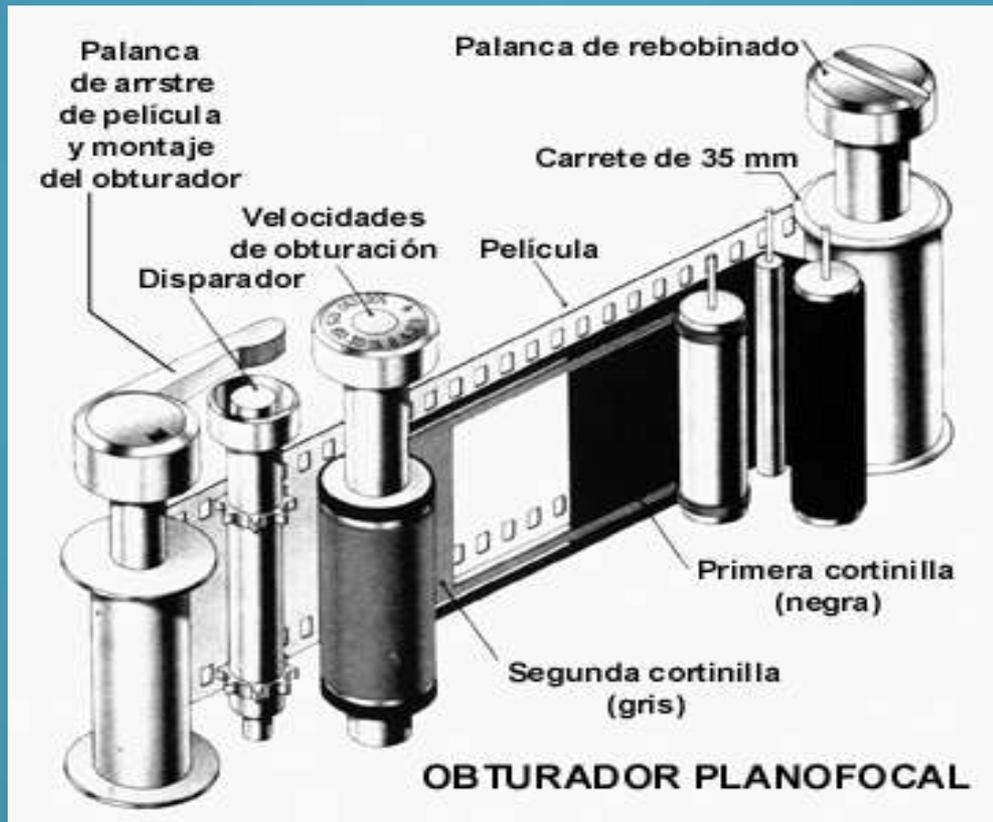
- Establecido el fundamento teórico de la cámara oscura vamos a describir las partes de la cámara moderna SLR (single lens reflex, una sola lente) o DSRL.
- Distinguiremos entonces 2 unidades básicas a la hora de esquematizar las partes de la cámara. Por un lado el Cuerpo y por otro el objetivo.



Obturador

- La exposición es una de las fases fundamentales del proceso fotográfico, y está determinada por la intensidad luminosa controlada por el diafragma y el tiempo de exposición, regulado por el obturador.
- El obturador es el elemento responsable de dejar pasar la luz que entra a través del objetivo para que incida sobre la película o sensor digital. La velocidad con la que se abre y cierra es la que regula este tiempo de exposición y recibe el nombre de velocidad de obturación.
- En las cámaras estudiadas en este trabajo (SLR) se utiliza el obturador planofocal: se denomina así por que prácticamente se halla situado en el plano focal de la imagen, directamente sobre el sensor.
El modelo más común, el de cortinillas, está formado por dos láminas paralelas que corren por el plano focal a gran velocidad. A bajas velocidades, se abre primero la lámina más cercana al objetivo, y la otra corre después como un telón tapando el espacio abierto por la primera. Según se eligen velocidades superiores, los dos telones se van aproximando en sus movimientos de cierre y apertura hasta avanzar casi juntos dejando una pequeña abertura entre ellos que actúa como una pequeña línea de luz que barre el fotograma.

Obturador planofocal



Velocidad de obturación

- Hemos definido la velocidad de obturación como el parámetro que mide el tiempo que tardan las cortinillas del obturador en abrirse y cerrarse. No obstante a la hora de realizar una toma debemos tener presente siempre que:
- La **distancia focal del objetivo condiciona la velocidad** por dos motivos:
 - El mayor peso y vibraciones de los teleobjetivos de larga distancia focal.
 - Por el menor ángulo de cobertura de los mismos.

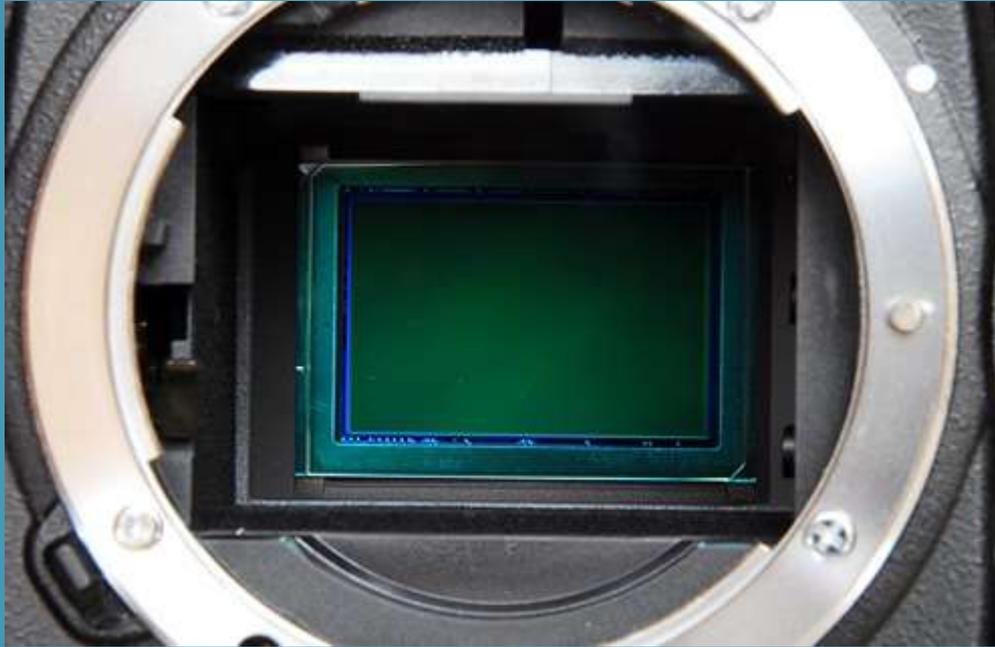
Pensemos, por ejemplo, que si la cámara nos vibra un milímetro hacia abajo al disparar con un gran angular, la escena que contemplamos por el visor se moverá sólo unos centímetros, mientras que con un superteleobjetivo enfocado a 100 metros, la vibración puede desplazar la imagen una decena de metros.

Sensor o película

- Como habíamos definido en el funcionamiento de la cámara oscura es necesario que la imagen que estábamos observando se proyectara sobre alguna parte. Pues bien en las cámaras fotográficas esa superficie donde se proyecta es el sensor.
- En la **fotografía digital** podemos hablar fundamentalmente de dos tipos de sensores en función de la tecnología: **CMOS ó CCD**. En realidad el sensor está formado por un amplio conjunto de sensores que al recibir la luz procedente de la escena generan una **corriente eléctrica**. Esta corriente a su vez es **analizada por un microprocesador central** que las cuantifica y traduce a un número representativo de la intensidad cada una de ellas, de modo que la composición de los distintos números transmitidos por el total de sensores nos permite obtener la fotografía.
- En el caso de la **fotografía analógica** el material fotosensible es conocido como película o carrete y está formado por una sustancia basada en cristales de "haluro de plata" (un compuesto de plata más un halógeno, generalmente bromo), en contacto con la luz procedente de la escena a fotografiar permite que la información de la escena quede almacenada en la película.

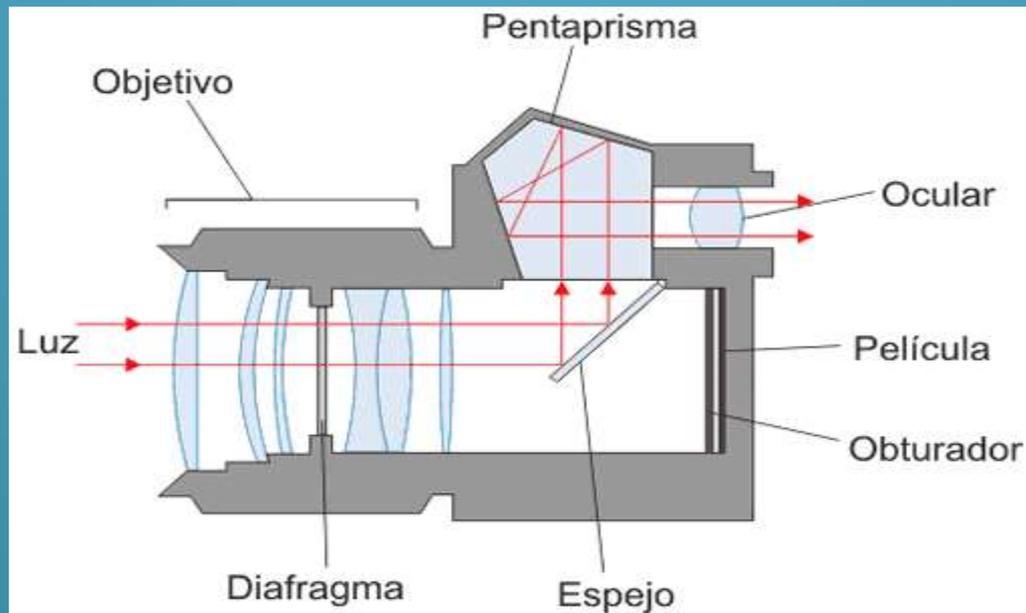
Sensibilidad ISO

- La sensibilidad fotográfica puede definirse como la inversa de la exposición necesaria para obtener una densidad predeterminada. En el negativo B&W este nivel de densidad está fijado en 0,1 unidades de densidad sobre la densidad mínima. Por ello podemos afirmar que la sensibilidad ISO es una escala de valores que parten de un múltiplo inicial.
- No obstante el ajuste de este parámetro provoca 2 problemas fundamentales:
 - Por una parte al subir la sensibilidad ISO estamos forzando el sensor a amplificar las señales de los fotones recibidos, de tal manera que capte más luz. Puesto que la luz es una onda electromagnética y el sensor un material opaco éste se sobrecalienta tanto por el aumento de consumo energético como por el fenómeno de absorción.
 - Aparición del denominado ruido producido por la amplificación de esta señal, ya que en el caso de amplificar la señal al hacer uso de un valor alto de ISO estamos ampliando igualmente los datos aleatorios (puntos de color dispersos por la toma) fruto de la actividad eléctrica del sensor.



Visor Réflex

- ❑ Es el tipo de visor que llevan las **cámaras réflex** (de ahí su nombre). A diferencia de los visores ópticos no funciona de manera independiente del objetivo.
- ❑ Un juego de espejos llamado **pentaprisma**, son los que se encargan de llevar la imagen que entra por el objetivo hasta nuestro visor, por lo que todo aquello que veamos por el visor, será **exactamente igual** a lo que salga en nuestra fotografía.
- ❑ Sin embargo los visores réflex tienen el llamado **factor de cobertura** que oscila entre el 90% y 99% dependiendo de la calidad de la cámara.
- ❑ Gracias al visor réflex, podemos ver la imagen con el enfoque y el encuadre adecuados. Además, podemos **ajustar las dioptrías** para así evitar ponernos las gafas a la hora de usar la cámara (ésta afirmación es verdadera en cierta medida, ya que uno de los realizadores de este trabajo está tan ciego que se le hace imposible no utilizar las gafas.)



Disparador

- Este elemento tiene como fin el que puedas usarlo cuando desees tomar una fotografía. Generalmente dispone de dos posiciones: presionado hasta la mitad permite enfocar la escena, y si presionamos hasta el final se produce la toma de la fotografía, es decir, se abre el obturador para que la luz actúe sobre la película o sensor.

Objetivo

- Aunque en sus orígenes el orificio de la "cámara oscura" pronto se descubrió que con la colocación de una lente, primero, y de un **conjunto de lentes**, después, mejoraban considerablemente la nitidez de la fotografía tomada. Si a una cámara oscura se le pone una lente positiva obtenemos una cámara fotográfica convencional. Definimos entonces:

LENTE

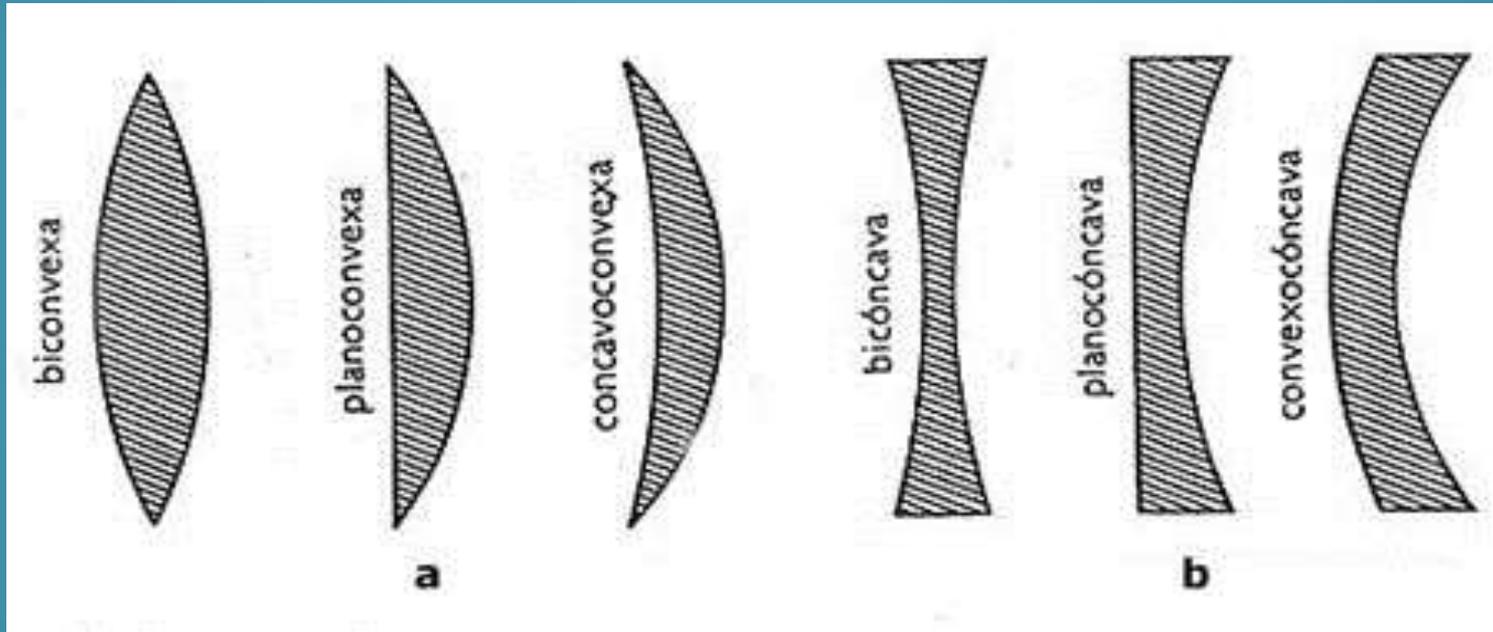
Sustancia transparente y refringente, limitada por dos caras, una de las cuales es curva y la otra plana o curva, y sus centros de curvatura están en el mismo eje. Al atravesarlas un conjunto paralelo de rayos de luz hace que éstos converjan o diverjan regularmente.

LENTE POSITIVA

Aquella en la que al atravesarla un conjunto de rayos paralelos, hace que éstos converjan. Al menos una de sus caras es convexa. Puede haber tres tipos: biconvexas, planoconvexas y de menisco convergente.

- **Por tanto consideraremos un objetivo como:** dispositivo que contiene el conjunto de lentes convergentes y divergentes y, en algunos casos, el sistema de enfoque y/o obturación, que forman parte de la óptica de una cámara tanto fotográfica como de vídeo.

Tipos de lentes

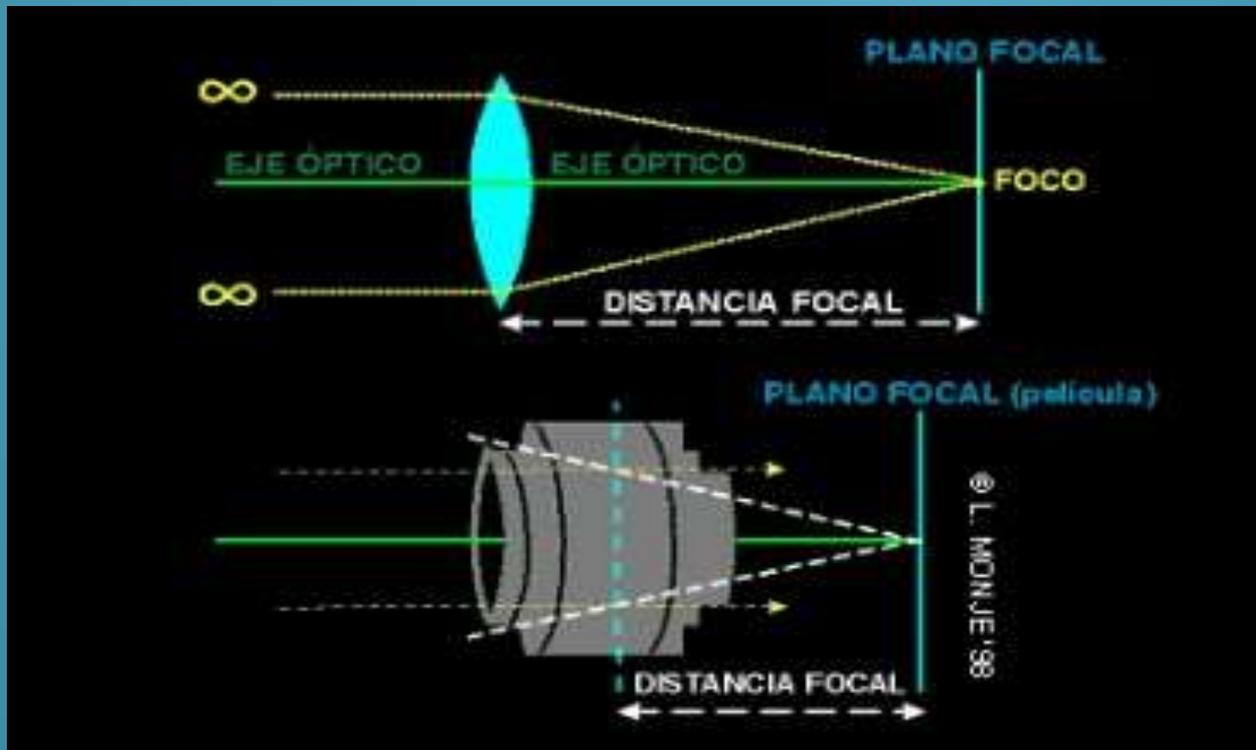


- El comportamiento de las lentes está basado en los fenómenos de transmisión y refracción . Al penetrar oblicuamente un rayo de luz en un bloque de vidrio de caras paralelas, se refracta acercándose a la normal. Por el contrario, al salir del bloque, el rayo se acelera, al pasar a otro medio menos denso, por lo que el rayo se separa de la normal y, en conjunto, las trayectorias aunque se han desplazado, resultan paralelas.

Si se pierde el paralelaje de las caras, el comportamiento respecto a la normal resulta idéntico, pero la trayectoria deja de ser paralela, y el rayo resulta desviado.

Si las superficies son esféricas cada punto se comporta como un plano con su propia normal y desvía el rayo en una dirección. En conjunto, si el radio de la cara es constante y su superficie convexa, ocurrirá que todos los rayos convergerán en el mismo punto. Sólo un rayo que pase perpendicularmente a las dos caras del vidrio, lo atravesará sin desviarse ni refractarse; es el que coincide con el **EJE ÓPTICO** de la lente.

- Eje óptico: línea que pasa por los centros de curvatura de las dos caras.
- Foco: punto del eje óptico, situado en el plano focal, donde se reúnen los rayos de luz cuando el objetivo está enfocado al infinito.
- Plano focal: es el plano que contiene el punto focal y es perpendicular al eje óptico.
- Distancia focal: distancia comprendida entre el centro de la lente y el punto focal.



Distancia focal

- Define la potencia o poder de desviación de una lente u objetivo. Su valor puede expresarse directamente en milímetros, como distancia focal; o bien por dioptrías.

Una dioptría es el valor inverso de la distancia focal expresado en metros.

- El poder de desviación o distancia focal de un objetivo, es una combinación de todos los factores que determinan la refracción de la luz: el índice de refracción, el ángulo de incidencia y la longitud de onda de la luz
- Al igual distancia del sujeto a la lente, un objetivo de distancia focal corta produce una imagen más próxima, y por lo tanto más pequeña que uno de mayor distancia focal. Por lo tanto el tamaño de la imagen está en función de la distancia focal.

Por otra parte, la distancia de formación de la imagen, y por tanto su tamaño, depende de la distancia a que se halla el sujeto de la lente. A medida que el sujeto se acerca al objetivo, los rayos luminosos llegan a la lente con un ángulo de incidencia cada vez mayor, por lo que la lente hace converger los rayos cada vez más lejos del objetivo y por lo tanto la imagen aumenta de tamaño a medida que el sujeto se acerca.

- ▣ La relación entre la altura de la imagen y la altura del sujeto se denomina FACTOR DE AMPLIACIÓN.



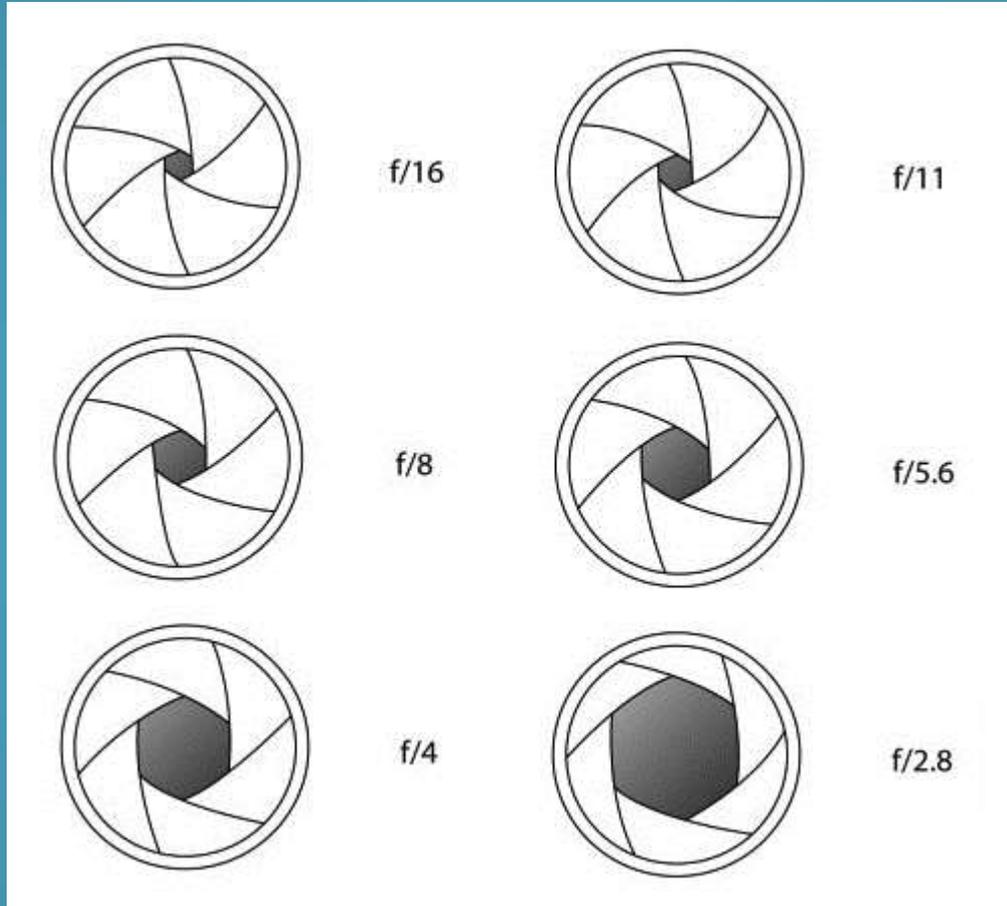
$$M = \frac{y_0}{y_0'}$$

Diafragma (número f, luminosidad y profundidad de campo)

- En una cámara, el mecanismo que controla el tiempo de exposición es el **OBTURADOR** y el que regula la intensidad de la luz se denomina **DIAFRAGMA**, que actúa estrechando el cono de luz que penetra por el objetivo.
- La mayor o menor luminosidad de la imagen conseguida en una toma depende de:
 1. La distancia entre el objetivo y la imagen proyectada.
 2. El diámetro del haz de luz que penetra por el objetivo.
- El primer factor está en función de la distancia focal del objetivo, y el segundo depende de su diseño y construcción.
- Al diámetro del haz de luz que penetra por el objetivo con el diafragma totalmente abierto se le llama **ABERTURA EFECTIVA**
- La abertura de un objetivo puede expresarse en términos absolutos como el diámetro D del mismo, o en relación a su longitud focal f , como la expresión D/f , también llamada *apertura relativa*. El **número f** es el recíproco de la apertura relativa.

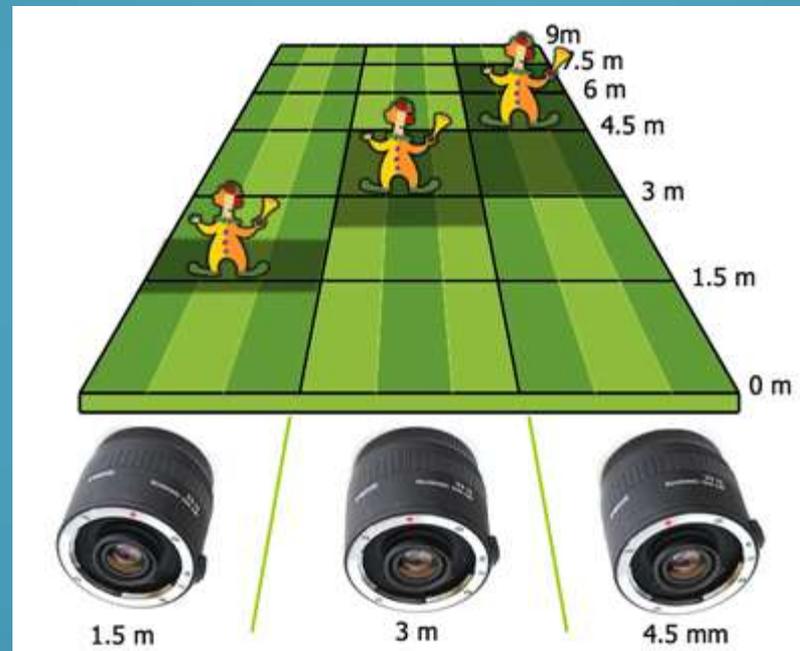
$$N = \frac{f}{D}$$

A menor número f, mayor es la cantidad de luz que entra por el objetivo

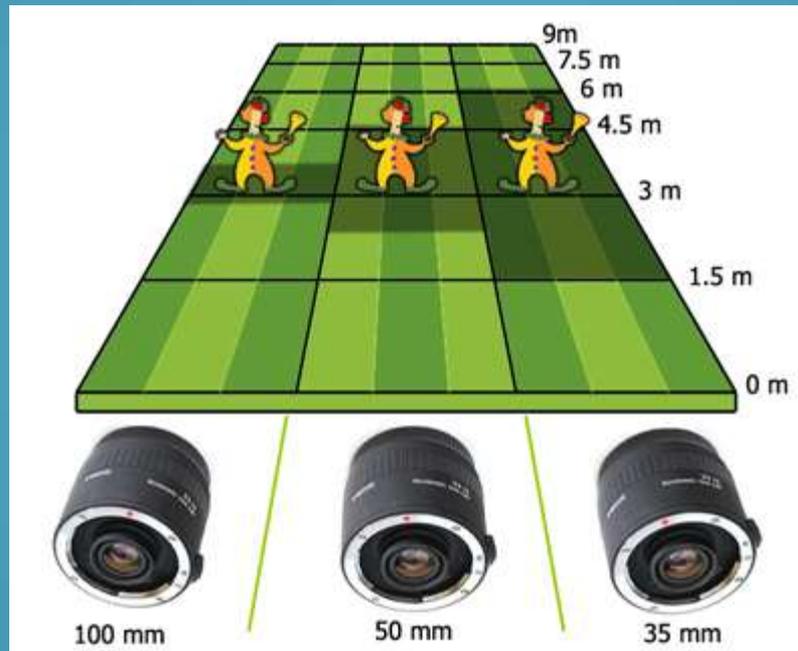


Anexo (Inglés): http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=KmNIouLByJQ

- La **profundidad de campo** es la distancia por delante y por detrás del punto enfocado que aparece con nitidez en una foto.
- Los factores que influyen en la mayor o menor profundidad de campo son tres
- 1. **Distancia de enfoque:** cuanto más lejos enfoquemos, mayor será la profundidad de campo.



- 2. **Distancia focal:** cuanto mayor sea la distancia focal del objetivo, menor será la profundidad de campo.



- 3. **Diafragma:** cuanto mayor sea la apertura del diafragma (menor número f), menor será la profundidad de campo. Esto resulta obvio, ya que los diafragma cerrados estrechan el cono de luz, y por consiguiente amplían la zona de nitidez.



- Por tanto **obtendremos una mayor profundidad** utilizando objetivos de corta distancia focal (Grandes angulares), enfocando objetos alejados de la cámara y cerrando lo más posible el diafragma.

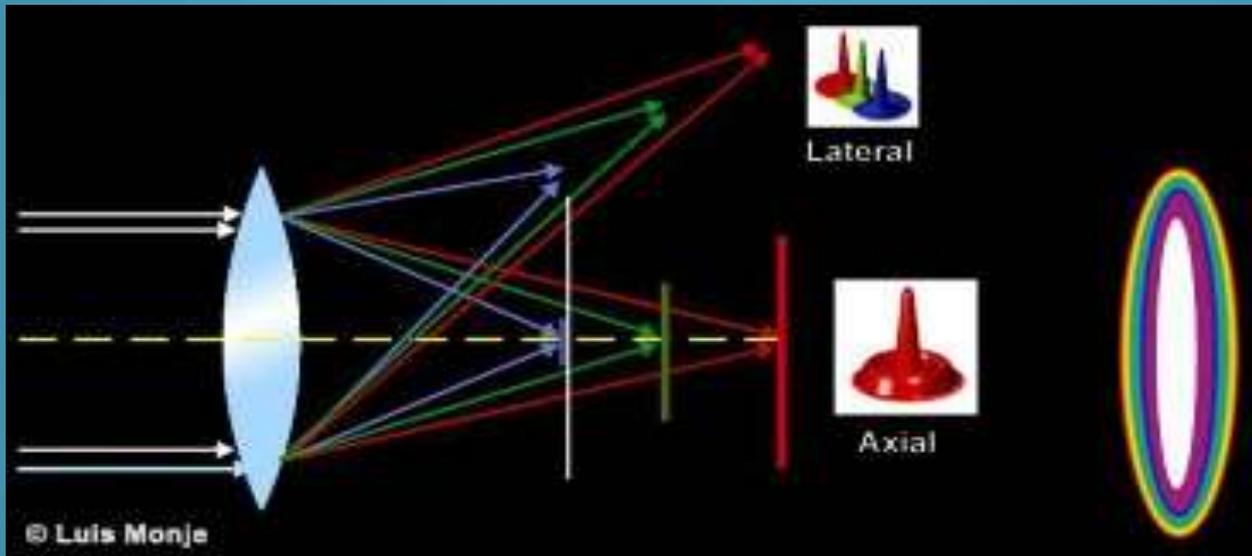
Aberraciones en los objetivos

- Las aberraciones en sistemas ópticos (lentes, prismas, espejos o una serie de éstos con la finalidad de producir una imagen nítida) generalmente conllevan a una degradación de la imagen. Ocurren cuando la luz proveniente de un punto de un objeto no converge hacia (o no diverge desde) un solo punto luego de transmitirse a través del sistema.
- A pesar de que existen múltiples tipos de aberraciones ópticas, no centraremos en las 3 más comunes en fotografía.

ABERRACIÓN CROMÁTICA

- ▣ Las longitudes de onda que componen la luz blanca, la azul (más corta) se refracta más que la roja (fenómeno de dispersión), los colores azules formarán su imagen ligeramente más cerca del objetivo que los rojos.

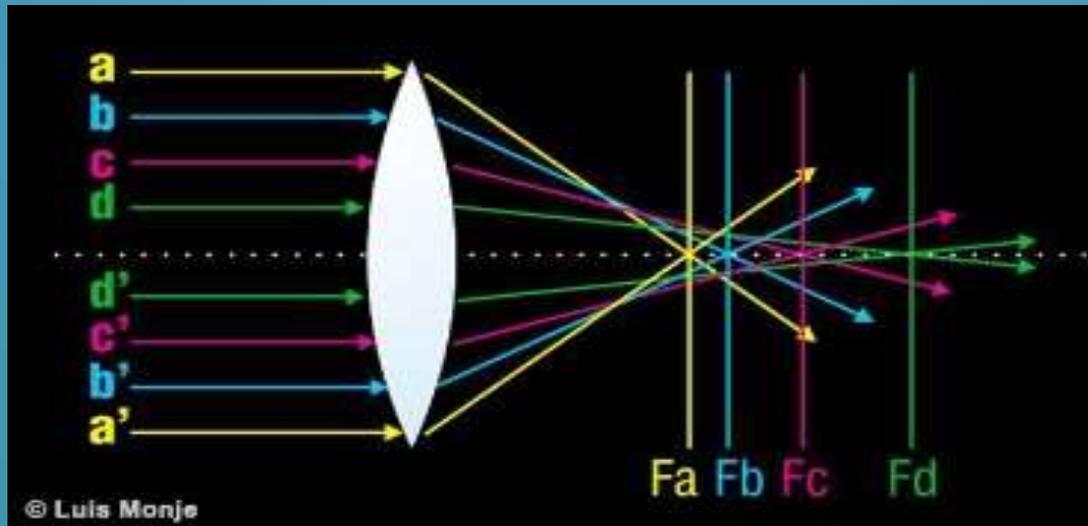
Este efecto resulta muy notable fotografiando en color con grandes teleobjetivos, y se traduce en una fina banda irisada que contornea los objeto.



ABERRACIÓN ESFÉRICA

- ▣ Debido a la curvatura de las lentes, los rayos que inciden más cerca de los bordes convergen más cerca del objetivo que las que llegan al eje principal, lo que perjudica la nitidez de la imagen. A este inconveniente se le denomina aberración esférica.

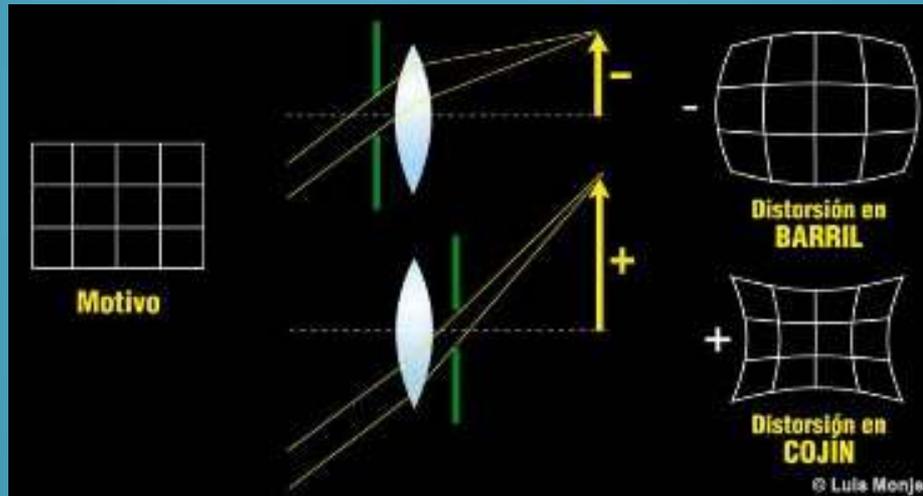
Existen objetivos que combinan lentes de radio de curvatura no constante (lentes asféricas) con otras de distinto índice de refracción, se les conoce como objetivos ASFÉRICOS.



ABERRACIÓN DE DISTORSIÓN

- ▣ Los objetivos más sencillos, y los de amplio ángulo visual, deforman las líneas rectas tanto vertical como horizontalmente.

Al fotografiar una cuadrícula, ésta puede deformarse de forma cóncava o convexa, resultando así las llamadas distorsiones de "cojín" y "barrilete". La de cojín ocurre cuando el diafragma está colocado entre el último grupo de lentes y la de barrilete cuando está más cerca de la parte frontal.



Bibliografía

- http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=KmNIOuLByJQ
- <http://luipermom.wordpress.com/2009/08/17/como-funciona-el-obturador-de-una-camara-reflex/>
- <http://foto.difo.uah.es/gabinete/>
- <http://www.dzoom.org.es/noticia-4221.html>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Diafragma_\(fotograf%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Diafragma_(fotograf%C3%ADa))
- <http://www.xatakafoto.com/guias/el-el-visor-de-tu-camara-fotografica>
- <http://www.cameratechnica.com/category/cameratechnica-labs/>
- <http://www.dzoom.org.es/noticia-5492.html>
- <http://www.textoscientificos.com/fotografia>
- <http://fisica2spp.wikispaces.com/UNIDAD+III>
- <http://fstoppers.com/>
- <http://www.foro3d.com/f122/guia-iluminacion-profesional-2008-a-77521.html>
- <http://www.canonistas.com/>
- <http://www.thewebfoto.com/2-hacer-fotos/211-profundidad-de-campo>