

CURSOS DE DOCTORADO

BIENIO 1988–1990

FACULTAD DE BELLAS ARTES

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

PROGRAMA: DIDÁCTICA DE LAS ARTES PLÁSTICAS

100105

Procesos elementales en la producción de imágenes fotográficas.

Dr. D. Joaquín Perea de la Complutense de Madrid

2 Créditos.

Apuntes tomados por ANTONIO L. MARTÍN

ESTRUCTURA DEL MATERIAL SENSIBLE A LA LUZ:

En todo proceso de creación de imágenes podemos distinguir entre dos elementos físicos necesarios: el soporte, que es la superficie que sostiene a la imagen, y el formante de la imagen, que es el responsable de que ésta se produzca.

En el caso de un dibujo a carboncillo, por ejemplo, el soporte suele ser el papel –tipo Ingres, Canson, etc.–, y el formante los granos o partículas de carbón que se van depositando al frotar el carboncillo sobre el papel. En este ejemplo, se crean imágenes por adicción de materia sobre el soporte.

En la escultura, generalmente el formante y el soporte coinciden, son el mismo material; por ejemplo, la piedra, madera, escayola, metal, etc. Empleados para esculpir.

En fotografía, las imágenes se forman mediante un proceso de transformación química. El soporte definitivo es el papel o cartón, que últimamente casi siempre se fabrica plastificado (politenizado), y el formante lo constituyen pequeños grumos de plata metálica negra.

Generalmente hablamos de material negativo y de material positivo para diferenciar la imagen obtenida sobre una película fotográfica en la que anteriormente incidió la luz de la escena, de la que obtenemos al final del proceso, sobre papel; pero esta denominación no hace ninguna referencia a diferencia estructural alguna entre ambos tipos de material, puesto que ambos funcionan de la misma manera.

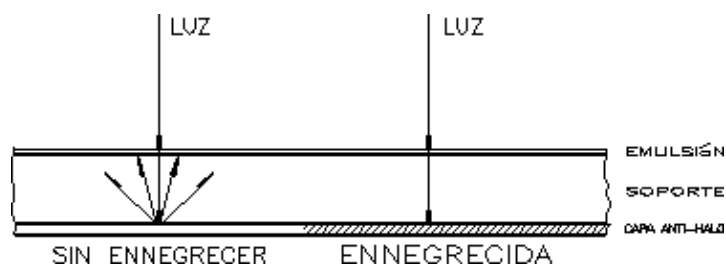
Sobre el soporte fotográfico se extienden varias capas de unas sales de plata o haluros de plata (generalmente, cloruro, yoduro y bromuro de plata, según ésta se halle combinada con cloro, bromo o yodo, respectivamente). Los elementos que forman los cristales de haluros de plata están unidos entre sí por fuerzas de atracción eléctrica, de manera que cuando la luz incide sobre ellos, provoca la disociación del cristal en sus elementos –el halógeno y la plata–. Cuanta mayor sea la cantidad de luz recibida, habrá mayor cantidad de plata precipitada, de forma que las partes de la escena que sean más brillantes, se traducen en mayor cantidad

de plata metálica negra acumulada.

Se utilizan esencialmente dos tipos de soporte en fotografía: para hacer positivos, los haluros se sitúan sobre papel, y para los filmes negativos, antiguamente se usaba nitrocelulosa, pero como era muy vulnerable al fuego y a las bacterias, actualmente se utiliza el triacetato de celulosa. Con el fin de sujetar los pequeños cristales sensibles sobre el triacetato (o sobre el papel), hace falta un emulgente que sea químicamente neutro para que no reaccione con los reactivos usados durante el proceso de revelado, y que además permita que estos líquidos lo penetren permitiéndoles acceder a los haluros. Hasta ahora, el material más idóneo hallado para este fin es la gelatina de cocina muy depurada, compuesta por diversas grasas animales.

Hace un tiempo se pensaba que los haluros de plata estaban formaban una emulsión con la gelatina, y por ello hablamos de emulsión cuando nos referimos a la capa fotoactiva, y también por eso etiquetábamos la gelatina como emulgente. Pero recientes estudios más detallados han puesto de manifiesto que esto no es así: los cristales microscópicos de haluros de plata se sitúan en la gelatina por suspensión, formando sucesivas capas que pueden llegar al número de diez mil.

La capa de suspensión de haluros en gelatina –en adelante, aunque como vemos sea incorrecto, emulsión– se une al soporte de triacetato mediante otra capa intermedia compuesta por una mezcla de gelatina y triacetato de celulosa triturado. Una unión así, como todas, crea tensiones hacia arriba que abarquillan el soporte, así que en la cara contraria se coloca otra capa que tiene como propósito de contrarrestar este alabeo. Si esta capa fuese exactamente igual a la otra, reflejaría desde abajo la luz en todas las direcciones, generando halos y velos extraños en las fotografías; para evitar esto, se ennegrece, dando al negativo en blanco y negro su característico color violáceo. A esta capa se la llama anti-halo.



La capa anti-halo se une al soporte mediante una idéntica a la que une la emulsión con el triacetato.

Además, sobre la emulsión sensible se coloca otra capa de barniz que protege la gelatina de arañazos y ralladuras, puesto que cuando humedecemos la película durante su procesado, se hace muy sensible a las erosiones. La estructura de la película gráficamente es la siguiente:



En cada pequeño cristal de los haluros de plata, la actuación de la luz es suficiente para separar el Cl, Br ó I de la plata en la cantidad de uno o dos átomos. Pero esta cantidad es absolutamente imperceptible para el ojo. De hecho, los cristales se componen de miles de moléculas de sal, y la emulsión, que mide décimas de milímetro, está compuesta por alrededor de diez mil capas de cristales de haluros. Si estudiamos un solo grano de sal, como hemos dicho, al incidir la luz sobre él, parte de la energía que contiene se utiliza para disociar una o dos moléculas, el resto, más debilitado, pasa a la siguiente capa y sigue disociando moléculas, debilitándose hasta que ya no puede alcanzar más capas. Se produce lo que se ha dado en llamar una imagen latente, de la que, una vez procesada la película, vamos a obtener la imagen fotográfica. Dicho procesado consiste en extender por todo el grano el efecto que se ha producido en alguna de sus moléculas, es decir, el revelado producirá

sobre el cristal afectado por la luz, el mismo efecto que ésta, pero multiplicado miles de veces. El revelador actúa sobre todos los cristales, pero lo hace con mucha mayor rapidez sobre aquellos que ya tienen moléculas afectadas por esa disociación; por ello, si revelamos una película durante horas, al final aparecerá negra aún cuando no haya sido expuesta a la luz. Por eso el tiempo de revelado es fundamental para obtener fotografías equilibradas. Otra propiedad del revelador es la de que es capaz de disolver el halógeno disociado de la plata.

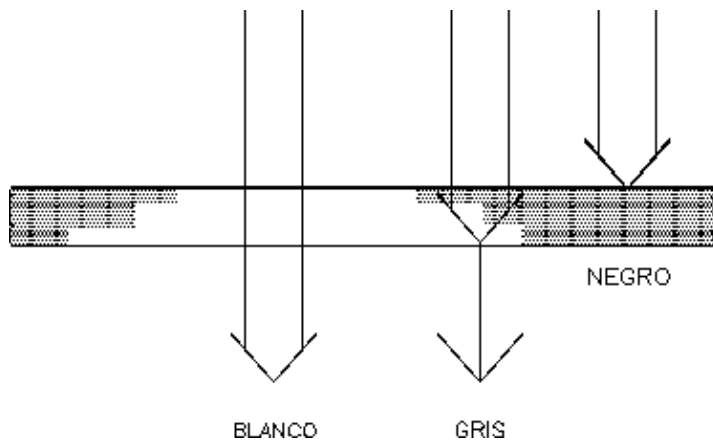
Tras el revelado, sometemos a la película a un baño de paro, cuya finalidad es la de parar la acción del revelador. Como el revelador es de Ph alcalino, para neutralizarlo se utiliza agua con una pequeña cantidad de ácido añadido, ya que el medio ácido neutraliza el efecto del álcalis. Como baño de paro se suele usar ácido acético o vinagre disuelto en agua. ¡OJO! Si usamos ácido acético, debemos añadirlo al agua, y nunca al revés, puesto que si añadimos agua a un ácido, éste salta y resulta muy peligroso, ya que es corrosivo.

Terminado el baño de paro, en la película quedan todavía haluros de plata sin disociar (ya que, recordamos, sólo se han eliminado los halógenos asociados a la plata, y lo que aún tenemos son haluros y plata metálica). Por tanto, si exponemos en este momento la emulsión a la luz, ésta resultará velada. Para eliminar los haluros no expuestos, sometemos a la película a un baño fijador, capaz de disolver las sales y arrastrarlas fuera de la emulsión, respetando sólo la plata metálica. El fijador es de Ph ácido. El lavado posterior al fijado es también de suma importancia, puesto que elimina los restos de agentes químicos utilizados en el proceso, que de permanecer en la película, acabarían dibujando manchas sobre la imagen al cabo de un tiempo.

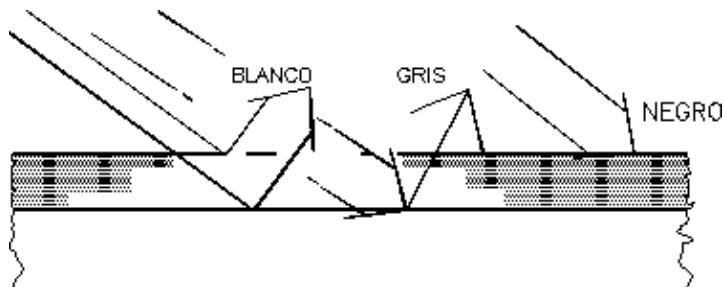
En el proceso de fabricación de la emulsión, hay que tener en cuenta la fase de cristalización de los haluros de plata. Dichas cristalizaciones se hacen por precipitación de una dilución salina –de forma parecida a como se obtiene la sal marina para el consumo–. Cuanto mayor sea el tiempo de precipitación, mayores serán los cristales obtenidos. Para los haluros de plata, cuanto mayor sea el tamaño de los cristales, mayor es también su sensibilidad a la luz, o sea, que para una determinada cantidad de luz, el tiempo necesario para que se disocien algunas moléculas de un cristal es menor, cuanto mayor sea el tamaño del cristal. Este tiempo necesario para la disociación de las moléculas de un cristal dependiendo de su tamaño se mide mediante escalas normalizadas, la más común de ellas es la escala ASA (American of Standard Asotiation), aunque también son conocidas la DIN (alemana) o la ISO (Internacional). Esto significa que en la fabricación de emulsiones fotosensibles, es necesario un control de homogeneidad para que la respuesta de un determinado material sea siempre aproximadamente la misma, y los resultados obtenidos sean también similares.

Otra cuestión importante es que las emulsiones fotográficas cambian su estructura con el tiempo, por ello, se imprimen las fechas de caducidad en los paquetes de película. Tampoco resulta conveniente utilizar los carretes recién fabricados.

El lavado que se hace al final del procesado se puede completar con un baño humectador, cuya propiedad es la de romper las gotas de agua para humedecer la película de forma homogénea. Este baño evita que se formen pequeñas manchas de secado sobre la imagen final del negativo. Este tipo de manchas se debe a los compuestos que se hallan suspendidos habitualmente en el agua corriente.



Como ya hemos explicado, cuanto más brillante sea la luz que incide sobre la emulsión, mayor será el número de capas de sal afectadas por la disociación de sus moléculas, y por tanto, mayor será al final el número de capas de plata metálica que podremos contar en la zona afectada. En una película negativa, dado que el soporte es transparente, visualizaremos la plata metálica negra gracias a la luz que la atraviesa; cuanto mayor cantidad de plata acumulada haya en una zona, mayor será la dificultad de la luz para atravesarla, y por lo tanto, más oscuro será el gris visualizado –a más luz, obtendremos una imagen más oscura–.



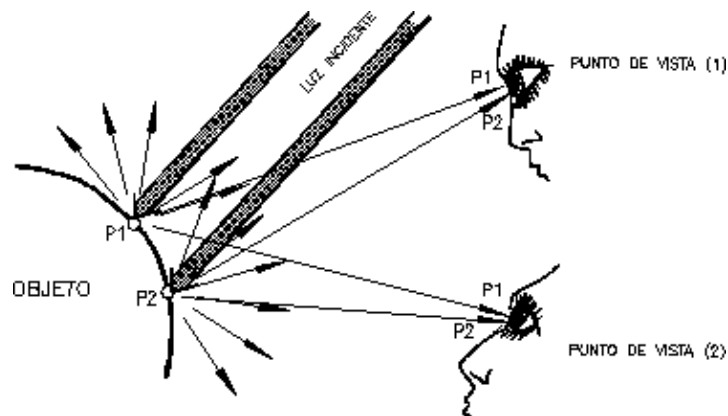
En el caso del papel, ocurre lo mismo, pero la luz que visualizamos es reflejada: la luz incide sobre el soporte blanco que se encuentra bajo la emulsión y rebota. El blanco máximo lo da el color del papel-soporte, allí donde no hay plata acumulada. Si se acumulan muchas capas de plata en una zona, la luz no puede atravesarlas y se visualiza el negro.

Como podemos ver, la reacción a la luz y a los reveladores es la misma para el film y para el papel positivo. Cuando exponemos una emulsión, donde más luz incide, obtenemos el negro, donde no incide luz, obtenemos el blanco, y entre ambos extremos, tenemos toda la gama de grises que podamos recoger.

En el caso de la fotografía en color el procedimiento de captación de luz es idéntico, pero en una emulsión en color se disponen tres emulsiones con haluros de plata, cada una de ellas sensible sólo a una determinada longitud de onda –los tres colores–luz primarios–, de manera que se obtienen tres capas con distintas gamas de grises que responden a la intensidad de luz de cada color en cada capa. En cada capa existen además pigmentos que se activan en presencia de plata metálica, y que por lo tanto, aparecen solamente en las zonas de grises o negro con distintas intensidades. El proceso del revelado en color consta de mayor número de baños, puesto que hay que activar los pigmentos, y hay que acabar eliminando los haluros, como en el revelado en blanco y negro, pero además hay que eliminar la plata y los pigmentos no activados, de manera que lo que al final produce la imagen son los pigmentos activados, y no la plata.

LA ESCENA FOTOGRÁFICA:

A la emulsión fotográfica, lo único que le afecta es la cantidad de luz que cae sobre ella.



Cada punto de la escena recibe luz incidente y la refleja en todas las direcciones del espacio. A esto se debe que podamos ver los objetos desde cualquier punto de vista (ver ilustración).

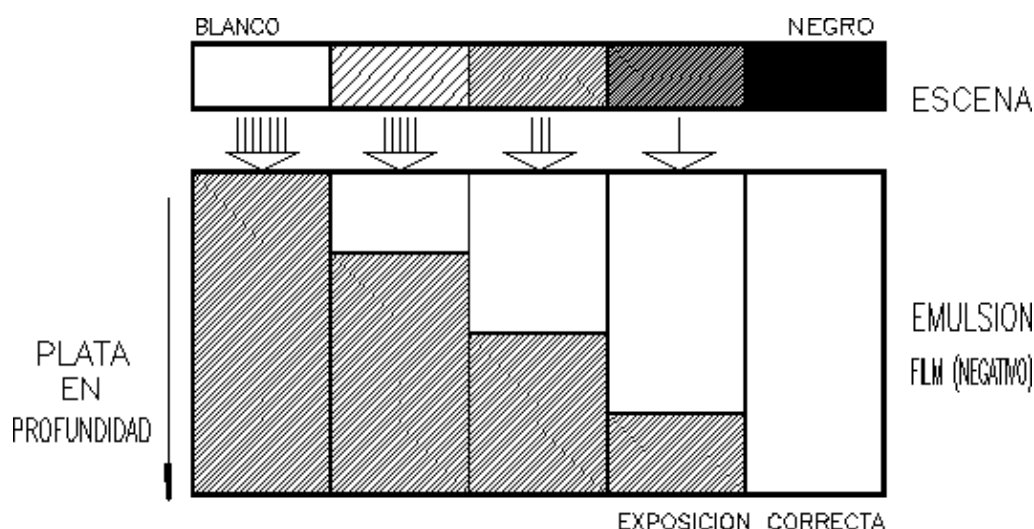
Para poder distinguir los objetos, hace falta que, además, cada objeto esté iluminado con distinta intensidad, es decir, que exista un contraste entre unas superficies y otras. Si detectamos un borde de separación entre dos superficies, es porque hay un contraste lumínico entre una superficie y la contigua. La línea en realidad no existe, es una invención de la abstracción humana, así que cuando fotografiamos, nunca vamos a obtener líneas en nuestras imágenes, ya que las variaciones de iluminación se traducirán, como ya hemos explicado, en variaciones en el número de capas de plata precipitada acumuladas.

Estudios recientes demuestran que los impulsos nerviosos que envían la información al cerebro, sufren un incremento de velocidad cuando pasamos ante una línea de separación de luminosidad en la escena. Esta es la forma de codificar la información visual que posee nuestro organismo.

Al iluminar una superficie cualquiera, parte de la luz incidente es absorbida, y parte de ella es rechazada o reflejada. Todas las superficies absorben un tanto por ciento de la luz y reflejan otro tanto por ciento. La suma de ambos porcentajes es al final igual a la totalidad de la luz que ha incidido sobre esa superficie:

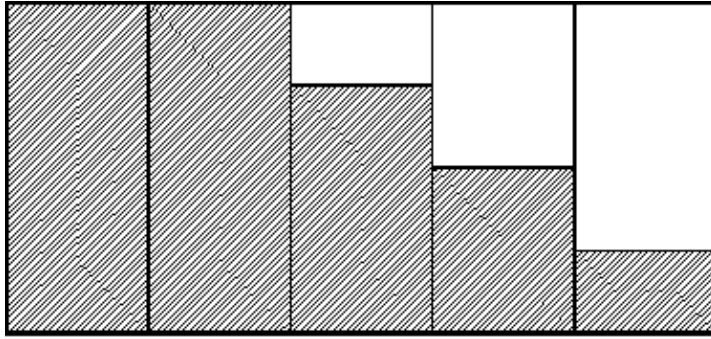
Como la película sólo reacciona dando distinta cantidad de plata en función de las variaciones de intensidad luminosa, lo que en realidad hace la película es convertir las diferencias de luz en diferencias en el número de capas de plata. Por tanto, como ya hemos dicho, la escena se compone de distintas cantidades de luz.

Las partes de la escena que son más luminosas, dan el negro en la foto, mientras que las partes que son más oscuras, en la foto son blancas. Esto se puede representar bien en el siguiente gráfico:



Como antes vimos, cuando observamos esta película, lo hacemos por transparencia, ya que el soporte

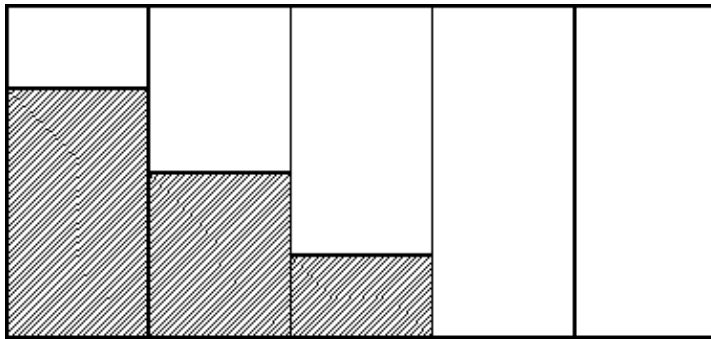
utilizado para hacer el film permite el paso de la luz, así que repitiendo el proceso haciendo pasar luz a través del film, podemos obtener otra imagen a partir de esta.



SOBREEXPOSICION

Dado que, como vimos, cada película tiene determinada capacidad de captación de la luz (sensibilidad), para una cantidad concreta de iluminación, es necesario un tiempo concreto óptimo de exposición de esa película, con el fin de que se registren los grises de la escena y su relación entre sí, con el mayor grado de exactitud posible. Si aumentamos el tiempo de exposición, en las zonas de matices de luz más brillantes, terminan por verse afectadas más capas de sal de las debidas, con lo que se pierde el detalle en esas zonas, viéndose alteradas todas las capas de sal de una zona en la que sólo deberían estar alteradas casi todas las capas. A este efecto le llamamos **SOBREEXPOSICIÓN** de la película (o del papel positivo, en el que también puede suceder).

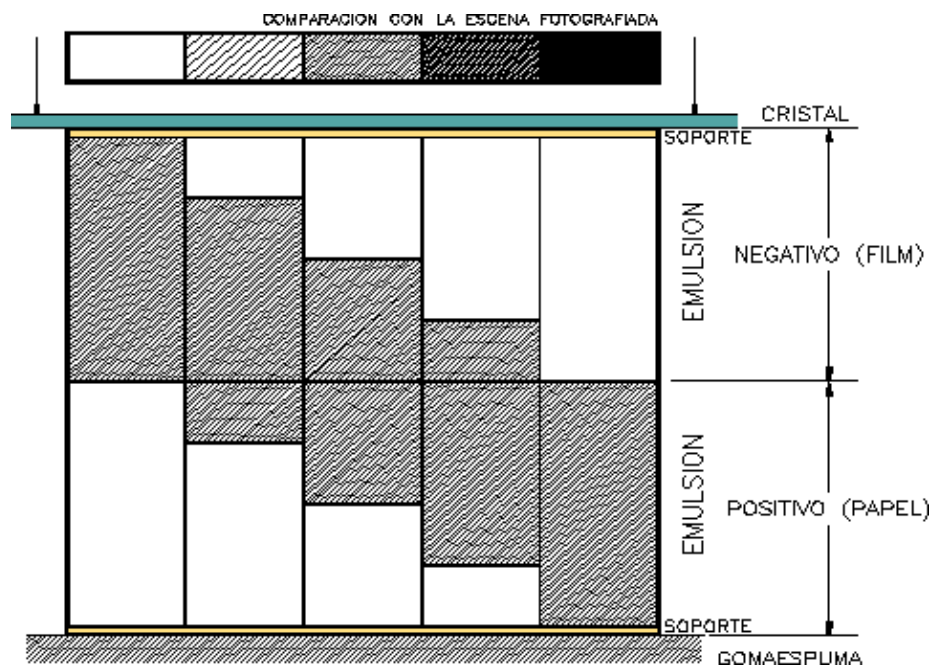
En la ilustración, vemos que las partes más luminosas de la escena, el negativo queda negro en todas ellas, aunque hubieran de existir diferencias tonales pequeñas. Ha sucedido que hemos perdido información de las partes más iluminadas de la escena. En las partes más oscuras, el negativo, aunque poco, también se ha llegado a exponer. Como consecuencia de todo ello, cuando hagamos el positivo, no será posible obtener detalles en las zonas más iluminadas, ni tampoco obtendremos un negro absoluto en las sombras más profundas. Con ello, ha disminuido el contraste de la imagen, tanto más, cuanto mayor sea la sobreexposición.



SUBEXPOSICION

Si subexponemos, también ocurre que el contraste se pierde; en las zonas de matices menos luminosos el negativo no llega a exponerse, y por lo tanto, se llega a perder detalle en las sombras, mientras que las luces no se potencian a fondo.

Así pues: sobreexponiendo, se pierde información en las luces, y subexponiendo, se pierde información en las sombras.



Como ya dijimos, a partir de un negativo, podemos volver a repetir el proceso fotografiando la imagen del negativo, sobre una emulsión similar. Habrá que colocar las películas de forma que queden en contacto íntimo ambas emulsiones. La forma de colocar es la siguiente, de arriba abajo: Un vidrio que comprime todo el conjunto, el negativo con la emulsión hacia abajo, el papel virgen con la emulsión hacia arriba, y, si acaso, una plancha de gomaespuma para igualar las tensiones producidas al comprimir todo el sistema mediante el vidrio. Si Exponemos todo esto con luz procedente de arriba (y revelando el papel virgen después), obtendremos una copia positiva de la imagen anterior. A esto se le llama hacer una **COPIA DE CONTACTO**. Este proceso se puede realizar también con una ampliadora, que proyecta la imagen negativa sobre el papel virgen, pero en nuestro curso no vamos a tratar esta forma de obtención de positivos. Lo que hemos conseguido así es la imagen complementaria del negativo:

En realidad, solo los grises se complementan, podemos decir que tal y como se fabrican las películas, el blanco y el negro están comprimidos. En el positivo, el blanco máximo se obtiene en el papel del soporte allí donde no ha precipitado plata metálica, de ahí que se tienda a hacer el papel con el blanco más puro posible. Algunos fabricantes impregnan el papel con barita, que refleja mucho más la luz. El negro máximo se consigue en función de la máxima cantidad de plata precipitada, y ello depende de la cantidad de plata que haya incorporado el fabricante a los haluros, cosa que suele oscilar con el valor que la plata alcanza en el mercado; cuando la plata es más barata, los fabricantes hacen sales más ricas en el metal, y los negros que se obtienen son más profundos.

Para conocer el papel con el que vamos a trabajar, lo primero que hay que hacer es sacar sus valores extremos: el negro, exponiendo el papel a la luz durante mucho tiempo (a f:2.8 durante, por lo menos 30 segundos); y el blanco, sin exponer a la luz. Antes dijimos que era importante tener en cuenta el tiempo de revelado. En las películas fotográficas, este tiempo es más flexible, y depende de si queremos obtener más o menos contraste, pero el papel fotográfico solamente admite un revelado para sacar de él el mayor rendimiento. El revelado depende de varios factores:

El tipo de revelador

La disolución en % de agua

La temperatura del revelador

La agitación de la emulsión en la mezcla

El tiempo de revelado.

Un revelado incorrecto del papel, hace que la fotografía pierda detalle: si se subrevela, no se acaban de desociar todas las partículas de sal necesarias, y por tanto no obtenemos el negro; Si se sobrerrevela, el revelador actúa sobre partículas que no han sido afectadas por la luz, y perdemos el blanco.

La temperatura óptima del revelador es de 20 °C. El fijado conviene hacerlo a una temperatura ligeramente inferior, para acostumbrar a la emulsión a la temperatura fría del baño final, ya que los cambios bruscos de temperatura pueden dañarla produciendo en su superficie reticulaciones irreparables (craquelados).

La agitación tiene que ser continua y regular: introducimos el papel en la cubeta boca abajo y agarrándola por un extremo la balanceamos continuamente.

En estas condiciones, el tiempo de revelado es de minuto y medio, aunque es preceptivo subirlo a un minuto y tres cuartos o dos minutos a medida que el revelador se enfría o se gasta, ya su potencia varía según estos parámetros. Este es el tiempo que garantiza un revelado a fondo sin peligro de que el papel se queme.

El baño de paro a 20 °C ó 18 °C, se hace durante aproximadamente ½ minuto con agitación continua, y el fijado suele ser de cuatro minutos a 20 °C, 18 °C ó 16 °C, y conviene, si no agitarlo continuamente, sí hacerlo durante treinta segundos cada aproximadamente un minuto, lo que permite ir trabajando en otras cosas.

Es conveniente también hacer una escala de grises con el papel que vamos a usar, en función del diafragma que utilicemos durante la sesión de trabajo y los tiempos de exposición. Esta escala de grises se hace cortando una tira de papel y exponiéndolo distintos tiempos en distintas áreas, tapándola por entero y destapándola sucesivamente en intervalos de tiempo regulares, dejando un último trozo sin exponer, donde obtendremos el blanco. Como decimos, el diafragma ha de ser el que vamos a utilizar, y el cabezal de la ampliadora ha de estar situado a la altura con la que vamos a exponer las fotografías. Para calcular el tiempo mínimo de obtención del negro, unas cuantas franjas deben estar sobreexpuestas, de modo que al revelar correctamente según lo indicado, todas ellas se han de confundir con el negro, y las demás irán degradándose de grises más oscuros a grises más claros hasta el blanco. Comparando el negro máximo que habíamos obtenido con anterioridad, observamos la primera franja en que éste aparece, de modo que el tiempo de exposición asignado a esa franja indica la exposición mínima para obtener el negro máximo. Con fines pedagógicos, teniendo en cuenta este tiempo mínimo, resulta conveniente hacer después una escala en la que las dos franjas extremas sean de blanco y negro máximos, y todas las demás sean grises sucesivos, fraccionando el tiempo de exposición.

LOS FOTOGRAMAS:

Los fotogramas son imágenes obtenidas por medios fotográficos sin usar cámara de ningún tipo.

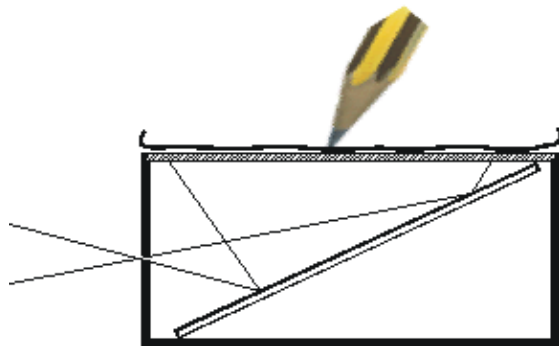
Haciendo reservas sucesivas a la luz sobre el papel fotográfico, y teniendo en cuenta los tiempos de exposición según la escala de grises que hemos hecho, vamos creando una imagen diseñada por nosotros.

LA CÁMARA ESTENOPÉICA:

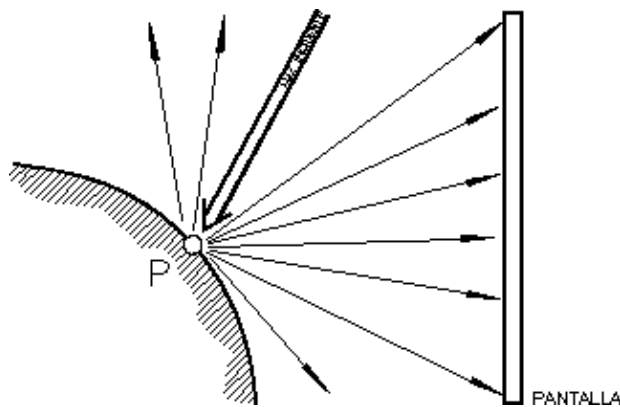
Lo que nos permite registrar imágenes es el binomio cámara – emulsión fotográfica.

Desde el punto de vista histórico, la cámara estenopéica ha cambiado desde el renacimiento la forma de ver la realidad. Leonardo da Vinci, no sólo utilizó la cámara oscura para estudiar perspectiva, sino que además se divertía reuniendo gente en el interior de una cámara grande y produciendo la imagen invertida de la realidad en la pared opuesta a una en la que había practicado un pequeño agujero. La reacción de la gente al observar el fenómeno era de alarma. Esto nos da una idea de la diferencia existente entre arte y realidad en aquel

entorno cultural.

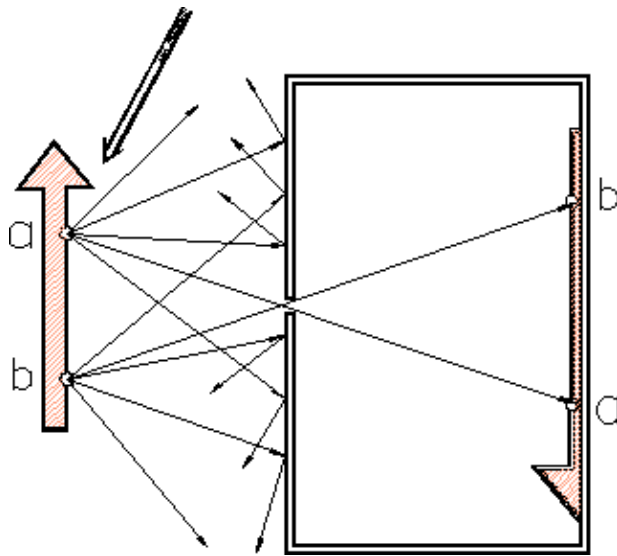


Más tarde, aparecen las denominadas cámaras lúcidas, que utilizaban el mismo principio que las usadas durante el Renacimiento, pero desviando la luz mediante un espejo hacia una pared traslúcida sobre la que se colocaba un papel en el que se podía calcar la realidad. Esto permitía dibujar desde fuera de la cámara. (Ver ilustración).

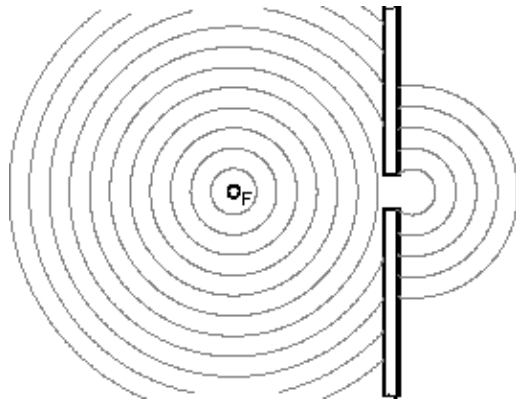


Como explicábamos en la página 7, la superficie de cualquier objeto está formada por infinitos puntos. Cuando la luz incide sobre ellos, cada uno la refleja en todas las direcciones del espacio. Si colocamos frente a un objeto una pantalla, ésta recibirá la luz reflejada por los puntos, pero como de esta forma no estamos discriminando la luz incidente, cada punto del objeto se estará reflejando en todos los de la pantalla, y esta recibe una iluminación homogénea que no forma imagen.

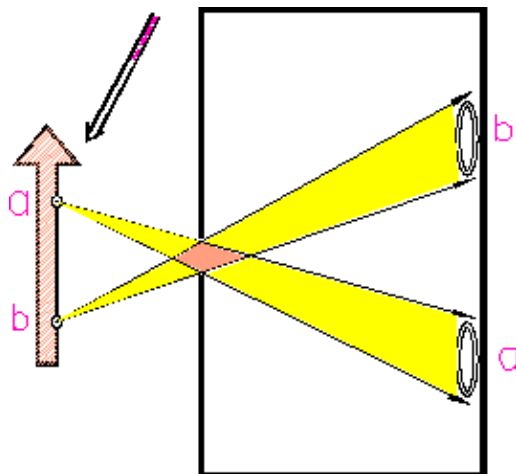
Por tanto, será necesario discriminar la luz procedente del objeto, para poder reproducir su imagen sobre la pantalla. Para ello, colocaremos otra pantalla opaca entre el objeto y la pantalla anterior. Esta nueva pantalla tendrá un pequeño orificio por el que solo pueden pasar unos pocos rayos de luz procedentes de cada punto del objeto. Así pues, observamos que por construcción geométrica, los rayos reflejados forman un cono al pasar por el orificio, cuyo vértice es el orificio mismo, y cuyas dos ramas están delante y detrás de la pantalla; por ello se forma una imagen invertida del objeto. Para que a la pantalla sobre la que proyectamos no acceda más luz que la que procede del objeto, tenemos que encerrar todo el sistema en una caja que lo aíse de la luz.



El objeto aparece proyectado en forma invertida de arriba abajo y de izquierda a derecha.



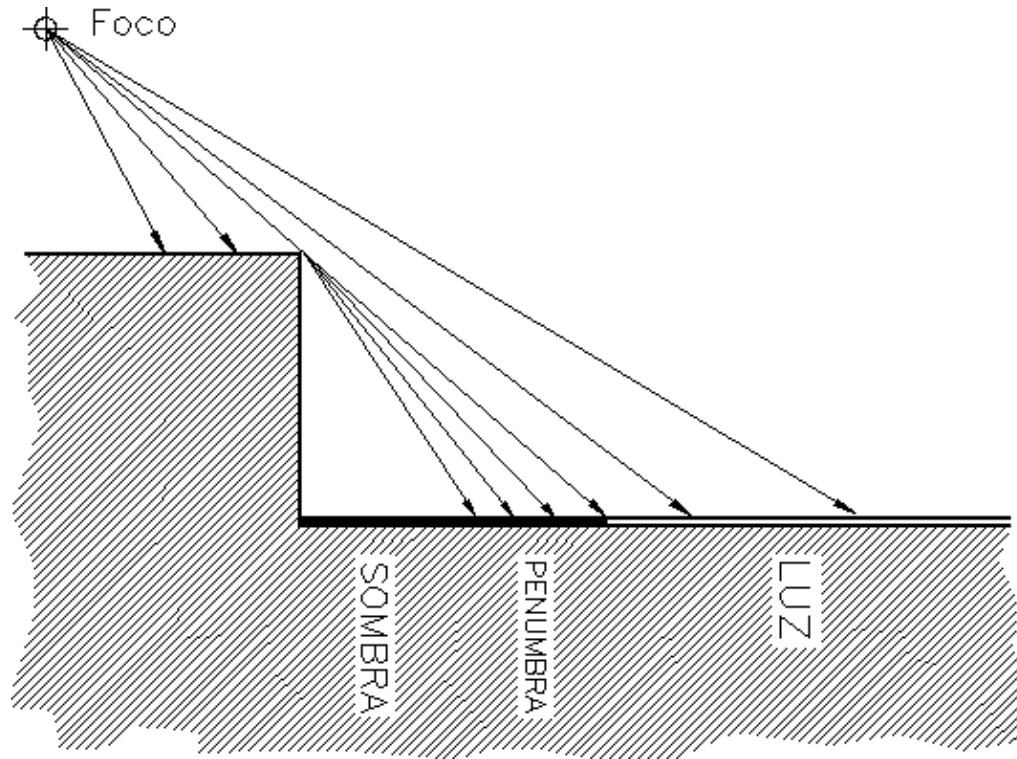
Los rayos que pasan por el orificio, procedentes de cada punto son muy pocos, por lo que la potencia lumínica de la imagen que se forma en la pantalla es muy escasa. Hay que decir que aunque hablamos de rayos luminosos, este no es más que un concepto abstracto que sirve para explicar los fenómenos que suceden en el interior de la cámara estenopéica. En realidad, la luz se transmite a través del espacio en forma de ondas que se propagan en todas direcciones. Se trata de ondas esféricas que se estructuran como las capas de una cebolla, de las cuales, tan sólo una pequeña porción pasa por el orificio de la cámara y continua propagándose.



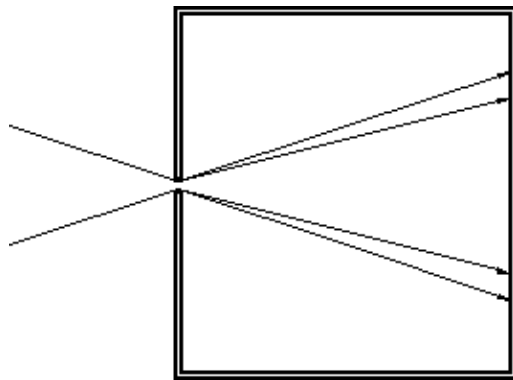
Como el agujero tiene un diámetro determinado, pasan por él unos pocos rayos procedentes de cada punto, de forma que la proyección de cada uno de los puntos de la escena en la pantalla, no se corresponde a un solo

punto, sino a una mancha en forma de elipse, así que la imagen del objeto no es totalmente nítida. No está enfocada.

Para obtener una imagen mediante este procedimiento, lo más nítida o enfocada posible, el agujero tiene que tener el diámetro más pequeño que permitan las condiciones de luz. Si dispusiéramos de una óptica delante del orificio, podríamos jugar con una mayor luminosidad, pero puesto que la cámara estenopéica por definición, capta la luz sólo con el orificio, su diámetro habrá de ser extremadamente pequeño, lo que hace que las imágenes obtenidas con este tipo de cámaras sean de muy poca luminosidad.



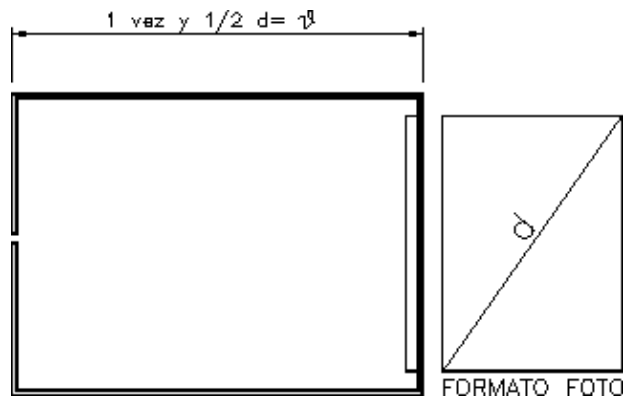
Pero si el orificio es extremadamente pequeño, la luz que pasa rozando por sus bordes se difractará en exceso. La difracción es una desviación de la luz al pasar cerca de una arista. Supongamos unas condiciones ideales dentro de una habitación con paredes totalmente negras, y una pequeña cantidad de luz que podemos dirigir hacia la arista de un cubo negro. Se proyectará una zona de sombra del poliedro, y una zona de luz. Pero al pasar la luz al lado de la arista, ésta es desviada, lo que crea una zona de penumbra proyectada entre la luz y la sombra:



Por ello, si el agujero es demasiado pequeño, la cantidad de luz difractada es un porcentaje muy elevado en relación con la cantidad total de luz que entra en la cámara. (Ver ilustración a la derecha).

Luego se hace necesario hallar el diámetro óptimo para que la proporción de desenfoque sea óptima en

relación con la cantidad de luz difractada. Para ello, hay que tener en cuenta que el ojo puede ver con cierta nitidez imágenes que no están enfocadas del todo, puesto que no es capaz de ver con una resolución absoluta. Hablamos del poder de resolución del ojo, que se mide mediante el llamado *círculo de confusión*, para referirnos al límite de la capacidad del ojo para discernir una cantidad mínima de información; nos referimos a la relación existente entre el tamaño de los objetos y la distancia que los separa de nosotros, suficiente para que esos objetos se perciban como un punto adimensional; sólo un poco más lejos, dejaremos de ver el objeto. Estudios sobre este tema demuestran que esa relación es de 1:100, esto es, que un objeto de un metro de diámetro tiene el límite de confusión a una distancia de un kilómetro, desde donde se ve como un punto adimensional. Un poco más lejos, ya no lo vemos.



Según esto, observando la fotografía obtenida con una estenopéica desde una distancia suficiente para que el ojo no capte la dimensión elíptica que los puntos han tomado, podremos ver la foto con una nitidez óptima. La relación de distancia es la misma que la que hay desde el orificio de entrada hasta el plano de la emulsión –pantalla donde se proyecta la escena–, a esta distancia la llamaremos $\tilde{d}$. La distancia óptima en relación con el formato de la fotografía, debe ser de una vez o una vez y media la medida de la diagonal de la foto.

Los estudios sobre estenografía demuestran que el diámetro del orificio en relación con $\tilde{d}$, es igual a una constante por la raíz cuadrada de esa distancia:

Donde $\tilde{d}$ viene expresada en milímetros.

Por ejemplo, si la cámara que vamos a construir sirve para hacer fotografías de 18 x 24 cm (180 x 240 mm), la diagonal de este formato es de aproximadamente 299 mm, con lo que si $\tilde{d}$ debe ser una vez y media esta diagonal, $\tilde{d} = 448.5$ mm. En función de estas medidas en nuestro diseño de cámara, aplicamos la fórmula del diámetro óptimo para saber cómo tenemos que hacer el agujero:

$$" \text{ OPTIMO} = 0.036 \sqrt{\tilde{d}}$$

$$" \text{ OPTIMO} = 0.036 \sqrt{448.5}$$

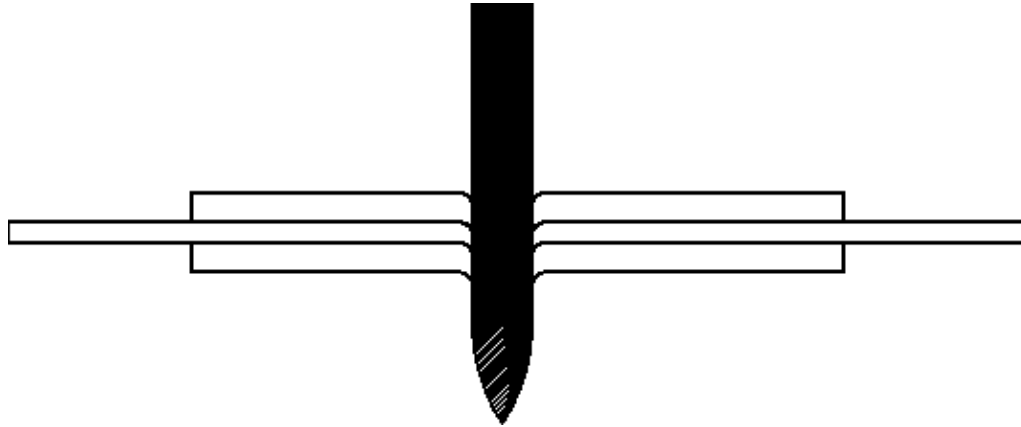
$$" \text{ OPTIMO} = 0.036.21177819$$

$$" \text{ OPTIMO} = 0.7624014 \text{ mm}$$

Como el agujero es muy pequeño, nos serviremos de un alfiler numerado para practicarlo con exactitud. Para saber el diámetro de la sección de los alfileres, usamos la siguiente tabla:

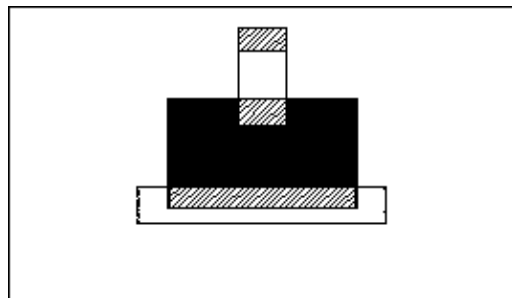
Nº	"
nº 7	0.66 mm
nº 8	0.58 mm

n° 9	0'51,mm
n° 10	0'46 mm
n° 11	0'40 mm
n° 12	0'35 mm
n° 14	0'30 mm
n° 16	0'25 mm



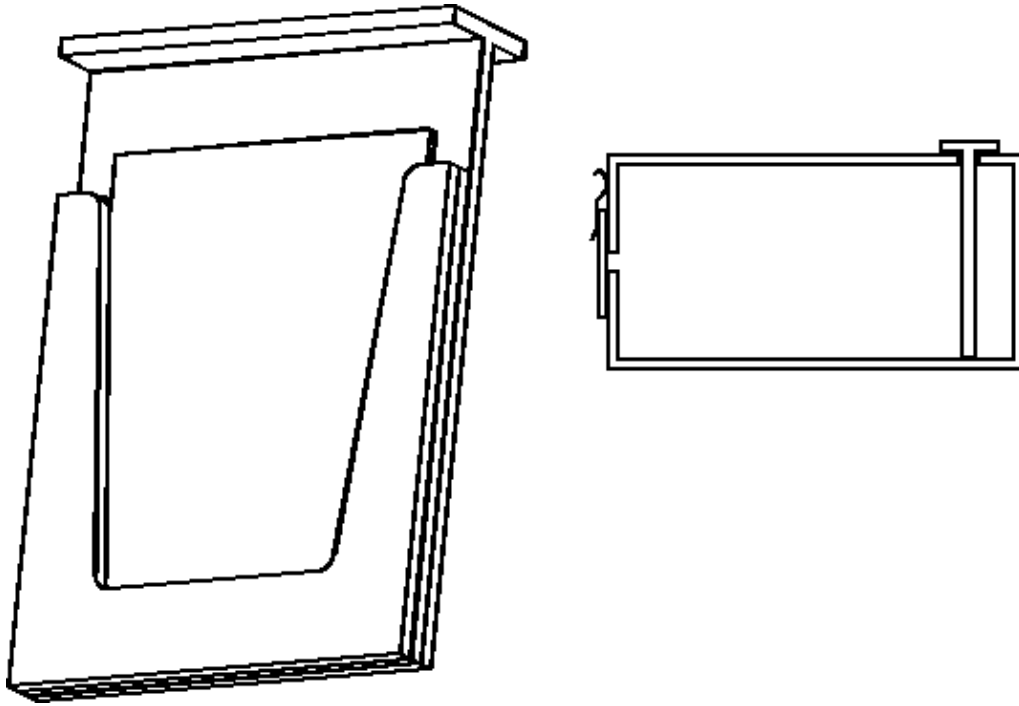
Para que no se hagan rebabas al perforar el agujero, se utiliza una lámina de metal fino. Resulta muy útil, dada su consistencia, el metal de las tapas de yogur. Además, para que al perforar, el diámetro del orificio sea lo más exacto posible, colocaremos la lámina entre dos trozos de cartón e introduciremos en ellos el alfiler a fondo:

Revestiremos el interior de la cámara de negro mate, para que la luz que incide sobre las paredes no se refleje en ellas y rebote hacia la emulsión.

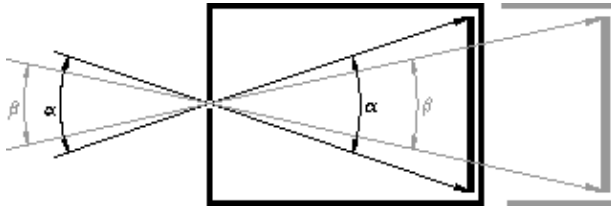


Para exponer la emulsión durante una fracción de tiempo determinada, es necesario tapar y mantener tapado el orificio con un obturador, hasta el momento de realizar la fotografía. Una tapa de cartón o cartulina negra sirven a este fin. (Ver ilustración a la izquierda).

Con fines prácticos, es necesario poder introducir la película o el papel sensible dentro de la caja, y posteriormente extraerlo para proceder a su procesado, sin que sea necesario desarmar la cámara. A tal fin podemos construir una tarjeta sobre la que fijaremos el papel o la película, que se introducirá en la cámara a través de una rendija fina, de forma que al colocarla, no entre luz por ningún lado. En la tarjeta podemos pegar una solapa o reborde de cartón para sujetar el papel y que no se mueva:

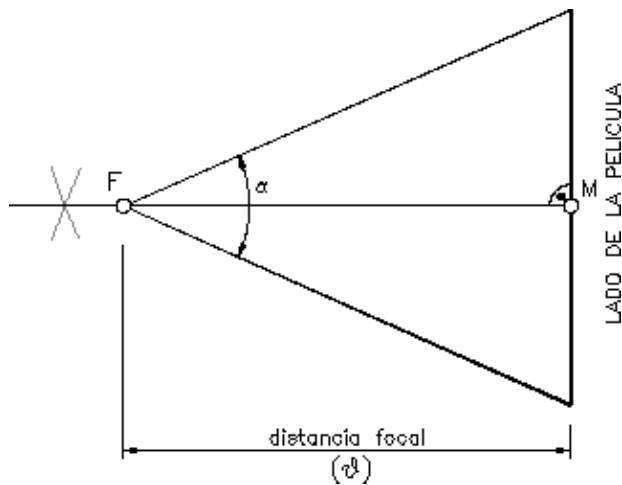


Para aislar de la luz el interior de la cámara, pegaremos fieltro negro en todas las juntas por donde pudiera entrar luz.

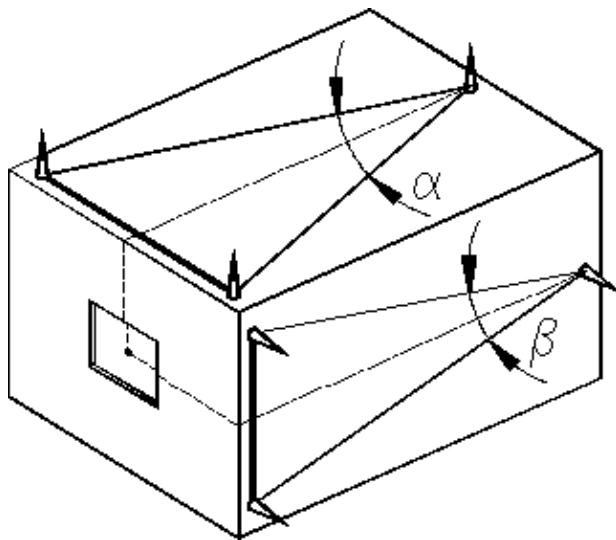


La imagen se proyectará en todas las paredes interiores de la cámara, que sean opuestas a la que tiene el agujero (por ello decíamos antes que recubríamos de negro el interior), pero sólo vamos a colocar un trozo de superficie fotográfica en el fondo. Únicamente los rayos que entran en un ángulo determinado serán los que impresionan la emulsión. El ángulo de visión determinará la parte de la escena que se registra en la placa fotográfica. Dependiendo de la longitud de la cámara y del tamaño de la película. Si modifico tan solo la longitud de la cámara aumentándola, se reduce el ángulo de visión (o se aumenta si la longitud de la cámara es menor). Variando el tamaño de la placa, varía también el ángulo de visión. Si el formato de la placa no es cuadrado, se da un ángulo de visión distinto en altura que en anchura.

Podemos diseñar la cámara como si fuese un teleobjetivo (mayor distancia desde el orificio al plano de la película) o como un gran angular (menor distancia del objetivo al plano). Al recoger en la misma superficie de la película un menor número de información, por ser menor el trozo de escena que metemos en el mismo espacio, el efecto es de acercamiento (efecto de teleobjetivo, que tiende a aplanar las perspectivas). Por el contrario, si estrechamos la distancia entre orificio y plano de la película, aumentaremos el ángulo de visión, y en la misma superficie, meteremos mayor cantidad de información, el efecto es de alejamiento (efecto de gran angular, que acentúa las perspectivas). Al hablar de los distintos tipos de objetivos, los nombramos por su distancia focal, lo cual no es correcto del todo, puesto que la misma distancia focal en dos cámaras con negativos de formato y tamaño diferentes, produce efectos diferentes, ya que como hemos dicho, el ángulo de visión varía también con el formato de la película. Sería más correcto nombrar los objetivos por el ángulo de visión que determinan.



Conociendo la distancia focal (distancia del orificio al plano de la película) y el formato de la película, o del papel, podemos, por un procedimiento gráfico, dibujar con bastante exactitud el ángulo de visión; para ello, dibujamos el segmento de la misma longitud que el lado de la película, y trazamos su mediatriz; en ella colocamos la distancia focal, y obtendremos un punto que será el vértice del ángulo visual, que unido a los extremos del segmento nos da el ángulo visual.



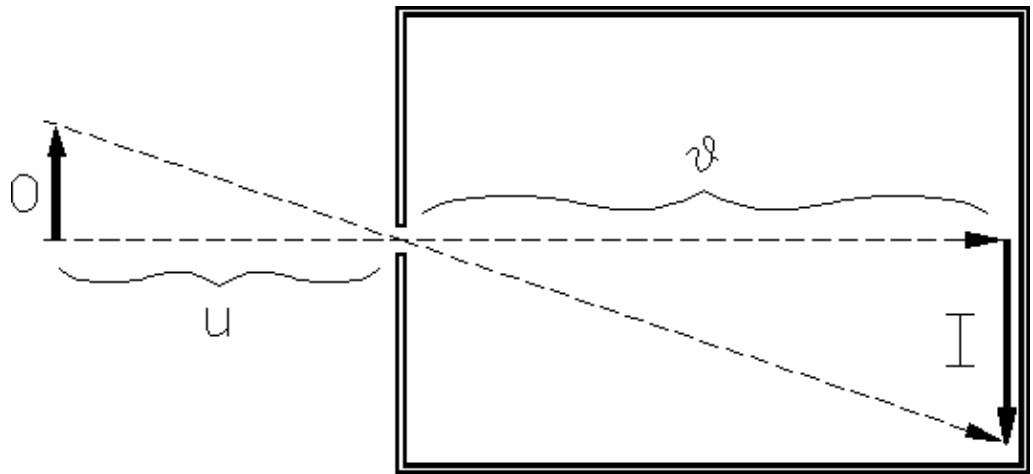
Pero las películas o los papeles fotográficos, generalmente son rectangulares, así que tenemos que hallar los ángulos para cada uno de sus lados. Para ayudarnos a encuadrar la escena, dibujamos estos ángulos en los lados de la caja, y podemos pegar unos palitos en el vértice y en los extremos de los ángulos, que nos ayuden a apuntar. (Ver ilustración derecha).

Dependiendo del ángulo de visión, podemos acercarnos a la realidad de distintas maneras.

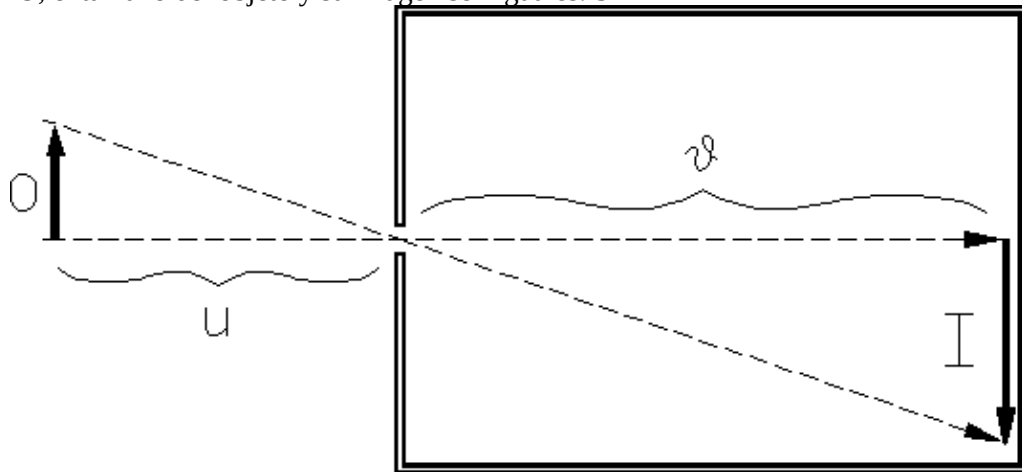
La relación entre el tamaño del objeto (O) y el tamaño de su imagen formada en la cámara (I) es proporcional a la relación entre la distancia que hay desde el objeto al plano focal –plano del orificio– (U) y la que va del plano focal al plano de la película –distancia focal– ($\tilde{d}$). A esta, se la llama relación de ampliación:

Donde:

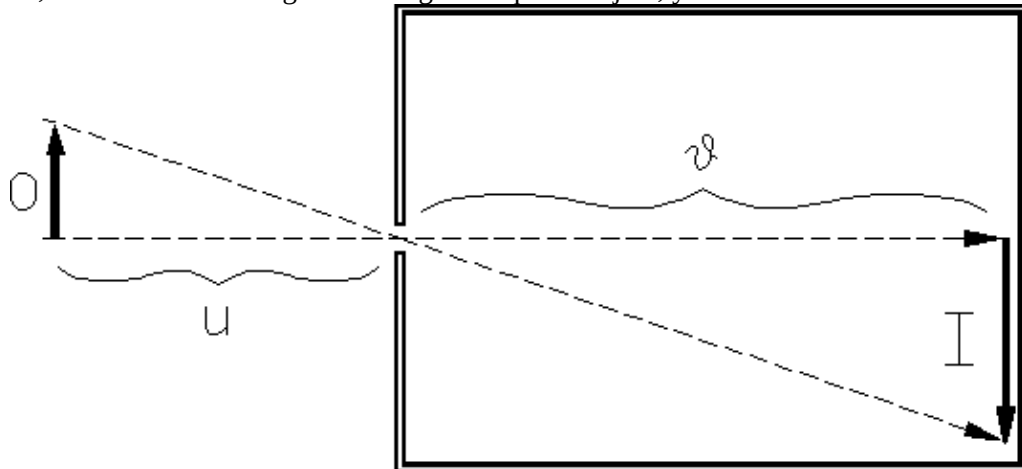
O sea, que si



= U , el tamaño del objeto y su imagen son iguales. Si

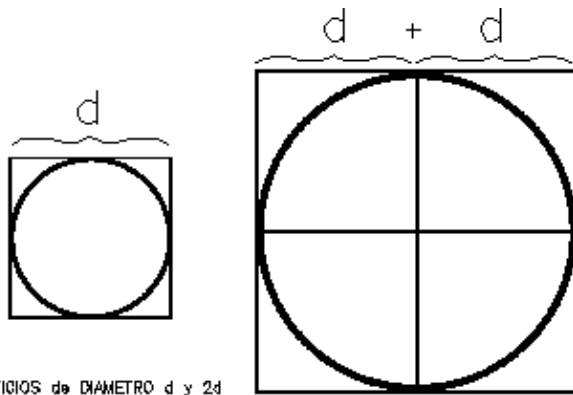


< U , el tamaño de la imagen es más grande que el objeto, y si



> U (que será lo normal) el tamaño de la imagen es más pequeño que el del objeto.

CÁLCULO DE LA EXPOSICIÓN CORRECTA:



ORIFICIOS de DIAMETRO d y $2d$

En cada cámara estenopéica, la exposición correcta para una determinada escena, será distinta; dependerá del tamaño del orificio y de la longitud de la cámara (distancia focal, f). Si tenemos dos cámaras con distinta longitud y un orificio del mismo diámetro, la cantidad de luz que entra en las dos es la misma, pero en la cámara más larga, la luz se debilita más hasta llegar a la emulsión (la intensidad de la luz decae en función directa al cuadrado de la distancia). Además tendremos idéntica cantidad de luz repartiéndose en superficies diferentes. Si cambiamos el diámetro del orificio, variamos la cantidad de luz que entra en la cámara. Por ejemplo, un orificio con el doble de diámetro que otro, deja pasar cuatro veces más luz, debido a que la luz es captada dentro de una superficie (ver ilustración).

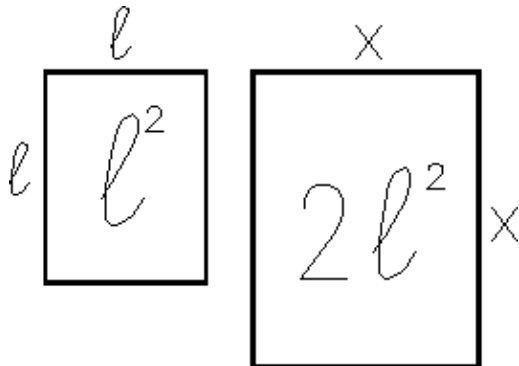
Del mismo modo, una f que mida el doble que otra, produce en el plano de la película cuatro veces menos luz.

Si construimos cámaras distintas, pero de forma que el cociente entre estas dos variables sea igual en ambas, estas cámaras utilizarán, sin embargo, el mismo tiempo de exposición, para la misma escena. El cociente entre f y d recibe el nombre de número efe (f):

Podemos averiguar la relación que existe entre un número f y otro. Si tenemos un $f:1$ y otro $f:2$, ello significa que, o bien f ha aumentado el doble, o bien d ha disminuido la mitad. Por tanto, como ya explicamos antes, la cantidad de luz que llega al plano de la película en el caso de $f:2$, es la cuarta parte de la que llega con $f:1$, así que si $f:1$ necesita 10 segundos de exposición, en las mismas condiciones, $f:2$ necesitará 40 segundos.

Por tanto, un número f doble que el anterior, produce diferencias de exposición excesivamente grandes. Tendremos que encontrar fracciones más pequeñas, de forma que la relación sea la mitad, lo que nos obliga a averiguar qué proporción ha de variar la superficie para que se haga el doble de grande:

$$X^2 = 2l; x = l\sqrt{2}$$



Como $\sqrt{2} = 1.414$

,

Si tenemos una cámara con f:1 y otra con f:1'4, la cantidad de luz que llega a la película en el caso de la segunda, es la mitad que en la primera. A partir de estos dos números podemos elaborar una tabla de números f en que cada paso consecutivo es la mitad del anterior y el doble del siguiente:

Nos f:	f:1	f:1'4	f:2	f:2'8
f:4	f:5'6	f:8	f:11'2	f:16
f:22,4	f:32	f:44'8	f:64	f:89'6
f:128	f:179'2	f:256	f:358'4	f:512
f:716'8	f:1024	f:1433'6	f:2048	f:2867'2

Los números f más frecuentes en las cámaras usuales van desde el f:2'8 hasta el f:32. Hay objetivos muy caros, capaces de abrir el diafragma hasta un f:1; tienen una lente muy sobresaliente para captar gran cantidad de luz. En la película Barry Lyndon de Stanley Kubrick, hay escenas que se rodaron únicamente con la luz proveniente de unos cuantos miles de velas, con el objeto de respetar la ambientación. Para poder rodar esta escena, una casa comercial diseñó un objetivo que tenía un f:0'7.

En las cámaras estenopeicas el f puede ser cualquiera, pero generalmente son más altos que los de las cámaras normales, y además son fijos, no se pueden variar. En las cámaras habituales, el n° f se puede modificar gracias al diafragma, que es un dispositivo que abre un agujero en su centro, de diámetro variable.

Por último, además de todos los factores de los que hemos hablado, el tiempo de exposición correcto para una escena determinada, varía también según la sensibilidad de la película, su n° ASA, o lo que es lo mismo, depende de la capacidad de la película para captar la luz. Los números ASA son mayores cuanto mayor es la sensibilidad de la película, y ambos factores aumentan de modo lineal, constantemente. Si dos películas tienen números ASA, la una el doble de la otra (por ejemplo, 100 ASA y 200 ASA), la película de 200 ASA necesita la mitad de tiempo que la de 100 ASA para exponerse correctamente ante la misma escena.

Entonces, según lo estudiado hasta aquí, el cálculo de la exposición tiene tres variables independientes, que son, la sensibilidad de la película, el n° f de la cámara y la cantidad de luz que refleja la escena. Como en la cámara estenopéica el n° f es fijo, este será una constante que ya sabemos hallar mediante el cociente entre la distancia focal y el diámetro del orificio. Hay una cuarta variable que depende de las anteriores, y es el tiempo de exposición. Para calcular el tiempo de exposición, nos serviremos de un fotómetro (puede ser el fotómetro que incorpora una cámara reflex normal). Lo primero que haremos será colocar el fotómetro calibrado en la sensibilidad o número ASA adecuado. Como nosotros vamos a hacer fotografías estenopeicas sobre papel fotográfico, y este tiene una sensibilidad de 3 ASA, colocaremos el fotómetro en 25 ASA, que es el número más pequeño que pueden escalar los fotómetros habituales. Habremos de tener en cuenta, pues, que el tiempo de exposición para 3 ASA es ocho veces mayor que el que nos dé la lectura del fotómetro. Medimos la luz. Por ejemplo, vamos a mirar qué diafragma es necesario para exponer una película de 25 ASA en 1/8 de segundo, para una determinada escena. La medición del fotómetro nos da, por ejemplo un f:16.

Así pues, tenemos que a f:16, con una película de 25 ASA necesitaremos una exposición de 1/8 de segundo para exponer correctamente nuestra escena. Luego para el papel de 3 ASA, a f:16 necesitaremos 1 segundo entero para exponer la misma escena:

3ASA ----- f:16 ----- 1"

Pero como el número f de nuestra cámara no es f:16, si no tal vez f:512, vamos a la tabla de números f que habíamos elaborado antes, y vamos hallando el doble en cada paso siguiente:

A f:16 t = 1" ; el siguiente diafragma es f:22'4

A f:22'4 t = 2" ; el siguiente diafragma es f:32

A f:32 t = 4" ; el siguiente diafragma es f:44'8

A f:44'8 t = 8" ; el siguiente diafragma es f:64

A f:64 t = 16" ; el siguiente diafragma es f:89'6

A f:89'6 t = 32" ; el siguiente diafragma es f:128

A f: 128 t = 64" ; el siguiente diafragma es f:179'2

A f:179'2 t = 128" ; el siguiente diafragma es f:256

A f:256 t = 256" ; el siguiente diafragma es f:358'4

A f:358'4 t = 512" ; el siguiente diafragma es f:512

A f:512 t = 1024" ; 1024' = 17' 04"

En nuestra estenopeica a f:512, el tiempo de exposición para la escena que hemos medido es de 17 minutos y 4 segundos.

BIBLIOGRAFÍA APORTADA POR EL PONENTE:

(Transcrita aquí tal y como nos fue entregada por él)

FOTOGRAFÍA : HISTORIA

COE, Brian

L'appareil photo. Une histoire illustrée.

Crown Publishers, Gothenburg, 1978.

FRIEDMAN, J. S.

History of Color Photography.

The American Photographic Publishing Co., Boston, 1944.

GERNSHEIM, H. y A.

Historia gráfica de la fotografía.

Omega, Barcelona.

GERNSHEIM, H. y A.

The origins of photography.

Thames and Hudson, London, 1982.

GUTIÉRREZ ESPADA, Luis

Historia de los medios audiovisuales. (2 vols.)

Pirámide, Madrid, 1980.

KEIM, J. A.

Historia de la fotografía.

Oikos-Tau, Barcelona, 1971.

NEWHALL, Beaumont

Historia de la fotografía.

Gustavo Gili, Barcelona, 1983.

SOUGEZ, Marie Loup

Historia de la fotografía.

Cátedra S. A., Madrid, 1981.

TAUSK, Petr

Historia de la fotografía en el siglo XX. De la fotografía artística al periodismo gráfico.

Gustavo Gili, Barcelona, 1978.

WILLS, Camfield

Histoire de la photographie.

Princesse (Jossée de Bergerin), París, 1980

TEORÍA FOTOGRÁFICA:

BARTHES, R.

El Mensaje fotográfico en AAVV, *La semiología.*

Tiempo Contemporáneo, Buenos Aires, 1972.

BARTHES, R.

Retórica de la imagen en *La semiología.*

Tiempo contemporáneo, Buenos Aires, 1972.

BARTHES, R.

La cámara lúcida.

Gustavo Gili, Barcelona, 1982

COSTA, Joan

El lenguaje fotográfico.

Ibérico Europea de Ediciones, Madrid, 1977

CRAVEN, George M.

Objet and Image; An Introduction to Photography.

Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1975

CHINI, Renzo

Il Linguaggio Fotografico.

Turín, 1968

DANZIGER, J. Y CONRAD III, B.

Interviews with master Photographers.

Paddington Press Ltd., New York, 1977.

DORFLES, G.

Apuntes para una estética de la fotografía en AAVV. *Sentido e insensatez en el arte de hoy.*

Fernando Torres, Valencia.

DUBOIS, Ph.

El acto fotográfico. De la representación a la recepción.

Paidós, Barcelona.

Fontcuberta, J.

Estética fotográfica.

Blume, Barcelona, 1984

FREUND, Gisèle

La fotografía como documento social.

Gustavo Gili, Barcelona, 1976.

GERNSHEIM, Helmut

Creative photography: Asthetic Trends 1830–1960.

Faber and Faber Ltd., Londres, 1962.

NOORDNOEK, W.

Composición en la fotografía en color.

Instituto Parramón Ediciones S. A., Barcelona, 1980.

OLLE, A.

El arte de la fotografía.

Suc. De E. Messeguer, Barcelona.

SCHARF, A.

Art and Photography.

Pelikan Books, Londres, 1974.

SONTAG, Susan

On Photography.

Farrar, Strauss and Giroux, Nueva York, 1977.

STELZER, O.

Arte y fotografía. Contactos, influencias y efectos.

Gustavo Gili, Barcelona, 1981.

SZARKOVSKI, John

Looking at Photographs.

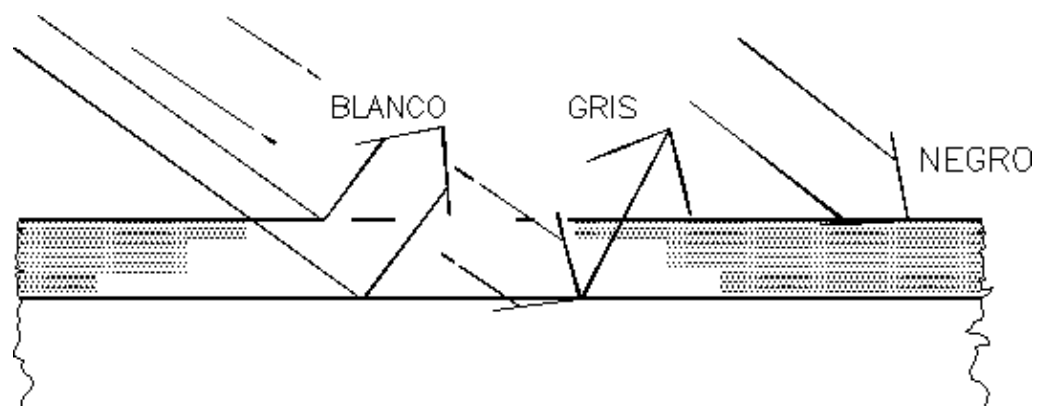
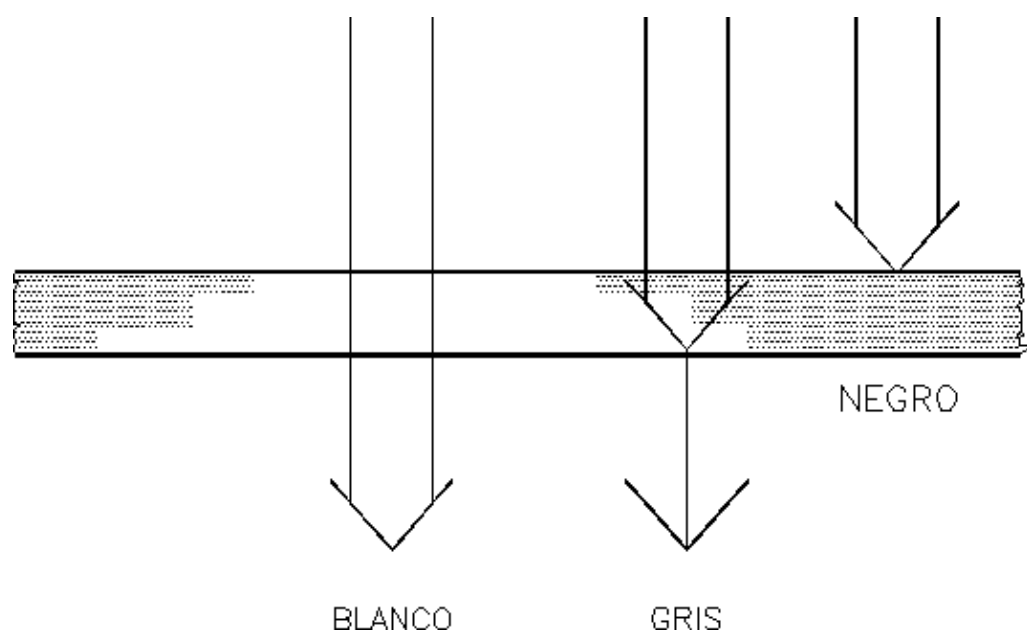
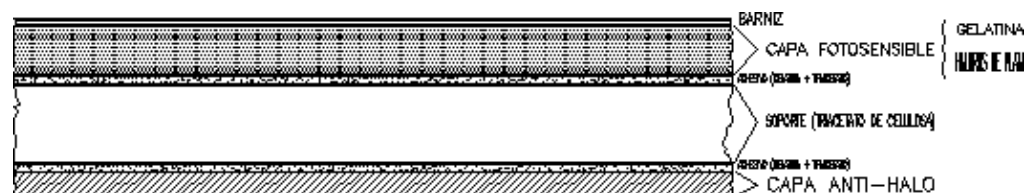
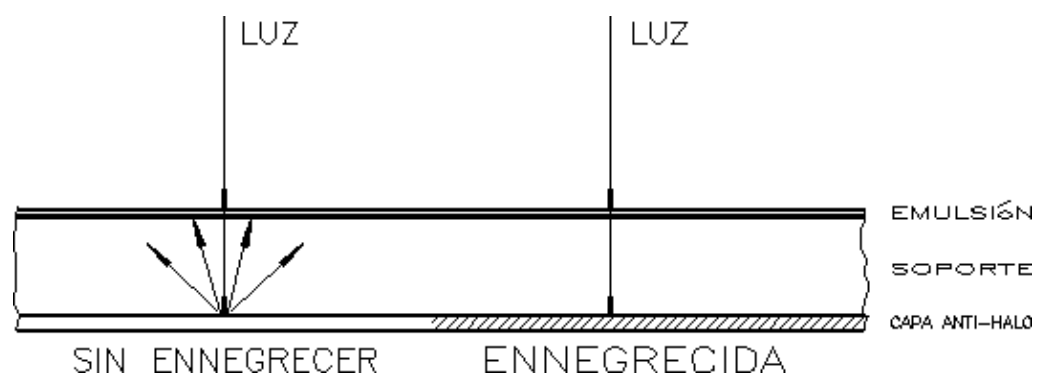
Museum of Modern Art, New York, 1973.

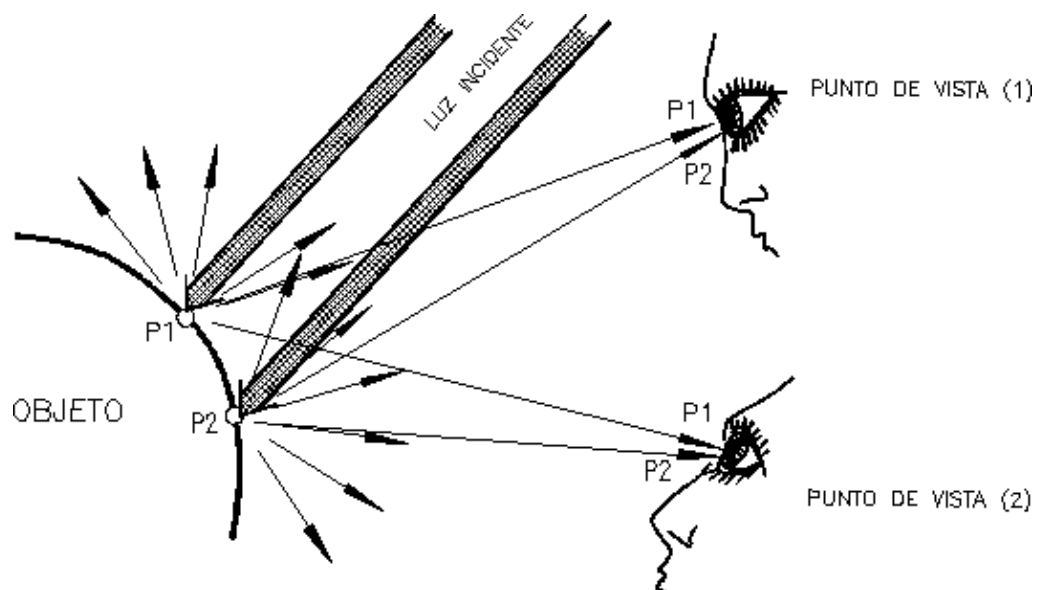
WHITING, John R.

Photography is a language.

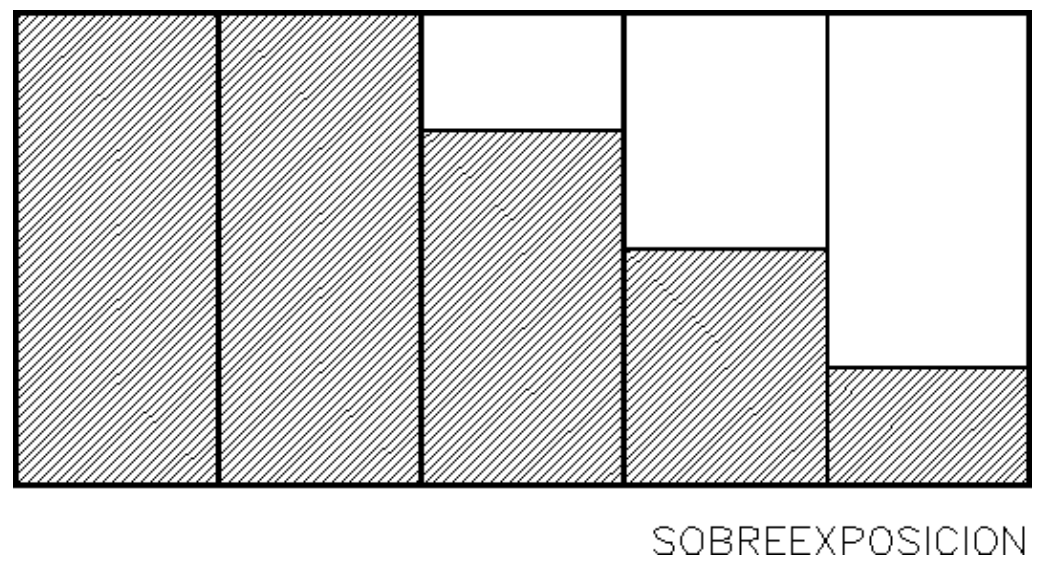
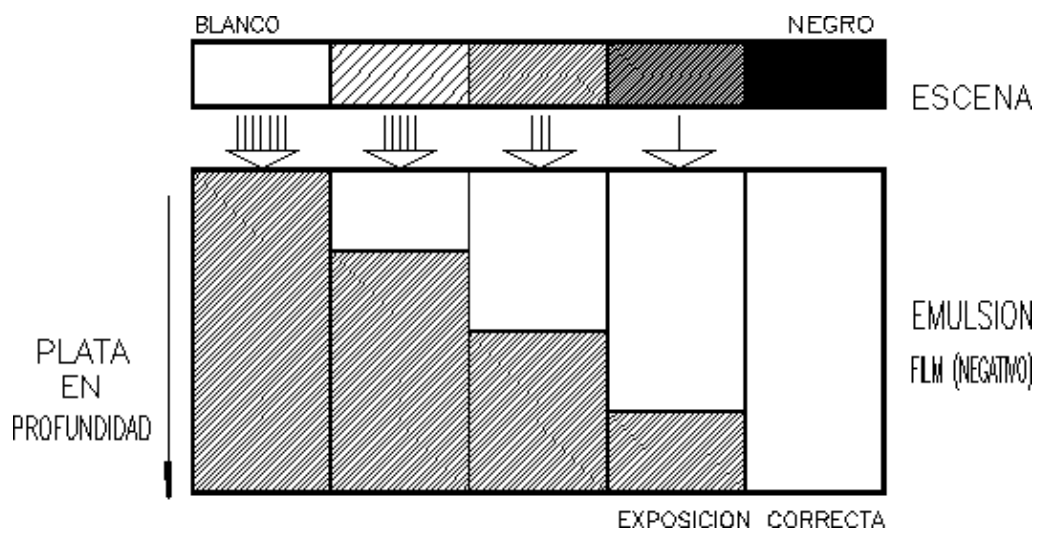
Ziff Davis, New York, 1948.

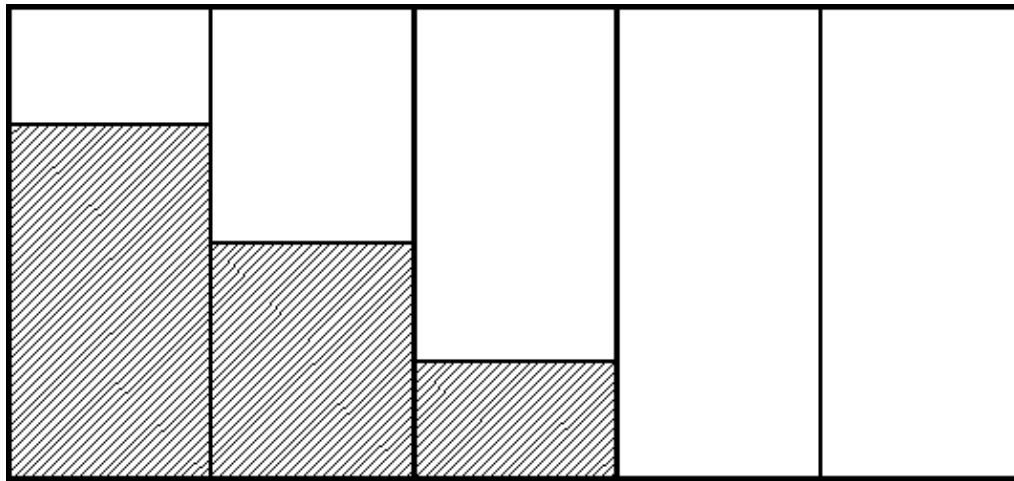
PROCESOS ELEMENTALES EN FOTOGRAFÍA



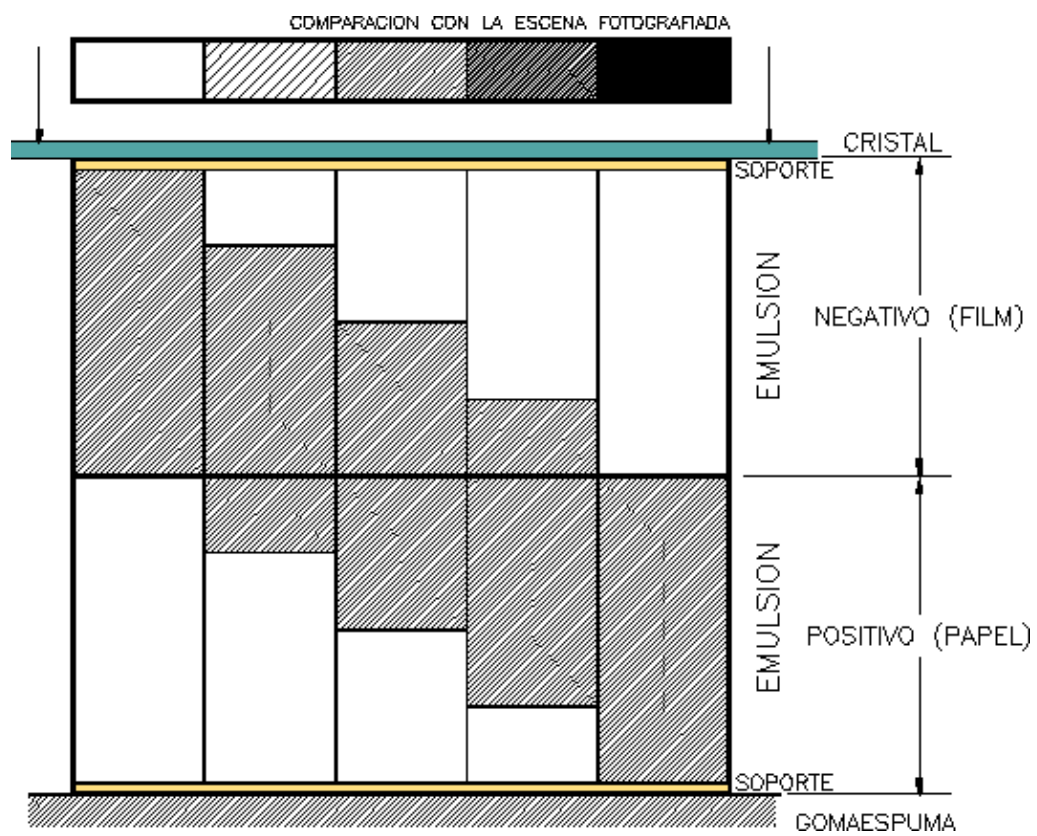


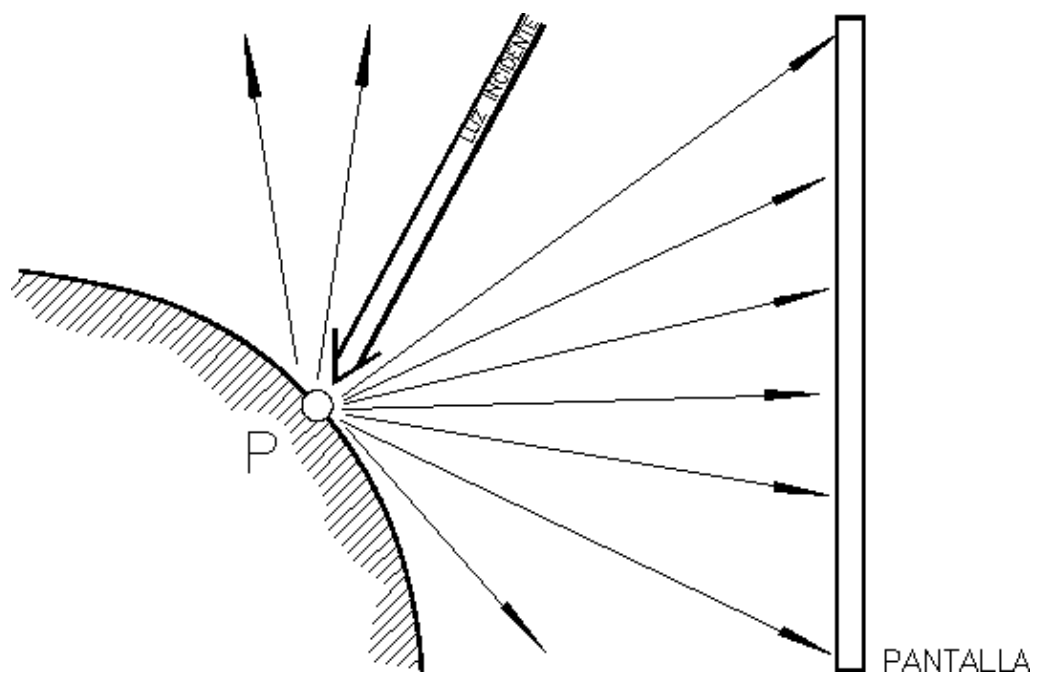
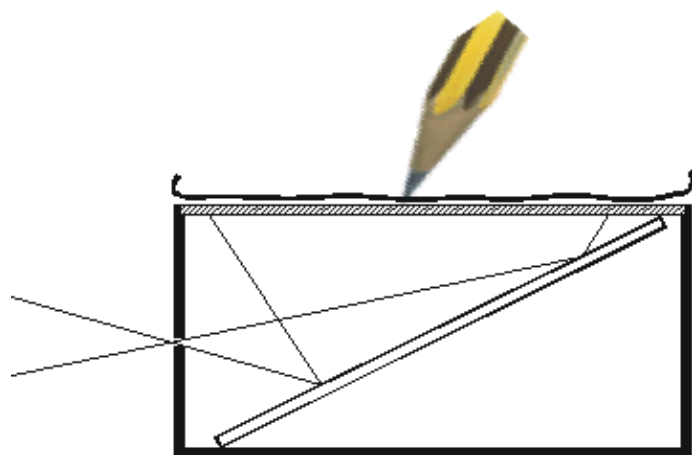
$$a + r = 1$$

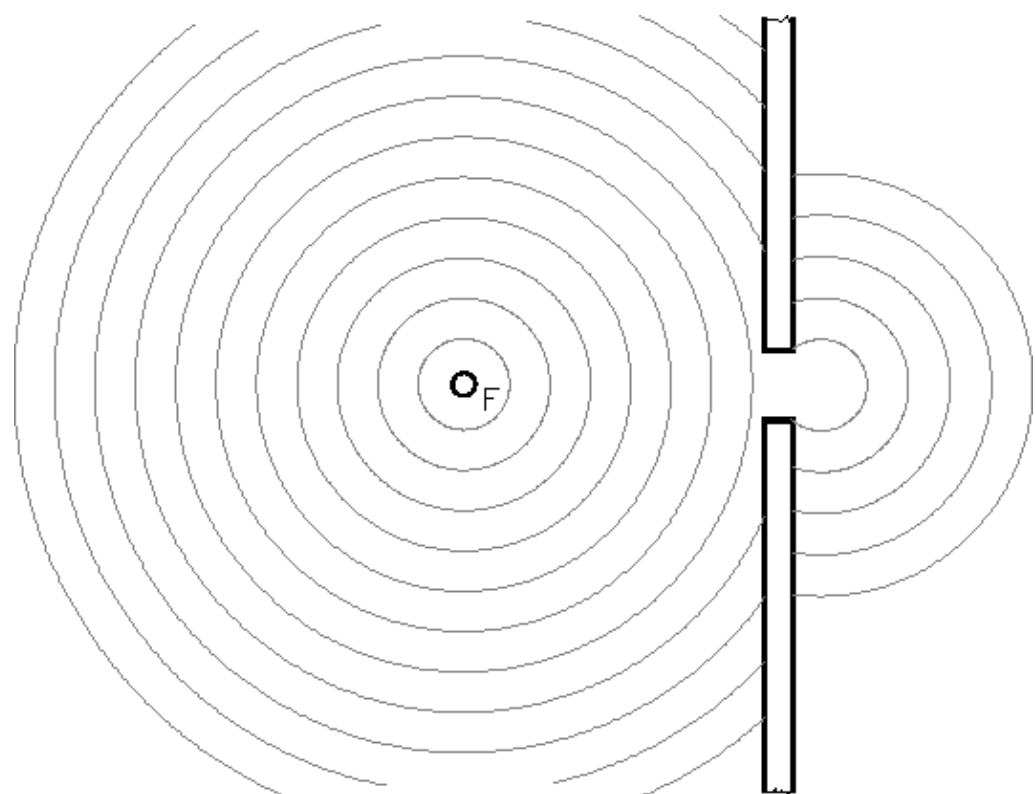
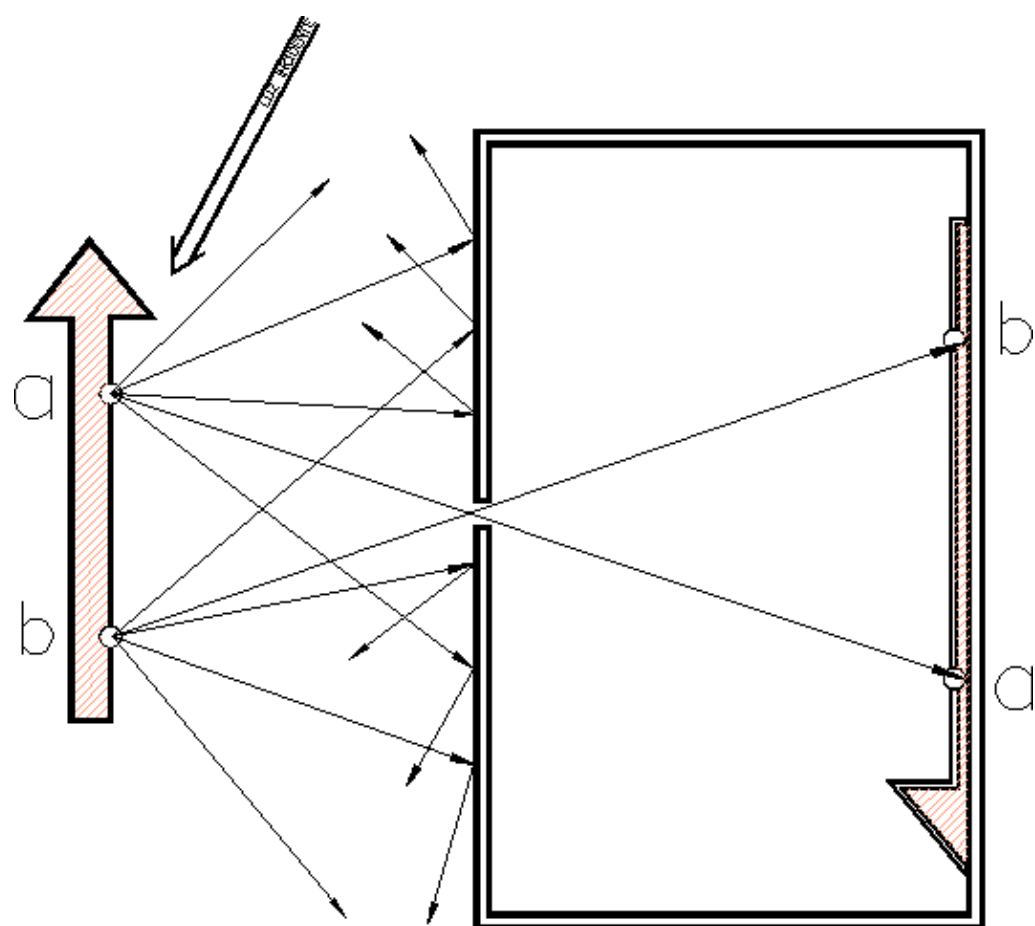


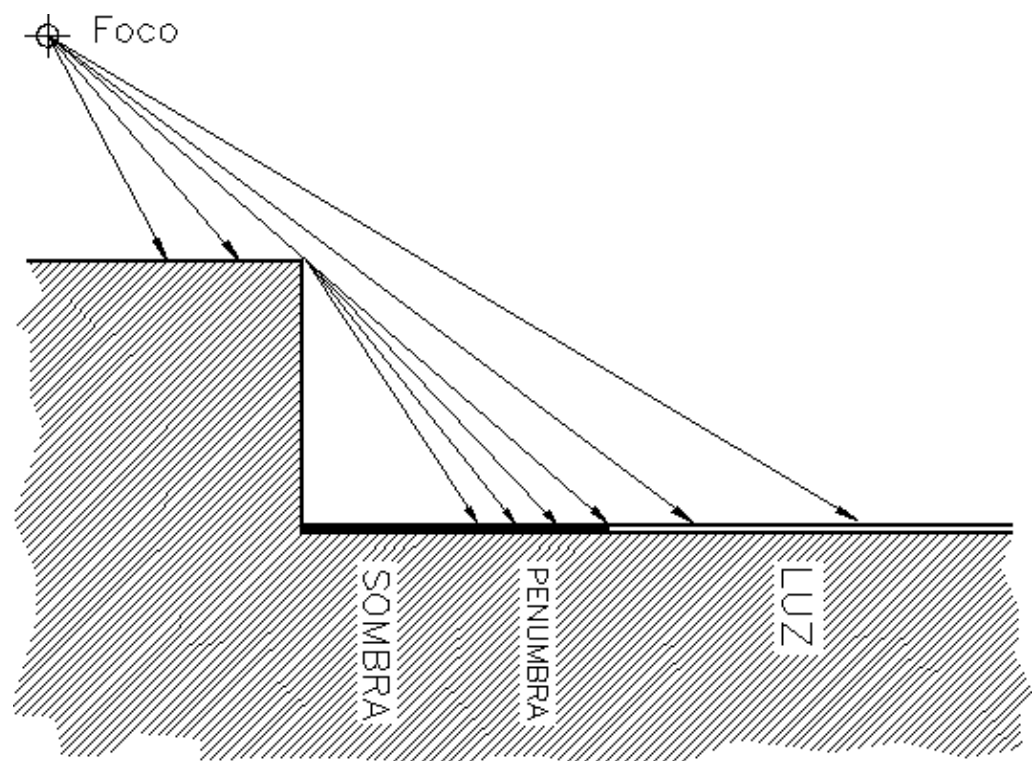
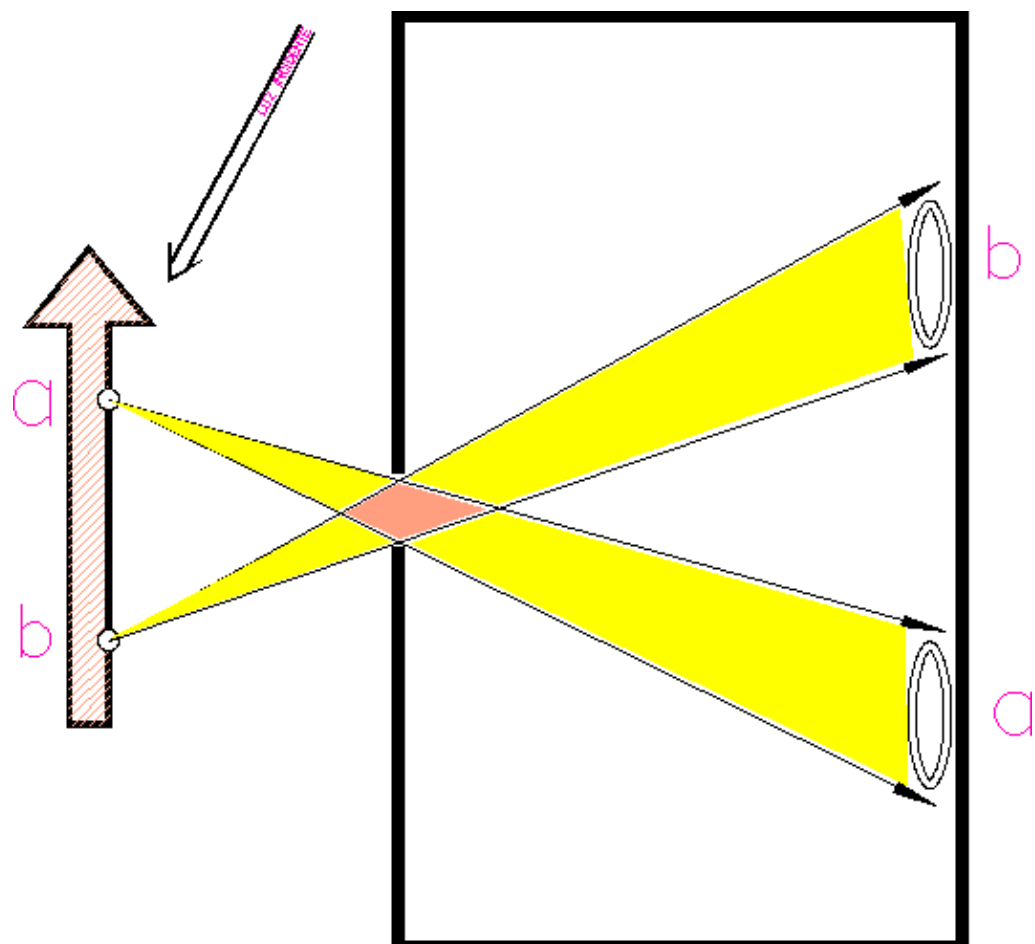


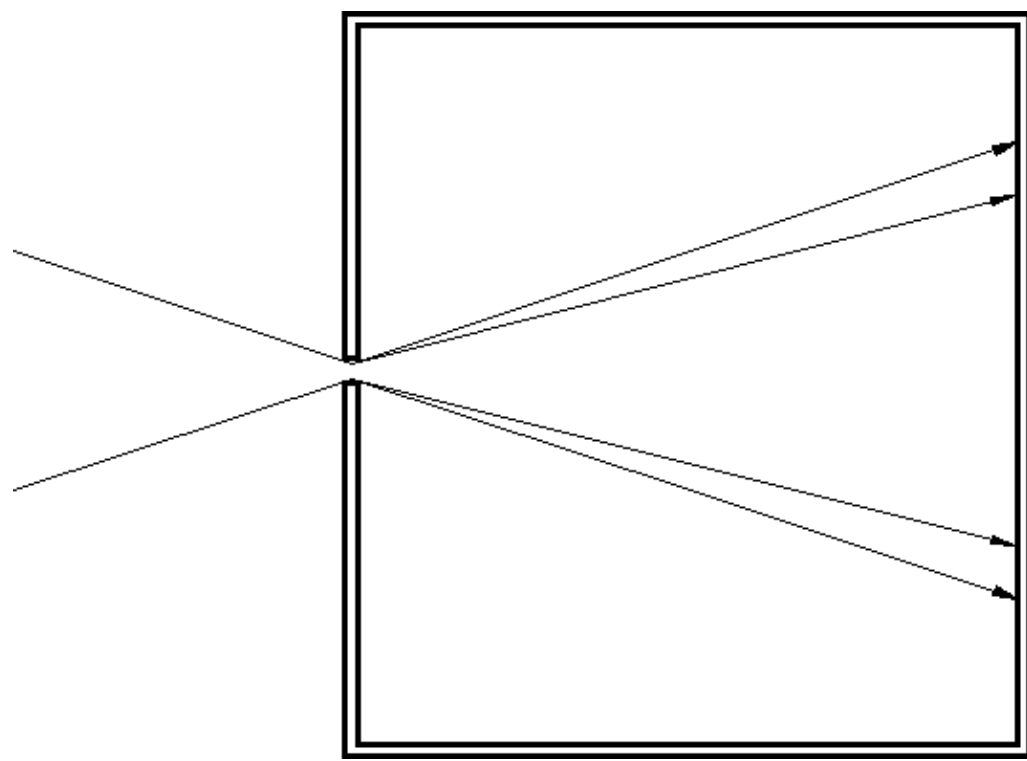
SUBEXPOSICION



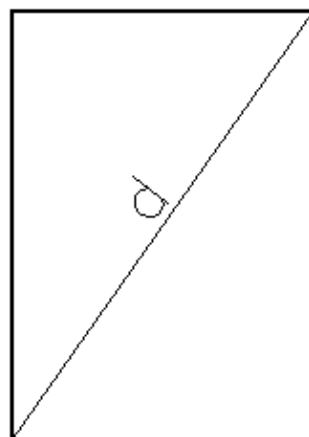
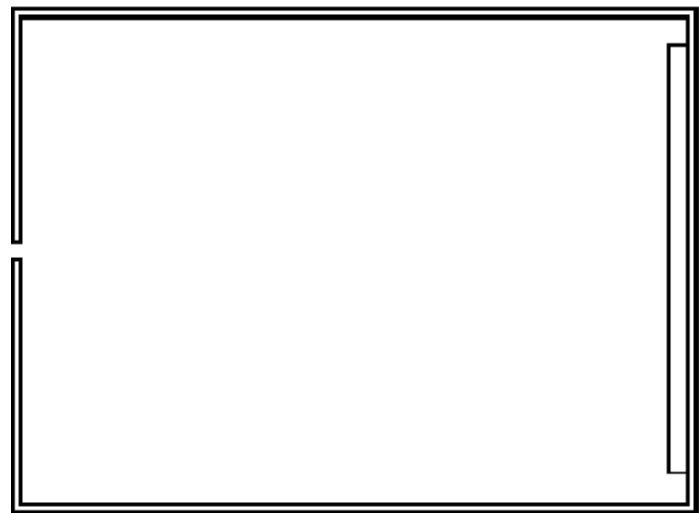






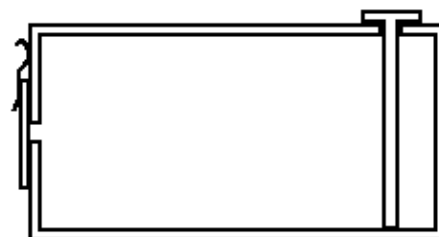
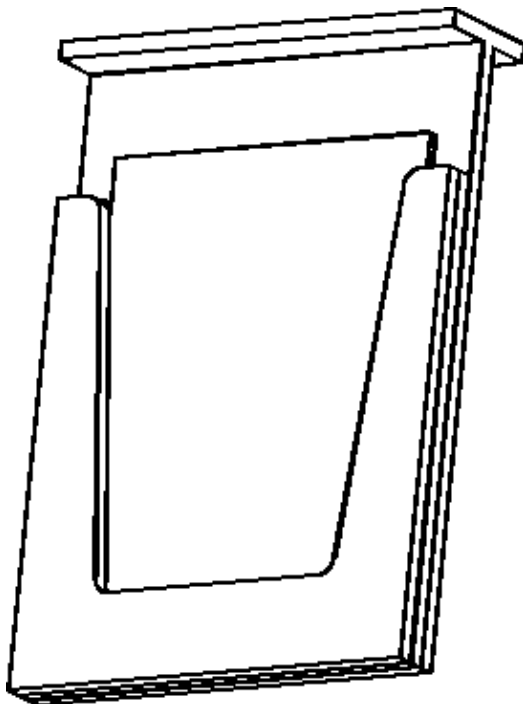
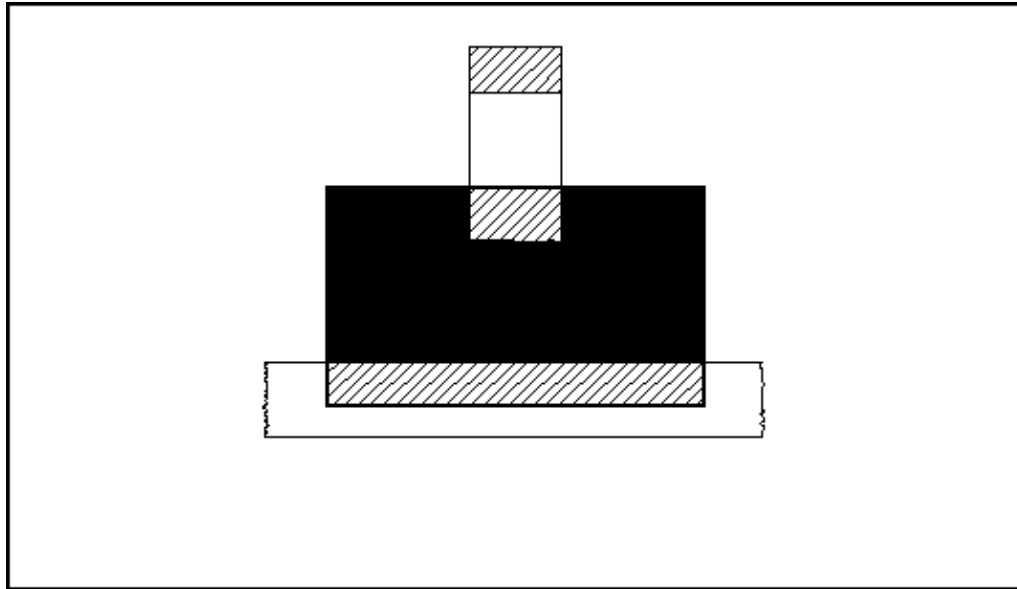
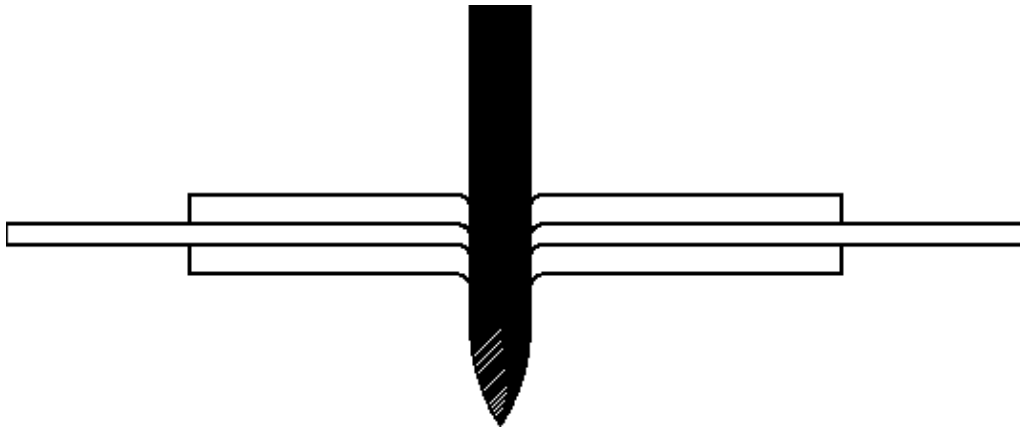


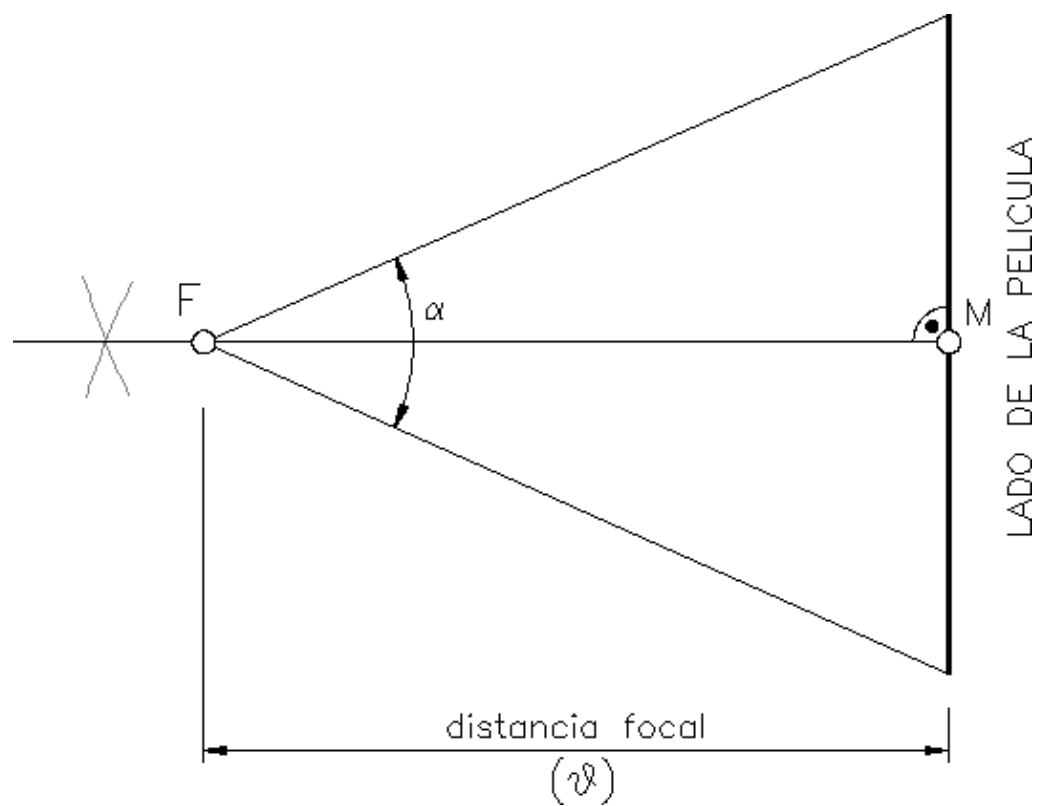
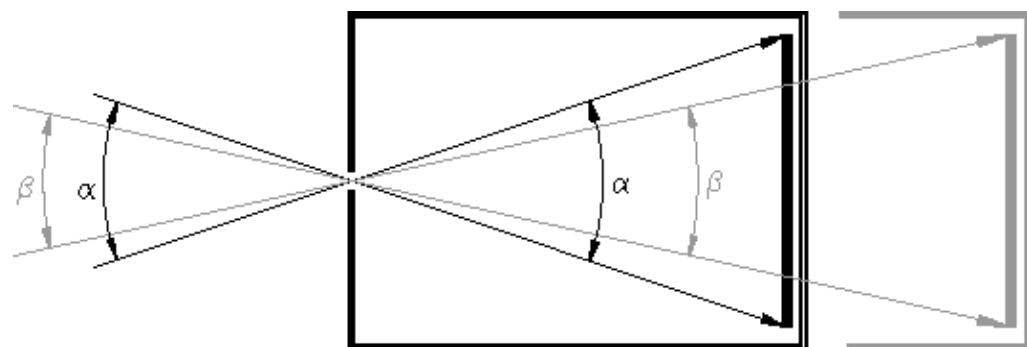
1 vez y 1/2 $d = \varnothing$

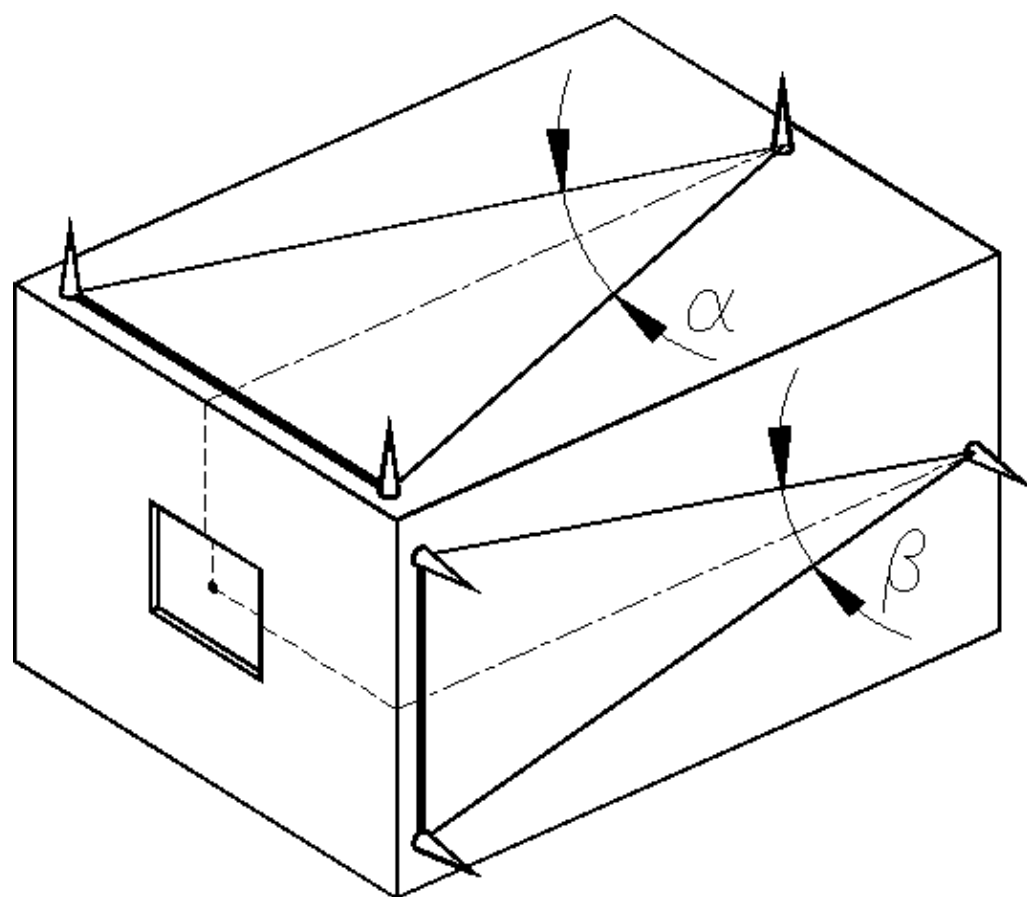


FORMATO FOTO

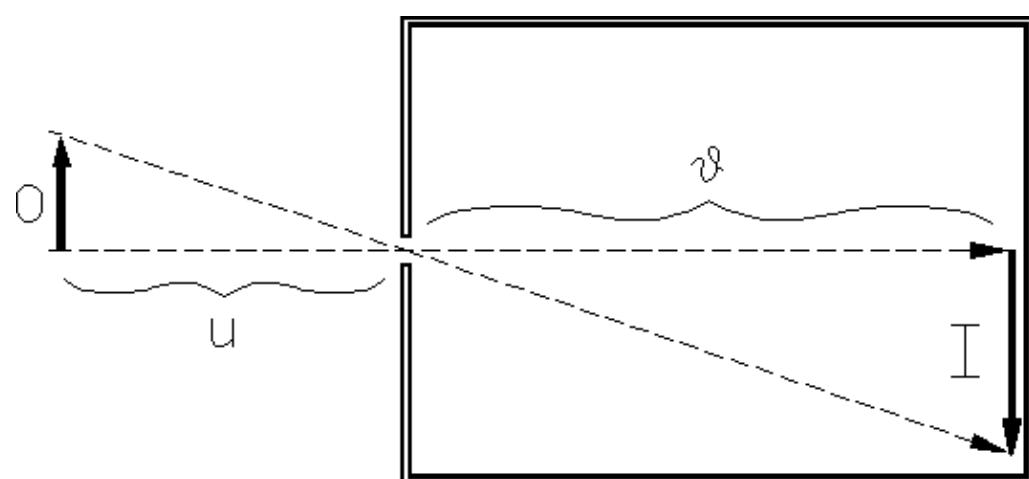
" OPTIMO = $0'036\sqrt{\varnothing}$

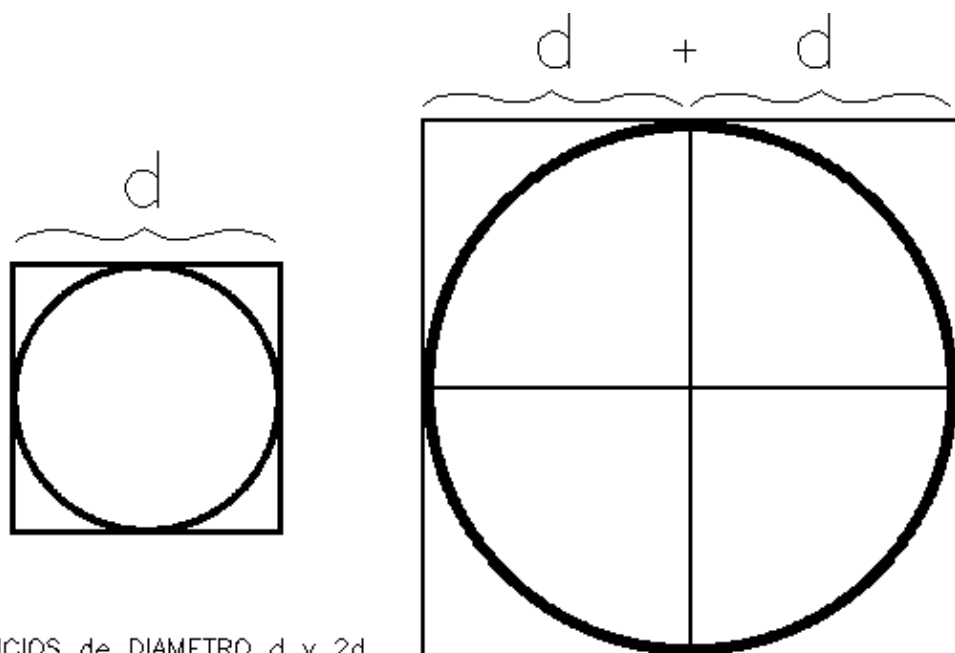
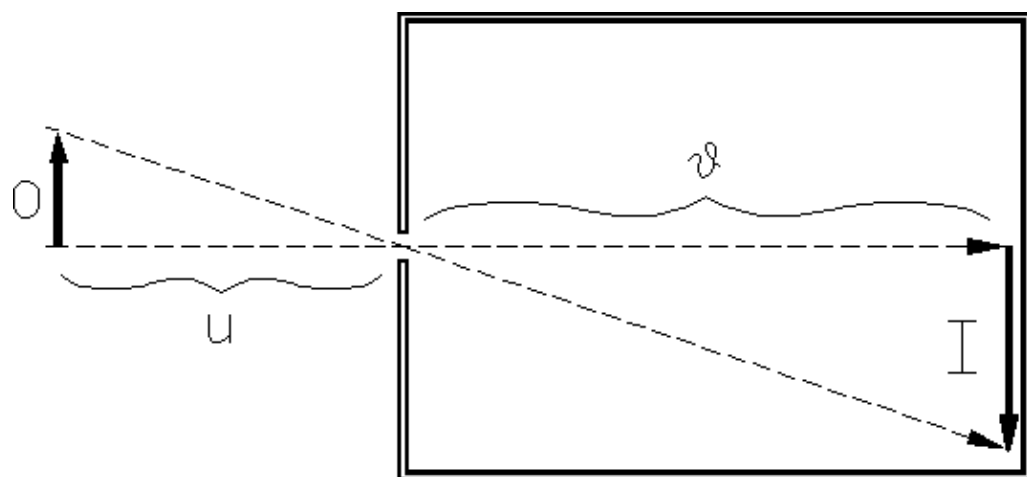
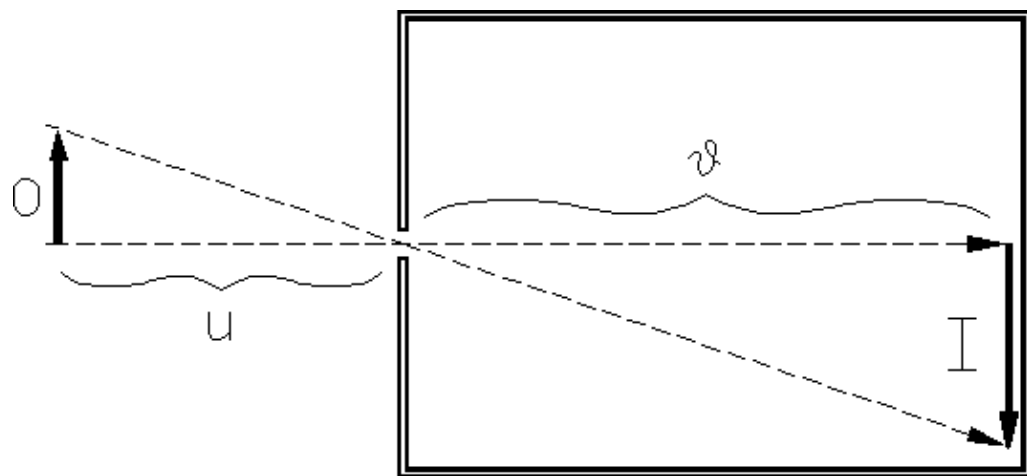






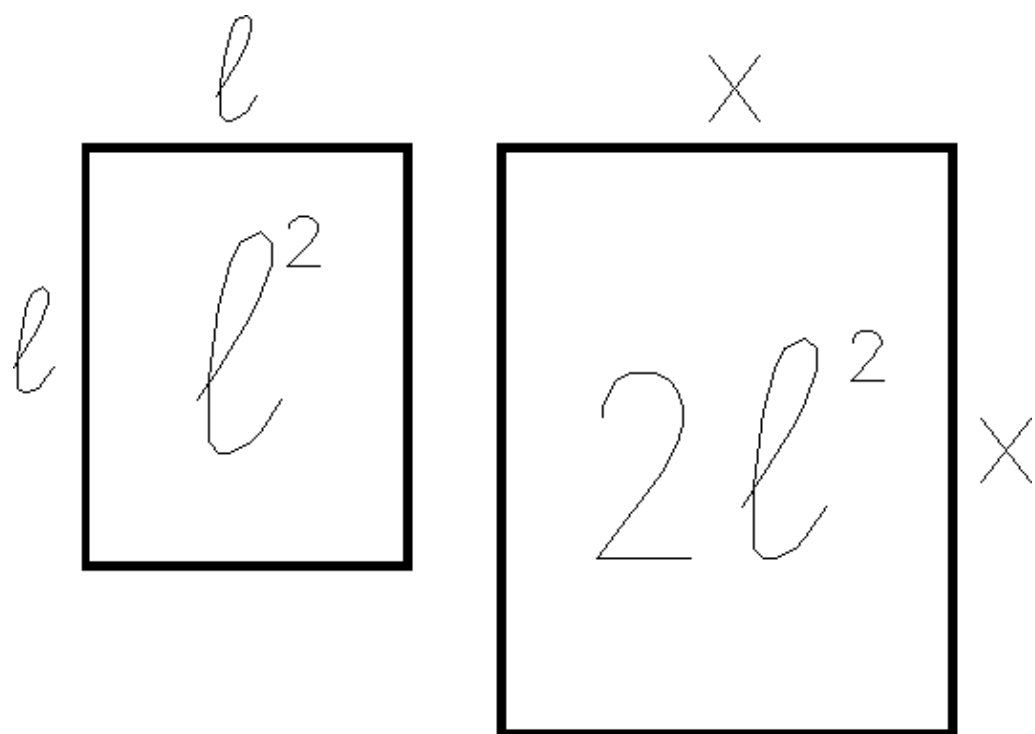
$$\frac{I}{O} = \frac{\vartheta}{U}$$





ORIFICIOS de DIAMETRO d y $2d$

$$f = \frac{\vartheta}{\dots}$$



$$X = 1'4 \, l$$