

CAPÍTULO V

EL OBJETIVO

DESCRIPCIÓN

Repito en esta ocasión, dada la importancia de este vital elemento, lo antes dicho en el capítulo II. La función de un **objetivo** en una cámara es captar los rayos luminosos del sujeto que se ha encuadrado y concentrarlos sobre la emulsión sensible.

En su aspecto exterior es un cilindro metálico cuya cara anterior es la superficie de una lente y en su cara posterior tiene en los viejos casos una rosca, bayoneta o montura. En los casos que hemos visto en la parte de monturas sección **cámara**, las más actuales.

En su interior se alberga un complejo sistema óptico mecánico formado por varias **lentes** y los correspondientes dispositivos para su desplazamiento.

Todo objetivo trae inscriptos dos cifras que lo determinan. Una de ellas expresada en milímetros es la **distancia focal** ó simplemente **focal**, la cual puede ser fija o variable. Las variables se llaman **zoom**. La inscripción dice por ejemplo: 9mm - 36mm ó F= 9mm (3:1), que son los focales mínimos y máximos; o sólo se multiplica por el factor zoom. Se varia solamente accionando un anillo de la montura, mediante una palanca ó por medio de un motor.

El otro valor que viene indicado en el objetivo es su **número f máximo**, ó sea la **apertura de diafragma** en la escala f. Esto es: 1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22, 32 y cada una de las cifras de esta escala de izquierda a derecha indica que el objetivo admite en esa cifra una cantidad de luz **doble** que la cifra posterior (la de su derecha). Por ejemplo: 1.4 el doble de 2, 2 el doble de 2.8, 4 el doble de 5.6, y así sucesivamente.

En muchos objetivos esta escala aparece conjuntamente con o sustituida por otra llamada **escala T** cuyos valores están determinados en función de la cantidad de luz transmitida realmente hacia la emulsión. Como lo he dicho anteriormente en el capítulo II de cámara, los f se utilizan más que nada para la profundidad focal, ya que son valores teóricos, y los T se utilizan más para las exposiciones, pues son valores prácticos.

Sobre otro anillo similar se encuentra una escala graduada en metros o pies, que va de, por ejemplo, 0.70mts hasta ∞ (infinito) para el lente de F50mm serie Zeiss en mtb., y en pulgadas 2'60" feet hasta ∞ (infinito), equivalente a 27.5"; y que sirve para regular el **enfoque** según la distancia a que se encuentre el sujeto encuadrado.

Los objetivos deberán poseer y aceptar en su cara frontal un sistema de portafiltros, parasol, para evitar en lo posible, la penetración de los rayos de luz pertenecientes a las fuentes de luz, y evitar así manchas indeseables, reflejos, etc.

Los objetivos fotográficos - cine son instrumentos delicados, costosos y de gran precisión, responsables fundamentales de la calidad técnica de nuestras imágenes. Por ello todo cuidado que les prodiguemos se notará a lo largo de su comportamiento y en la perfección plástica de las tomas.

Una de las causas frecuentes de deterioro de un objetivo (de una cámara) son las altas temperaturas (por ejemplo, el interior de un automóvil en pleno sol). Basta tener en cuenta, que el **cemento sintético** transparente utilizado para pegar entre sí los elementos ópticos compuestos de dos o tres lentes, se reblandece a partir de los 38°C de temperatura, y en estas condiciones cualquier golpe, cualquier vibración, puede causar un deslizamiento o desalineamiento de algunos de ellos, afectando seriamente el rendimiento óptico del conjunto. Imaginemos qué sucedería en el caso de un zoom, que suele estar compuesto de más de una docena de elementos de vidrio.

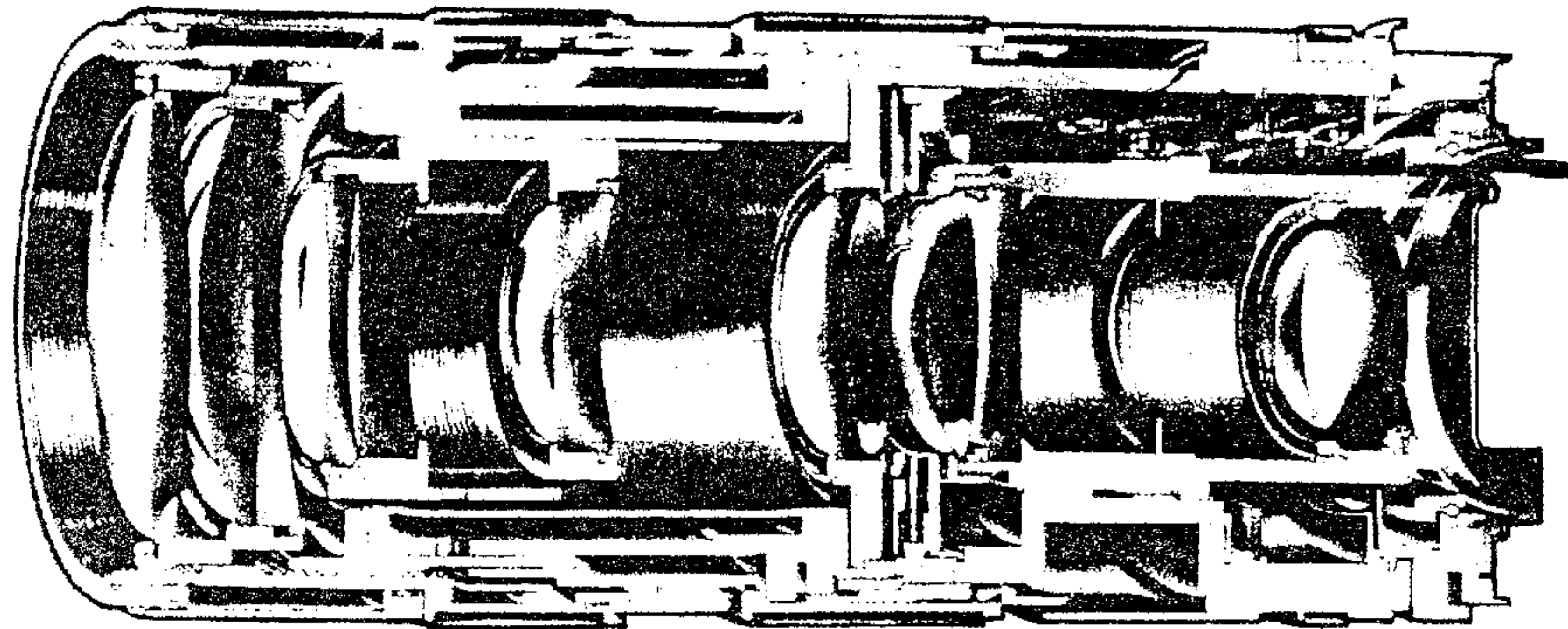


Figura 104: El interior de un zoom.

En este corte seccionado de uno de los objetivos más complejos que puede acoplarse a una cámara reflex de 35mm podemos apreciar la gran cantidad de elementos de alta precisión que lo componen. Se trata de un zoom de 85-210mm, utilizable en la mayoría de las cámaras de 24 x 36.

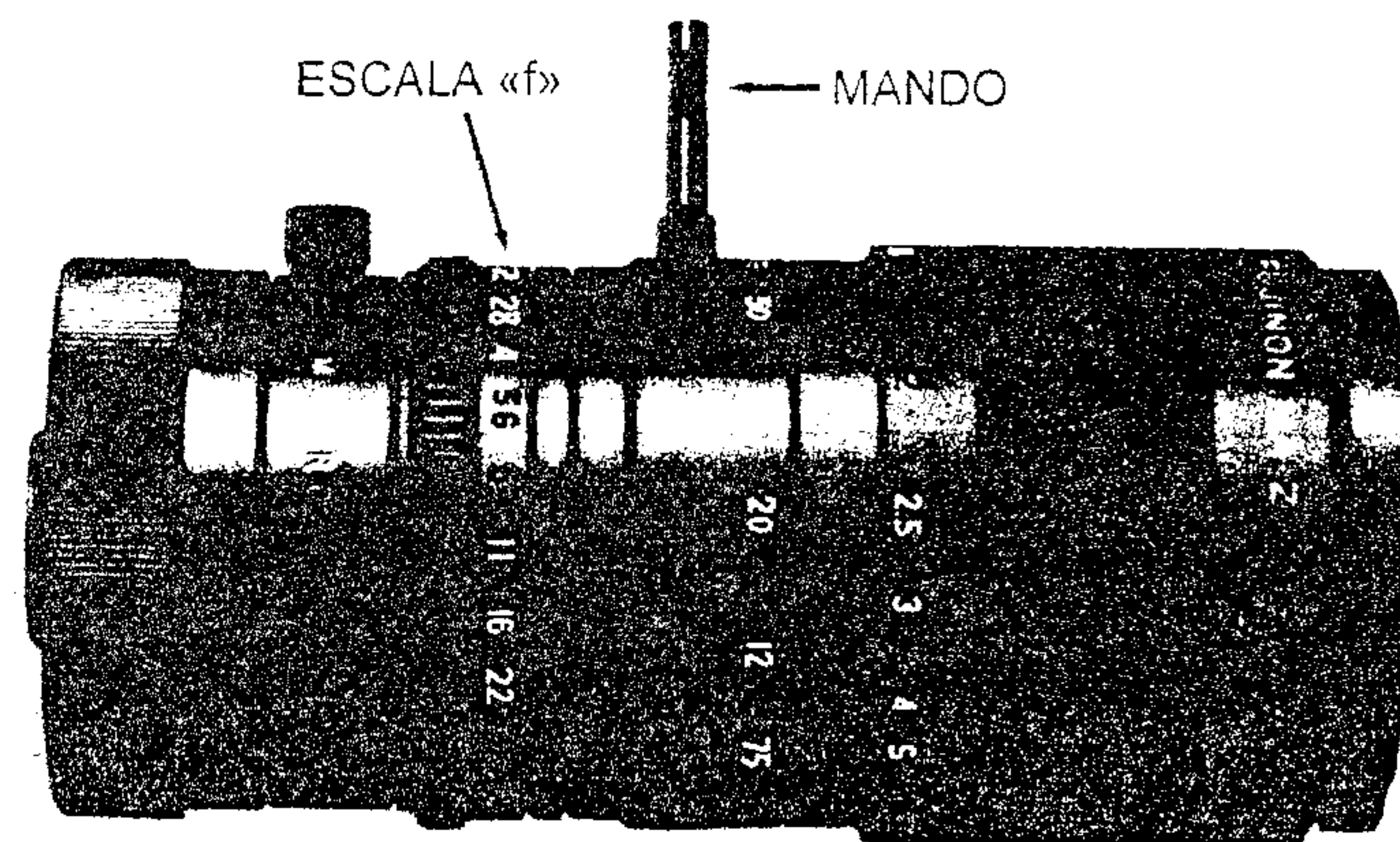


Figura 105: Zoom EBC Fujinon MA-Z1 1.8f = 7.5-75mm

Otro de los cuidados al transportarse el zoom es tener el mando de variación focal situado en uno de sus extremos. De este modo, cualquier golpe que pueda sufrir, no correrá el

riesgo de sufrir el delicado fresado helicoidal por donde discurre el grupo de lentes móviles. Cualquier pequeña deformación en dicha ranura de guía, se traducirá en un desagradable salto de la imagen cuando efectuemos el zoom.

RAYOS LUMINOSOS

Recordemos lo visto en el capítulo II, donde decíamos que para mejorar la calidad de la imagen, en lugar de un simple agujero llamado **estenoperio**, poníamos una lente (un objetivo), o sea un sistema óptico convergente formado por una serie de lentes (o elementos) de distintas formas y tipos de vidrio, y que concentra los rayos luminosos hacia el **eje óptico**.

Una **lupa** es una simple lente **convergente** (o positiva), por lo tanto más gruesa en el centro que en los bordes. Si se interpone en el trayecto de los rayos de luz procedentes de un objeto puntual luminoso, estos desviados por las superficies refractantes se juntan nuevamente en un punto. Si estos rayos proceden del sol, por ejemplo, y son por lo tanto paralelos al eje óptico de la lente convergente, el punto en que coinciden todos los rayos se llama **foco posterior**. Análogamente, del lado de la cara anterior de la lente existe un punto tal en su eje óptico que, al situar en él una fuente luminosa puntual, los rayos luminosos que atraviesan la lente emergerán de ella en forma paralela al eje óptico. El punto que cumple tal condición en una lente convergente se llama **foco anterior**.

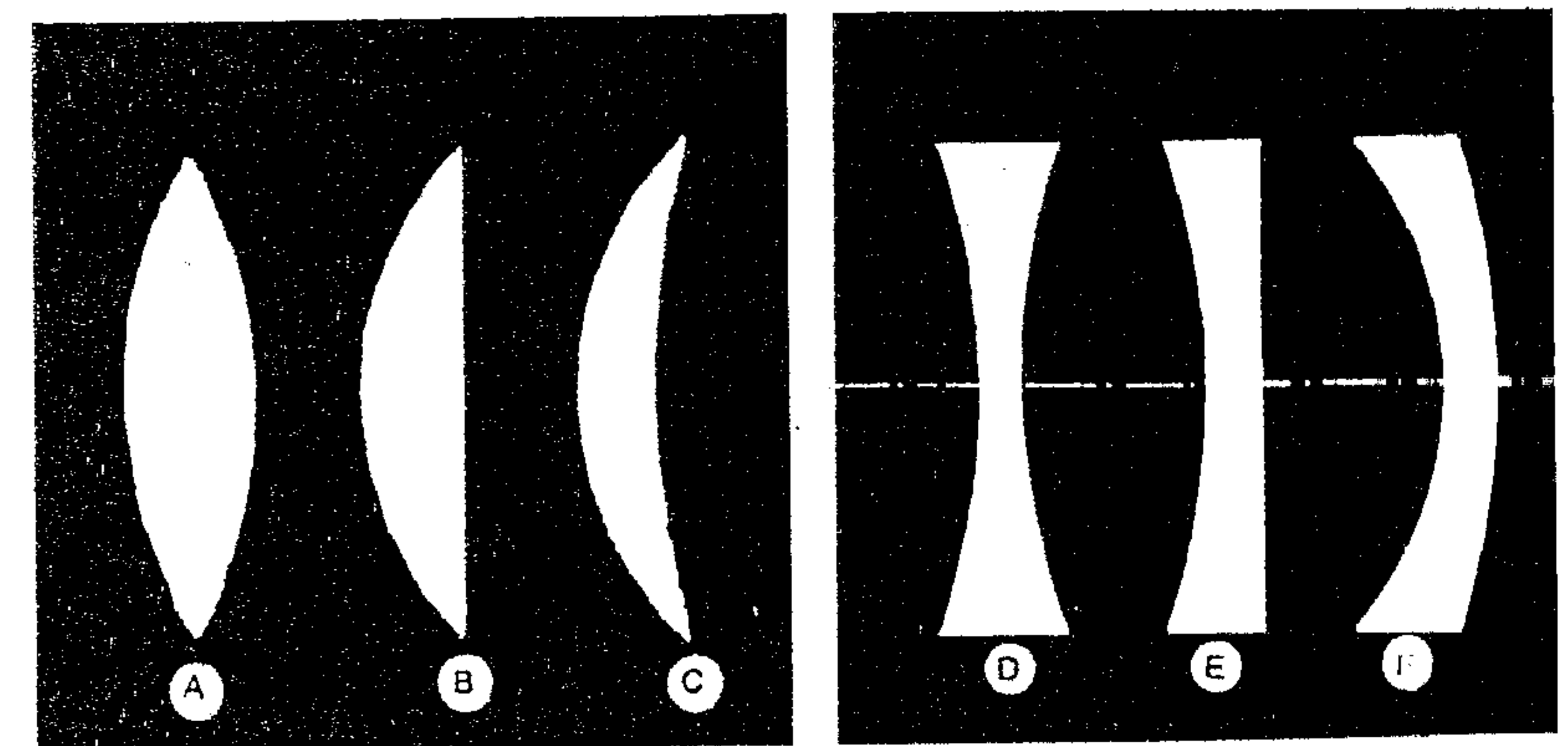


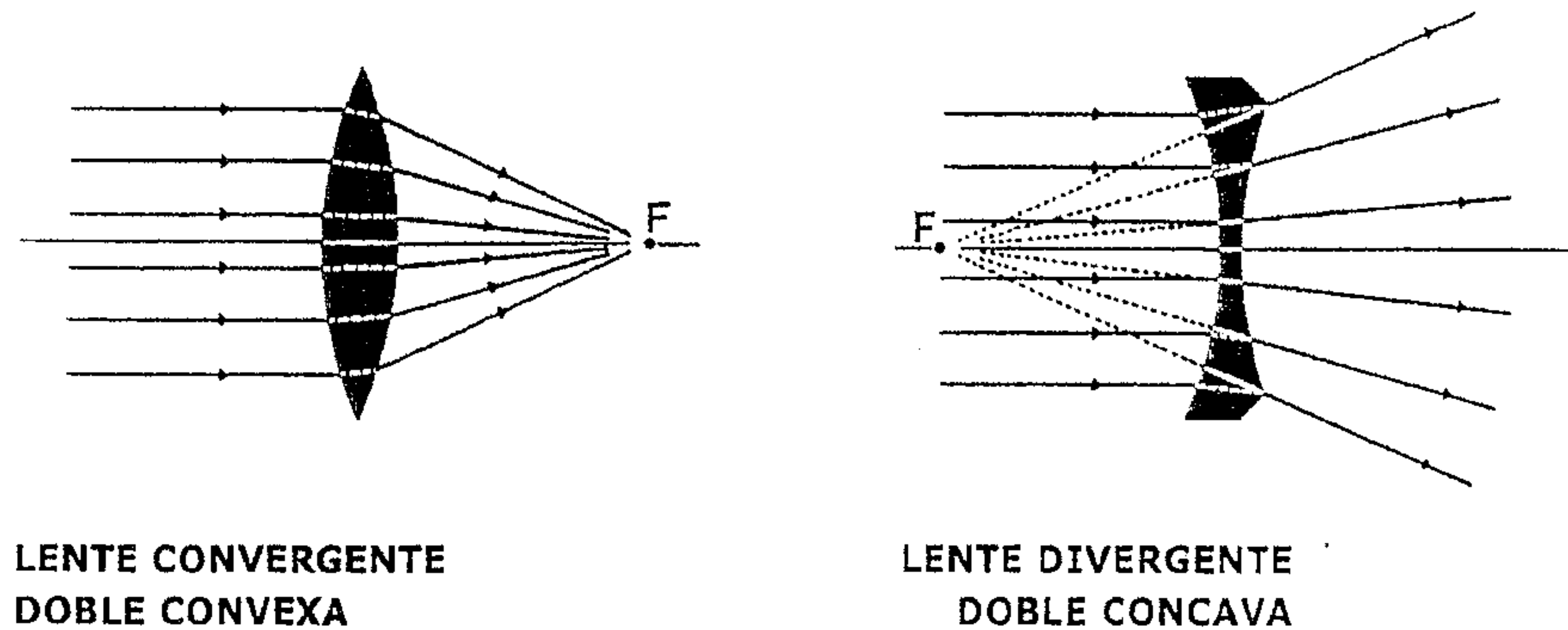
Figura 106: Lentes positivas y negativas.

A, B y C. Más gruesas en el centro que en los bordes. D, E y F. Más gruesas en los bordes que en el centro.

Si por el contrario, se interpone en el haz de rayos luminosos y paralelos, una lente **divergente (negativa)**, más gruesa en los bordes que en el centro, los rayos refractados se separan como si procedieran de un punto situado del mismo lado de la lente en que se originan: este punto recibe también el nombre de **foco anterior ó imagen virtual** de dicha lente.

En fotografía se utilizan además de corregir defectos de las lentes convergentes, para alargar la focal de un objetivo, y por lo tanto, encuentran aplicaciones en la construcción de teleobjetivos.

El comportamiento de un objetivo mas o menos complejo es equivalente al de una simple lentilla convergente, pero se necesita el uso de varios elementos ópticos para mejorar la calidad de la imagen, degradada por los distintas **aberraciones** que se presentan.



LENTE CONVERGENTE DOBLE CONVEXA

LENTE DIVERGENTE DOBLE CONCAVA

Figura 107: Situación de los puntos focales en las lentes

DISTANCIA FOCAL

En un objetivo cualquiera compuesto de varias lentes, un haz de luz que proceda del infinito convergerá sobre el foco posterior, el cual determina la posición del **plano focal posterior** (plano perpendicular al eje del objetivo en el foco posterior), llamado corrientemente **plano focal, plano imagen o plano de la película**, por ser justamente allí por donde se hace pasar la película en la cámara.

Los rayos de luz que penetran en el objetivo, forman con el eje óptico un ángulo de **incidencia** diferente al de **emergencia**. En el caso particular en que ambos ángulos fuesen iguales es porque el rayo incidente se dirigía hacia un determinado punto del eje óptico llamado **punto nodal** (o nodo) **de incidencia**, emergiendo a su vez como si procediera de otro punto similar al primero, el **punto nodal de emergencia**.

Los planos perpendiculares al eje que pasan por cada uno de estos puntos se llaman **planos principales** y gozan de ciertas propiedades ópticas imprescindibles para el cálculo matemático de los objetivos.

Un rayo que pase por los puntos nodales no es desviado sino que es desplazado.

El Objetivo

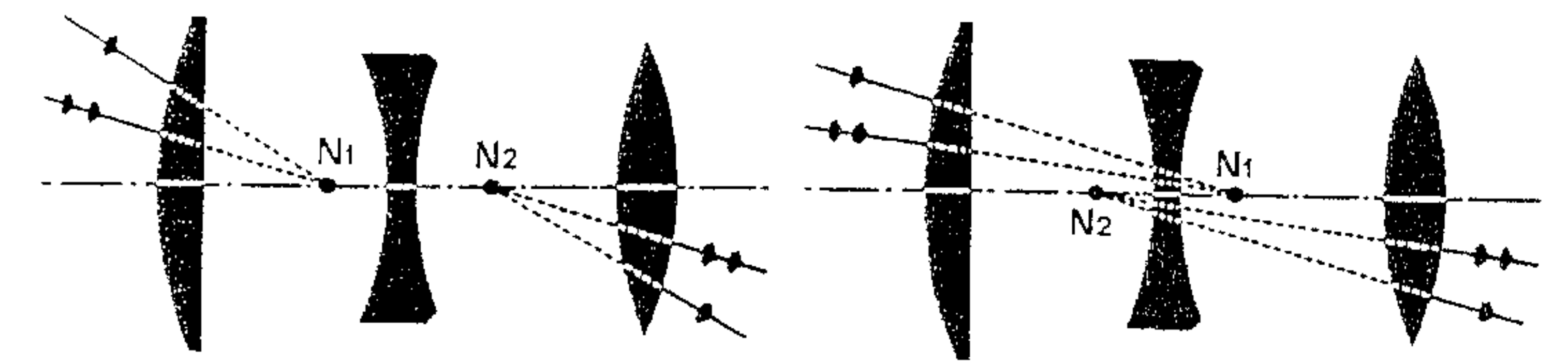
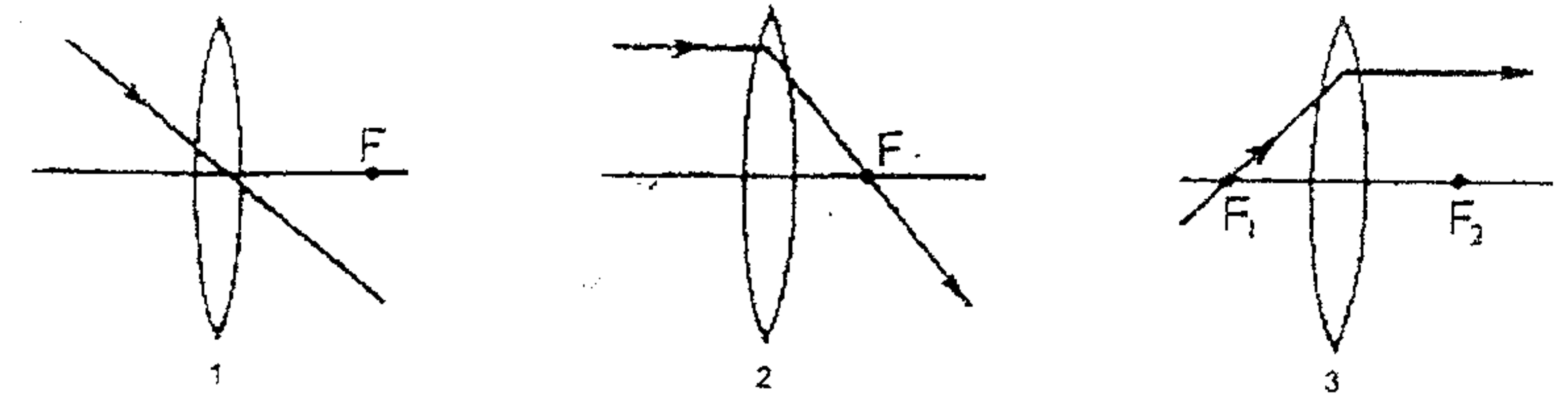


Figura 108: Puntos nodales. Situación de los puntos nodales en un objetivo simplificado. N₁ : Punto nodal objeto - N₂ : Punto nodal imagen



Un rayo que pasa por el centro de la lente no sufre desviación.

Un rayo paralelo al eje óptico pasa después de refractarse por el punto focal distante de la lente.

Un rayo que pasa por el punto focal próximo a la lente, después de refractarse emerge de la lente paralelo al eje óptico

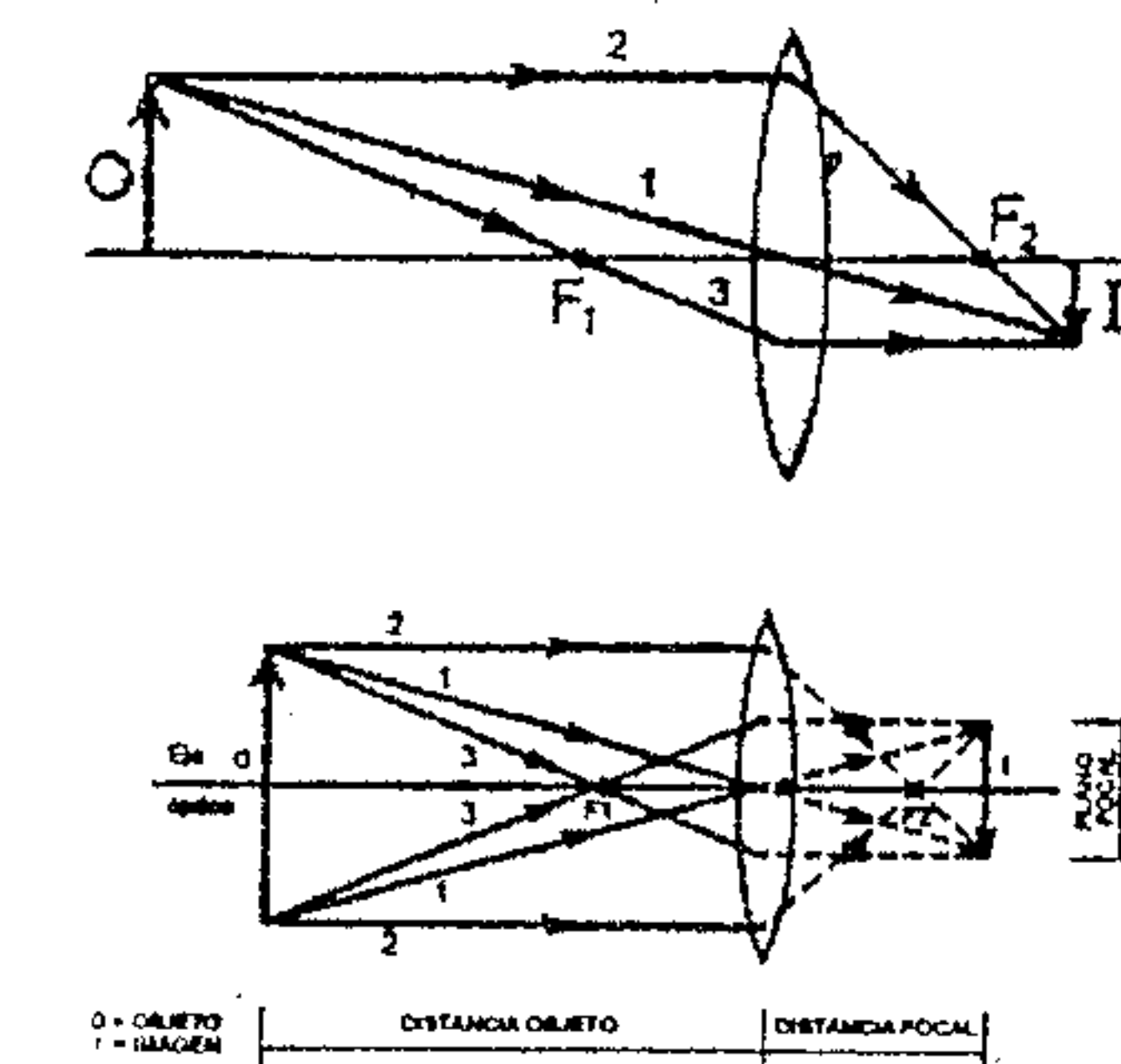


Figura 109: Plano focal. Situación del plano focal de una lente convergente.

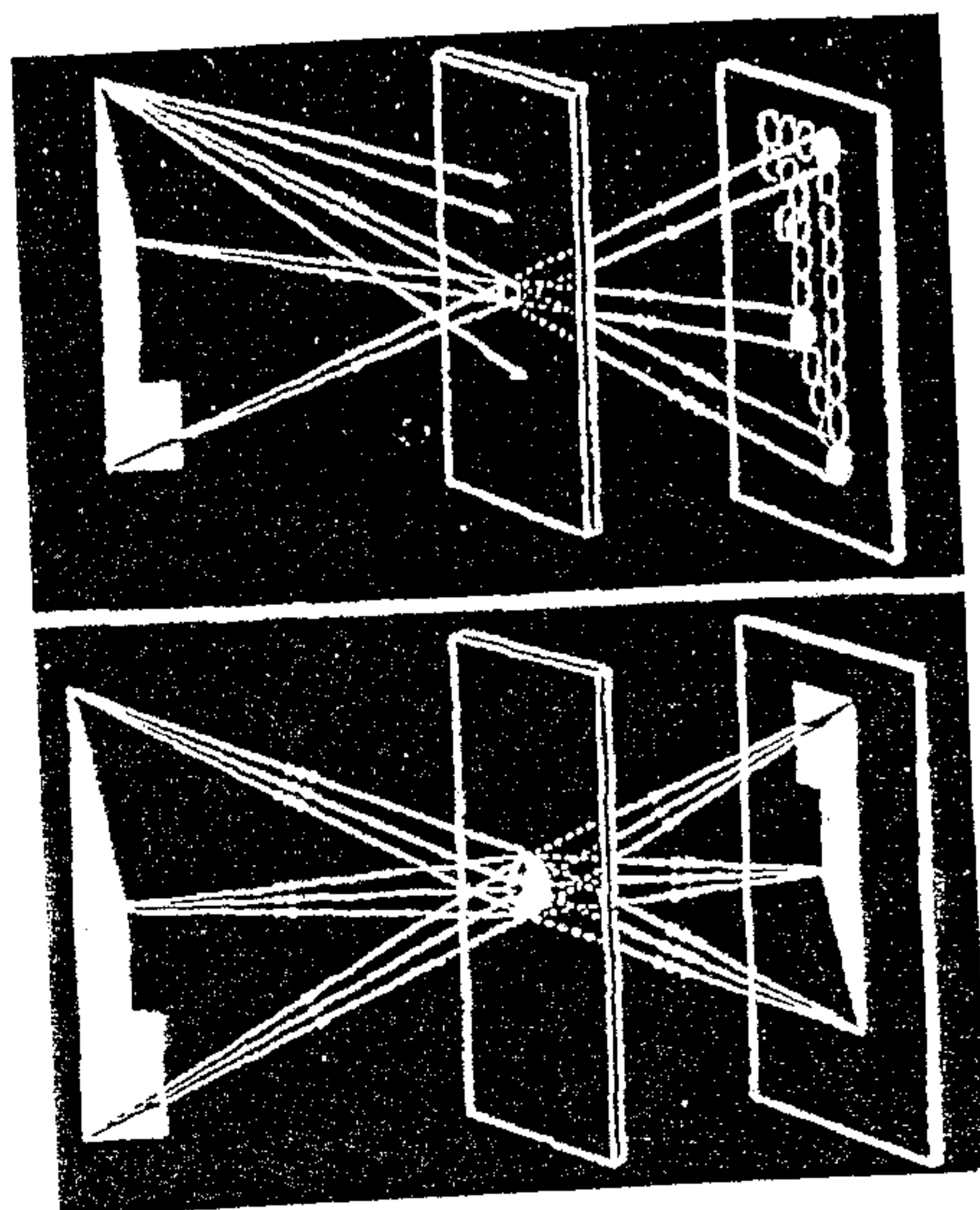


Figura 110

Arriba: Los rayos que pasan por un agujerito forman una imagen difusa.
Abajo: Empleando un objetivo para desviar los rayos, se forma una imagen nítida.

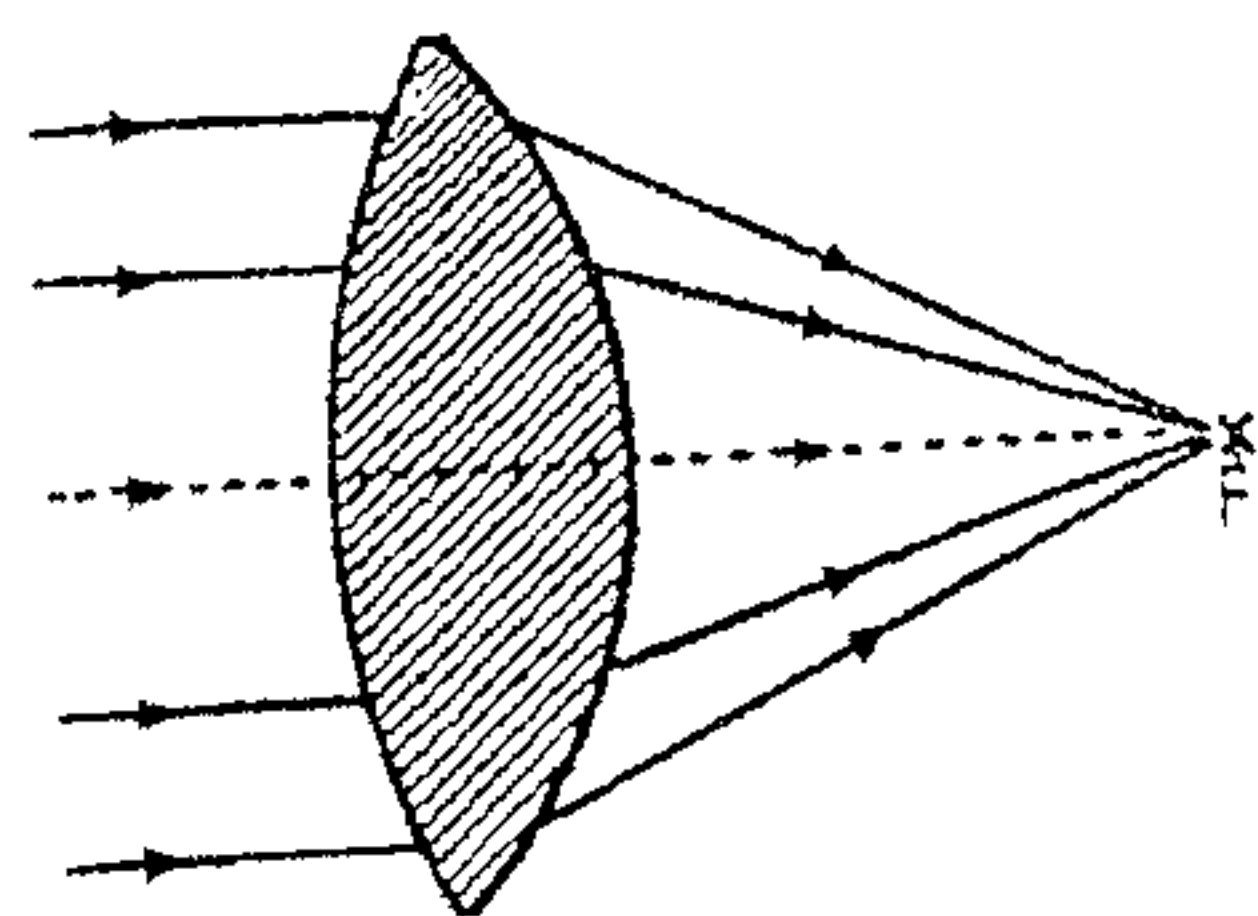


Figura 111

Los rayos de luz paralelos son desviados por una lente convergente haciéndolos coincidir en un foco F.

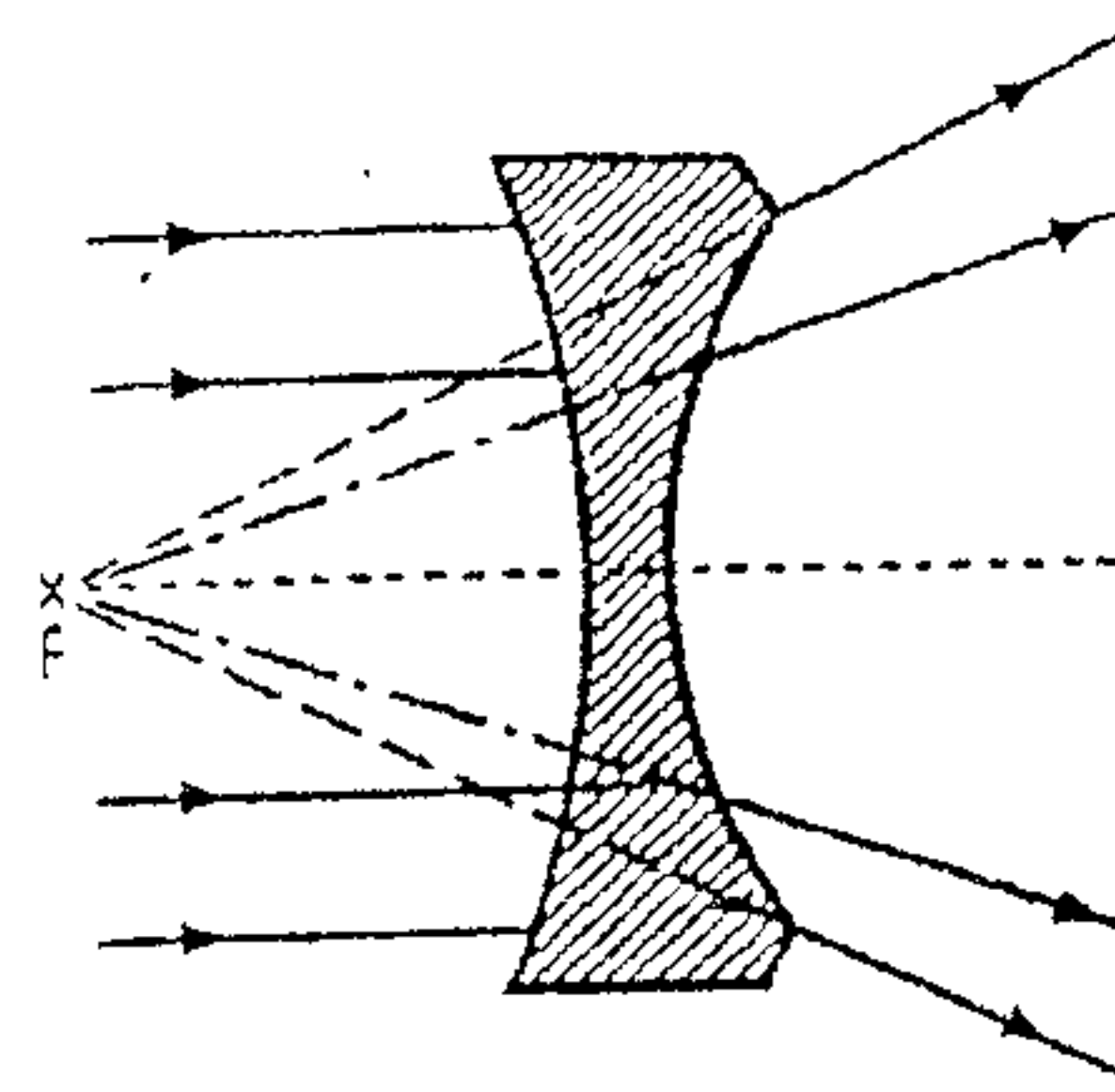


Figura 112

Una lente divergente desvía los rayos haciéndolos divergir de su foco F. En este caso y en el anterior, los puntos modales se hallan en el interior del cristal. Su posición exacta depende de varios factores, como la forma de la lente y la clase de cristal empleado.

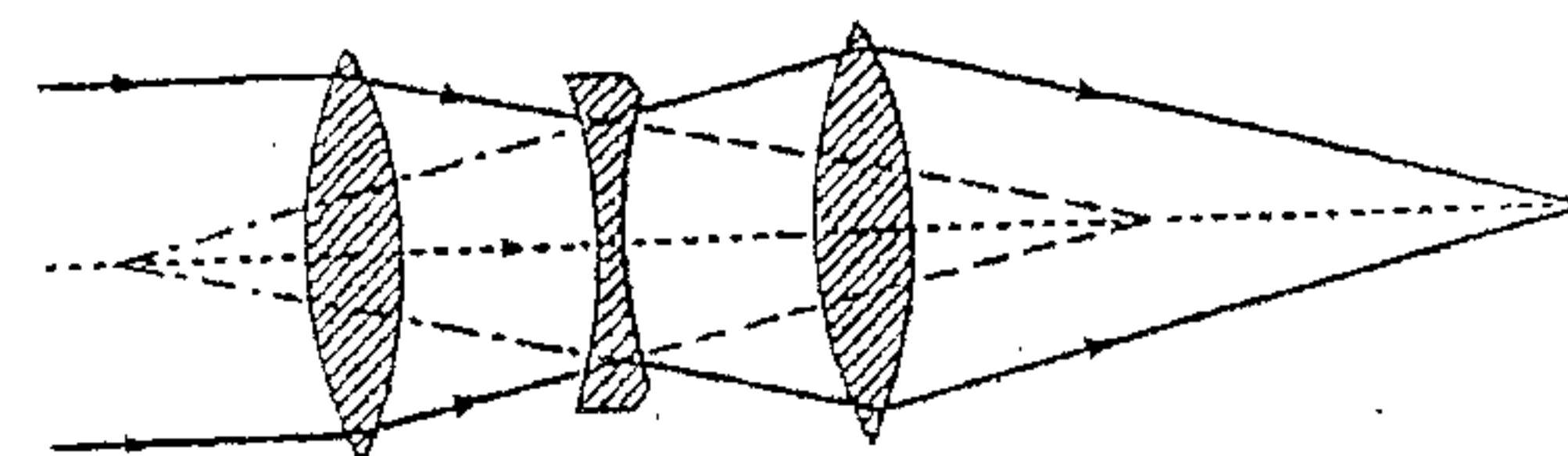


Figura 113

Hasta en los objetivos fotográficos más sencillos se usa una combinación de lentes convergentes y divergentes puestas en forma que su resultado total sea una convergencia de los rayos luminosos. El conjunto viene a resultar una lente convergente compuesta.

EL CAMPO VISUAL

El campo visual de un objetivo está definido por el ángulo abarcado entre los puntos más separados del encuadre que se filma, es decir, **la diagonal** de la imagen encuadrada. El objetivo, al ser redondo proporciona una imagen circular, que debe ser suficientemente amplia como para cubrir el rectángulo del fotograma. El ángulo de **cobertura** del objetivo determina la superficie de la película (formato) sobre el cual se formará una imagen de calidad aprovechable y que debe cubrir como mínimo la diagonal del fotograma a impresionar. Sin embargo, esta imagen circular no es uniformemente luminosa, siendo algo más en el centro que en la periferia; sobre todo en las esquinas, donde forma un **viñeteado** debido a que los bordes de las lentes destruyen el paso de los rayos luminosos oblicuos. No hay que confundir este efecto con el posible viñeteado producido por un parasol, un filtro, u otro accesorio demasiado pequeño que se coloque delante del objetivo.

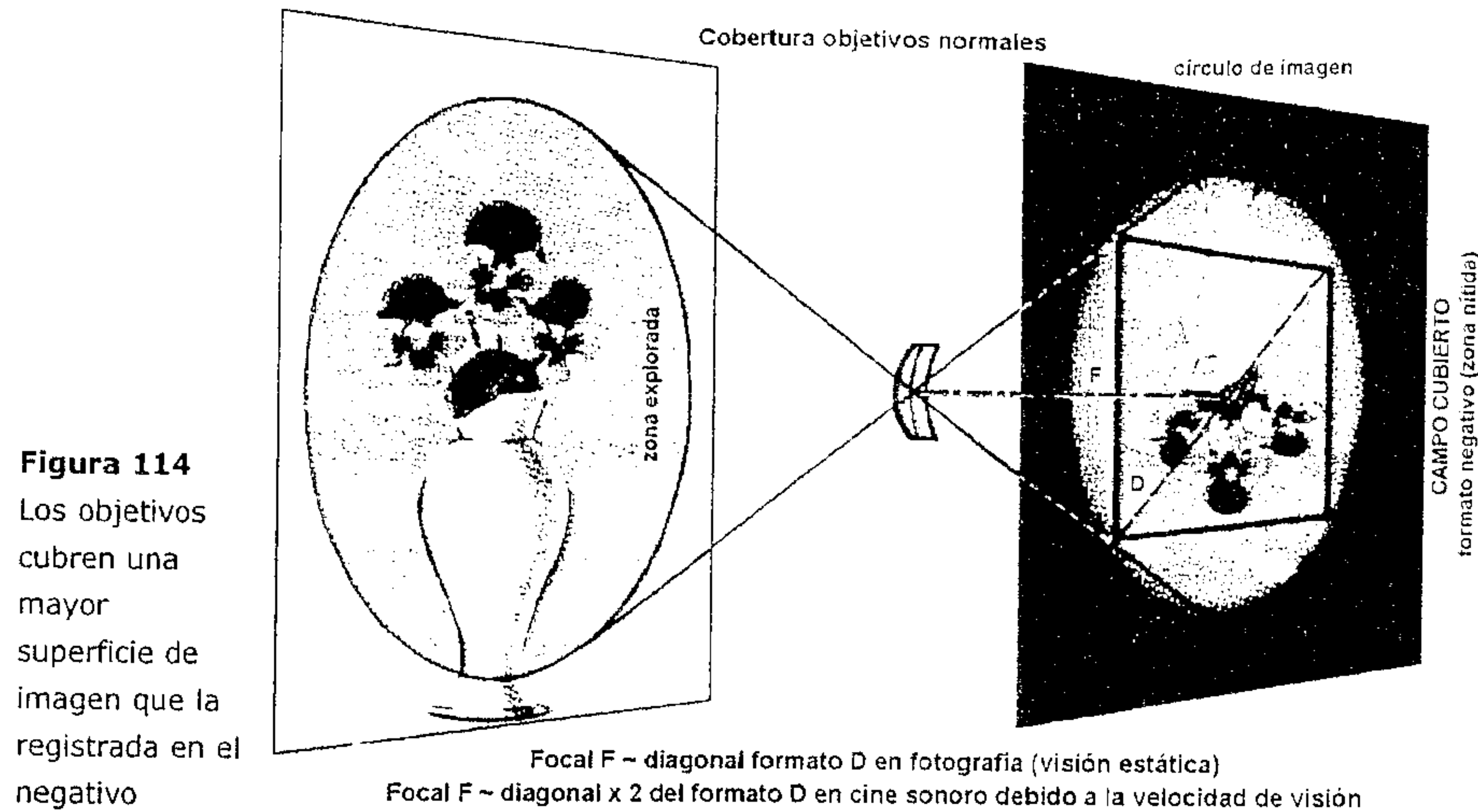


Figura 114
Los objetivos cubren una mayor superficie de imagen que la registrada en el negativo

Focal F ~ diagonal formato D en fotografía (visión estática)
Focal F ~ diagonal x 2 del formato D en cine sonoro debido a la velocidad de visión

El campo de visión más amplio corresponde a los objetivos **grandes angulares** y el más pequeño a los teleobjetivos. Por ejemplo, desde una misma posición de cámara, un gran angular abarcará toda una escena, mientras que el objetivo normal solo una parte y el tele una porción muy reducida. En consecuencia, al cambiar la distancia focal, lo que se hace en la práctica es variar el tamaño de un determinado objeto sobre el fotograma.

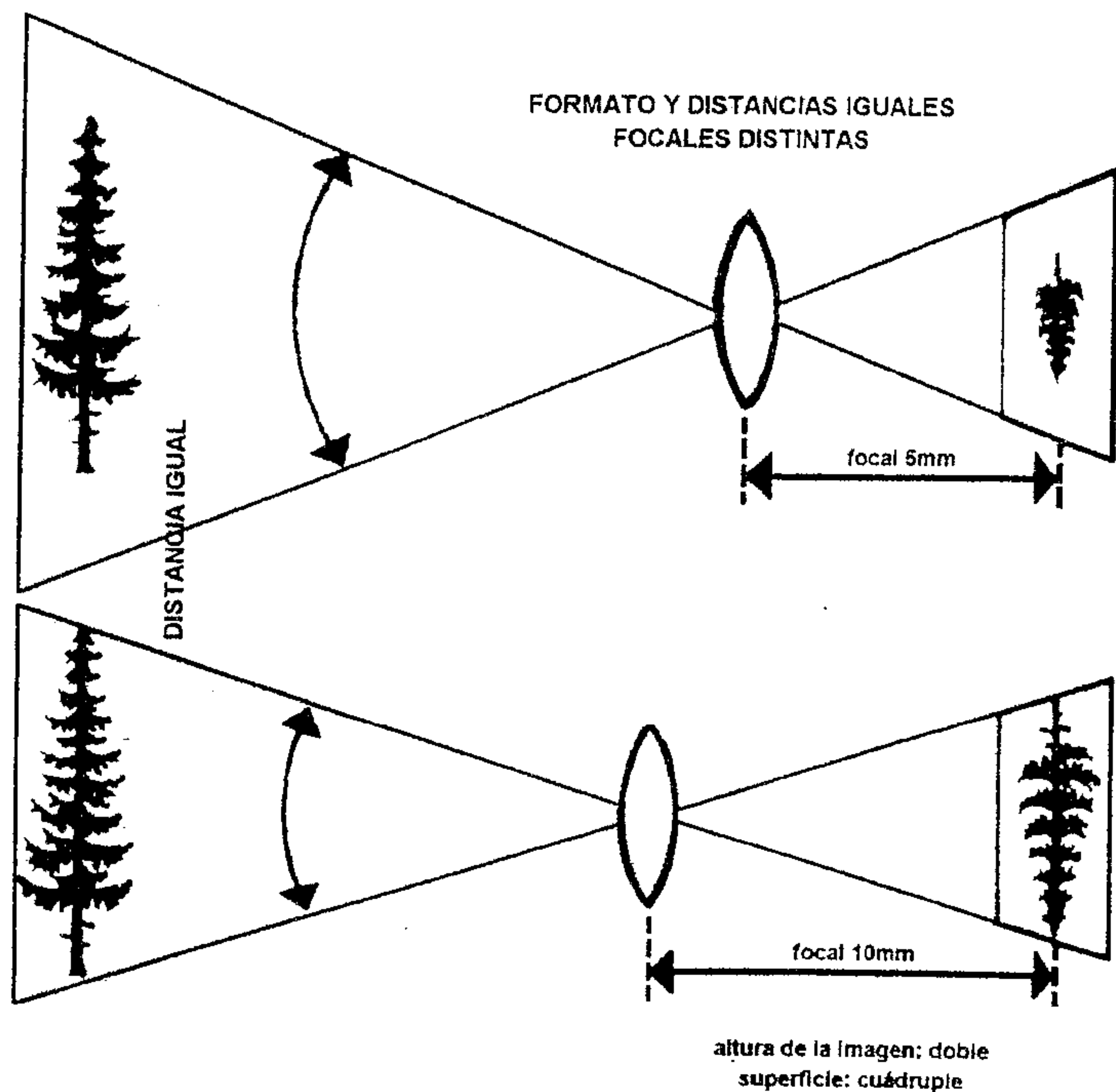


Figura 115:
A menor distancia focal, mayor campo visual, y viceversa.

Así, por ejemplo, si en una toma hecha con un objetivo de una focal 18mm el objeto tenía en la imagen 1 mm, con un objetivo de focal cuádruple, o sea 75mm, tendrá un tamaño de 4mm. Dicho de otra manera, con un objetivo de 75mm de focal, a una distancia de 8 mts, se obtendría una imagen idéntica a si rodáramos con una de 35mm a 4 mts ó con una de 18mm de focal a 2 mts de distancia. ¿Qué sucede si colocamos en una cámara de 16mm, un objetivo diseñado para una cámara de 35 mm? Por ejemplo, un lente de 50mm DF.

Aunque la distancia entre el punto nodal de emergencia y el plano de la película sea la misma en ambas cámaras, la cobertura del objetivo será excesiva respecto a la que necesita el fotograma de 16mm. La porción del sujeto que abarcará el objetivo será la misma que si fuera un lente de 50mm DF fabricado especialmente para la cámara de 16mm; pero el fotograma de este formato sólo admitirá el campo que cubriría un objetivo para 16mm de 100mm de distancia focal, pues el resto se desperdiciará fuera de la ventanilla de cámara. Sin embargo, el número f del objetivo de 35mm será válido en el formato de 16mm, pues siguen siendo válidos los valores de distancia focal y el diámetro de la abertura en sus respectivas relaciones.

DEFINICIÓN Y CONTRASTE

Se ha dicho que a cada punto del objetivo correspondía en la imagen, no un punto, sino una pequeña mancha circular. Esta mancha luminosa recibe el nombre de **círculo de confusión**. Para establecer la mínima definición de imagen aceptable, habría que determinar primero el máximo diámetro admisible, para que aún se pueda considerar a ese círculo como la representación de un punto; lo que a su vez dependerá de la **nítidez** presente en los bordes de dicho círculo, o sea, de la mayor o menor anchura de la franja degradada que separa el borde oscuro de las zonas luminosas del mismo. Generalmente se suele tomar como valor máximo del diámetro, a la milésima parte de la focal del objetivo normal.

Pero hay que tener en cuenta además, la **definición subjetiva**, que depende de la distancia a la que esa imagen de un punto se vea en la pantalla, puesto que siempre hay una distancia mínima óptima desde la que se debe observar la proyección. Veamos como podemos explicar mejor esta definición del círculo de confusión y ver la incidencia que tiene el diafragma sobre el tamaño del círculo de confusión. La distancia entre la lente y la imagen es variable: esta depende de la distancia entre el objeto y la lente. Consideremos un aparato óptico simplificado: la luz proveniente de un objeto, se recoge en una lente convergente y su imagen se impresiona sobre una película, de modo que esté justo en el lugar en que se forma la imagen. Como dijimos, esta distancia varía, según la posición del objeto, por lo tanto hay que enfocar, esto significa **mover la posición de la lente**, para lograr que a distintas posiciones del objeto, la imagen que se forma sobre la película sea totalmente nítida.

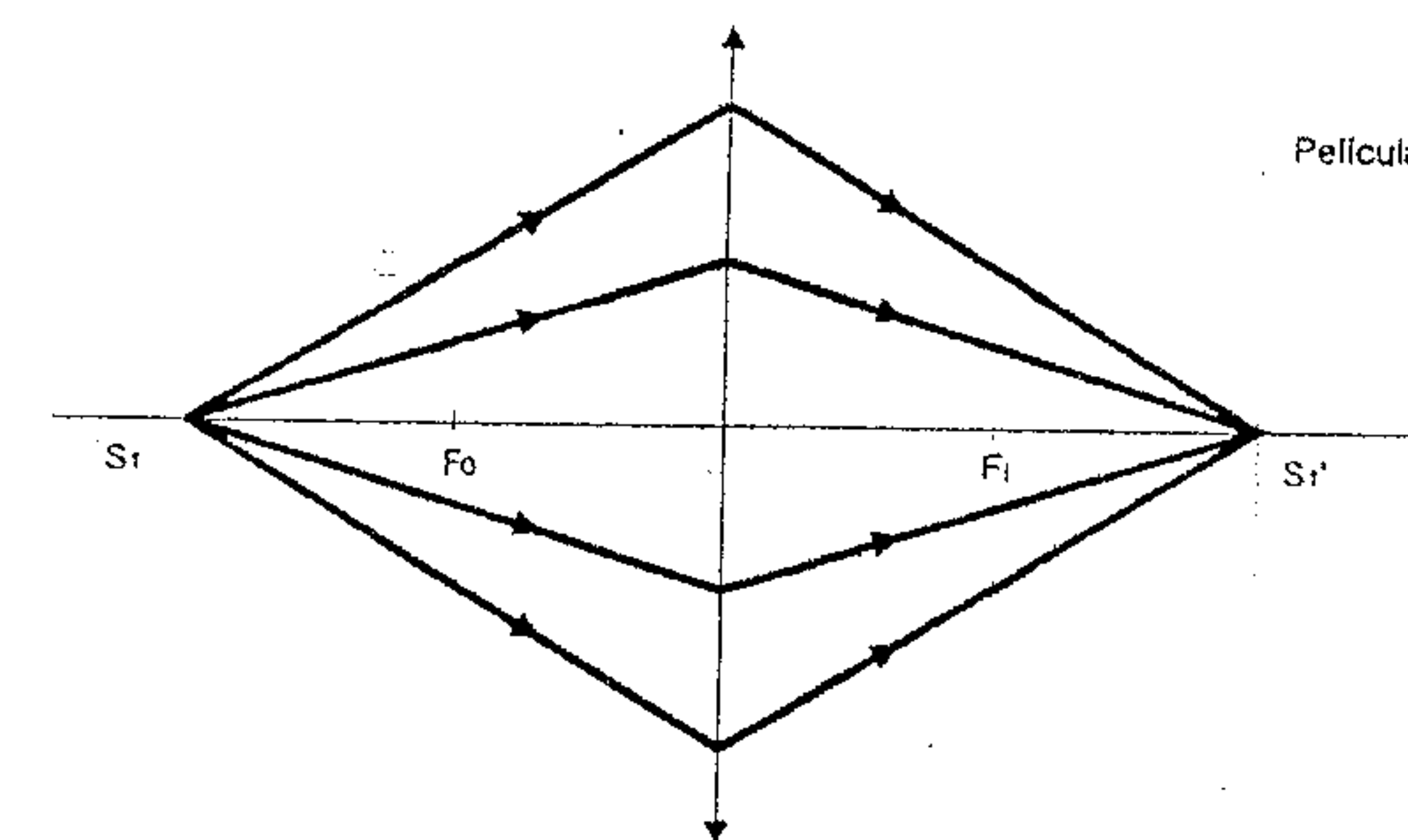


Figura 116

Si se desea tomar el objeto S^1 , hay que ubicar la lente en una posición tal que S^1 se forme en el sitio de la película.

Si, en cambio, se desea tomar el objeto S^2 , ubicado detrás de S^1 , habrá que mover la lente para que la imagen S^2 se forme sobre la película. S^2 estará nítida y S^1 ahora estará **fuera de foco**. Ver figura 117.

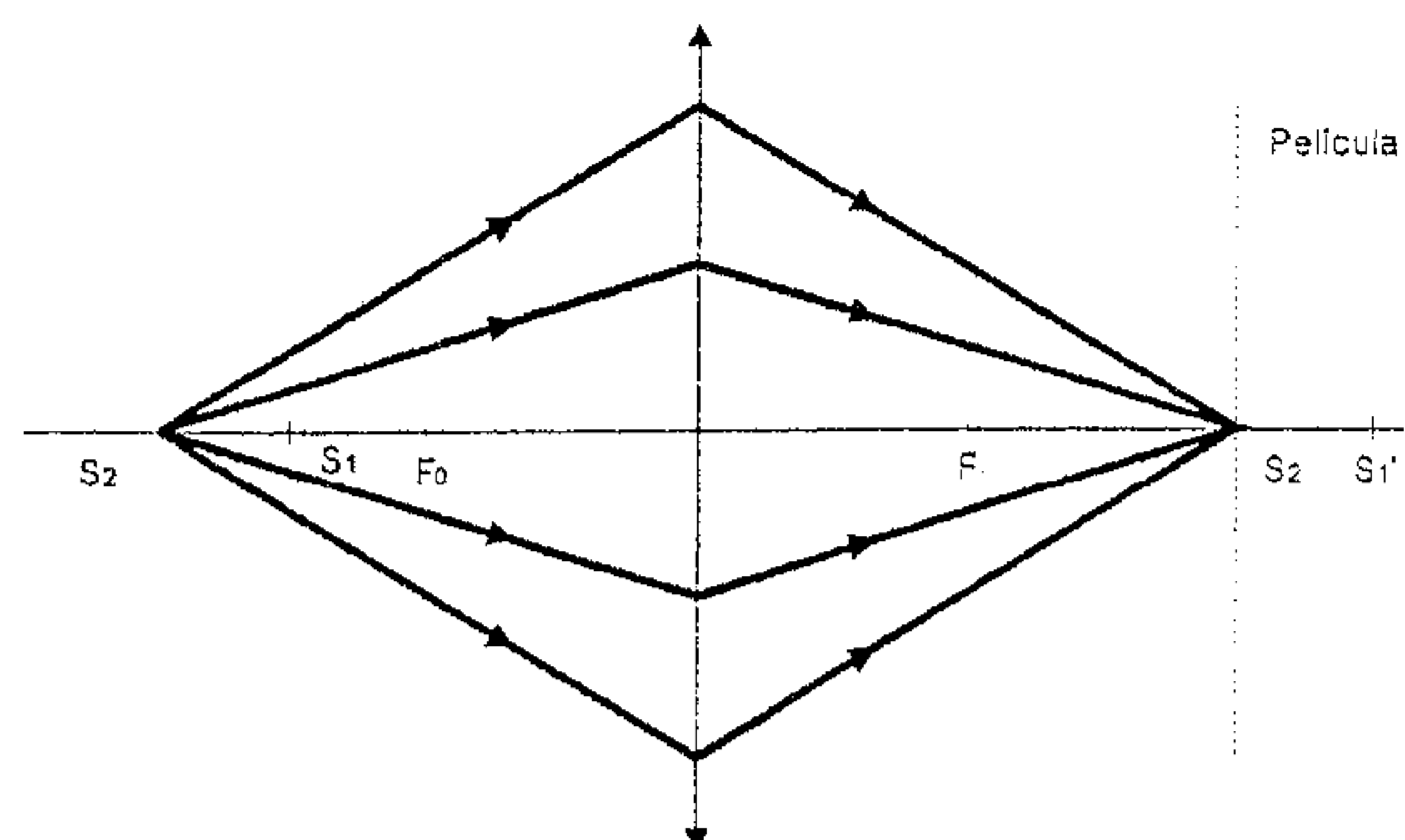


Figura 117

¿ Es posible que dos objetos, a distintas distancias de la lente salgan nítidos en la película ? En teoría, no. Si uno está en foco, el otro no lo estará. pero esto podría ser imperceptible. Veamos que registra la película del objeto S^1 fuera de foco. Ver figura 118.

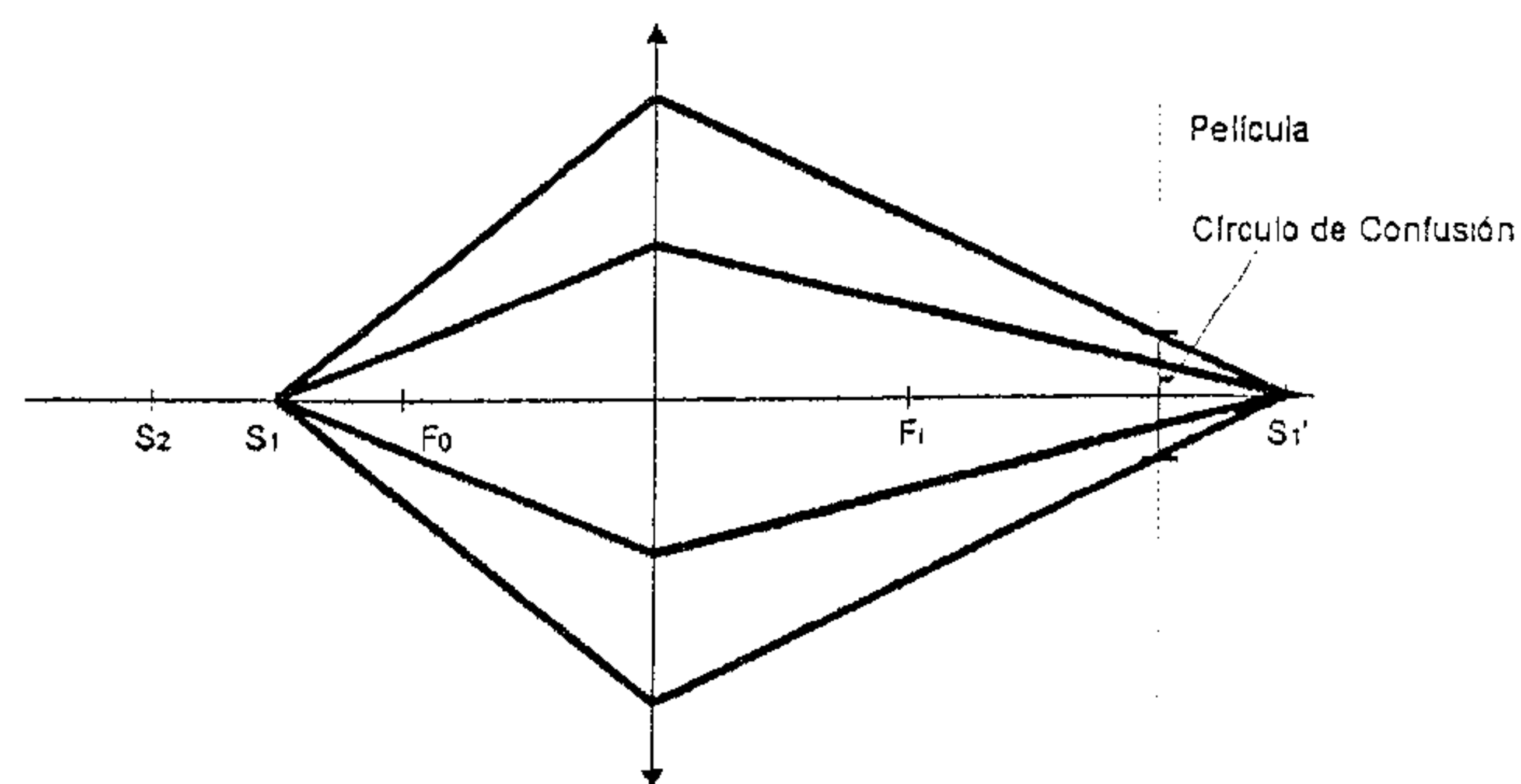


Figura 118

La película, está antes de que converjan los rayos, de modo que sobre ella llega un haz, de forma de cono. Estos rayos forman un círculo de luz sobre la película. Este círculo tiene un radio r , que se denomina de confusión. Ver figura 119.

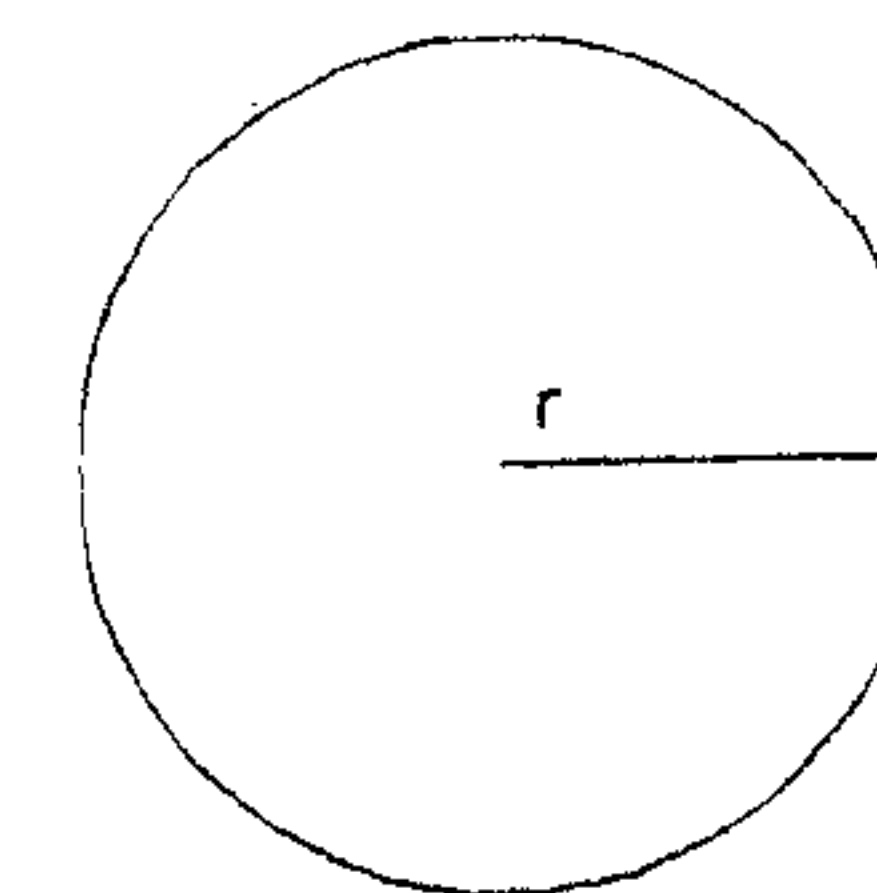


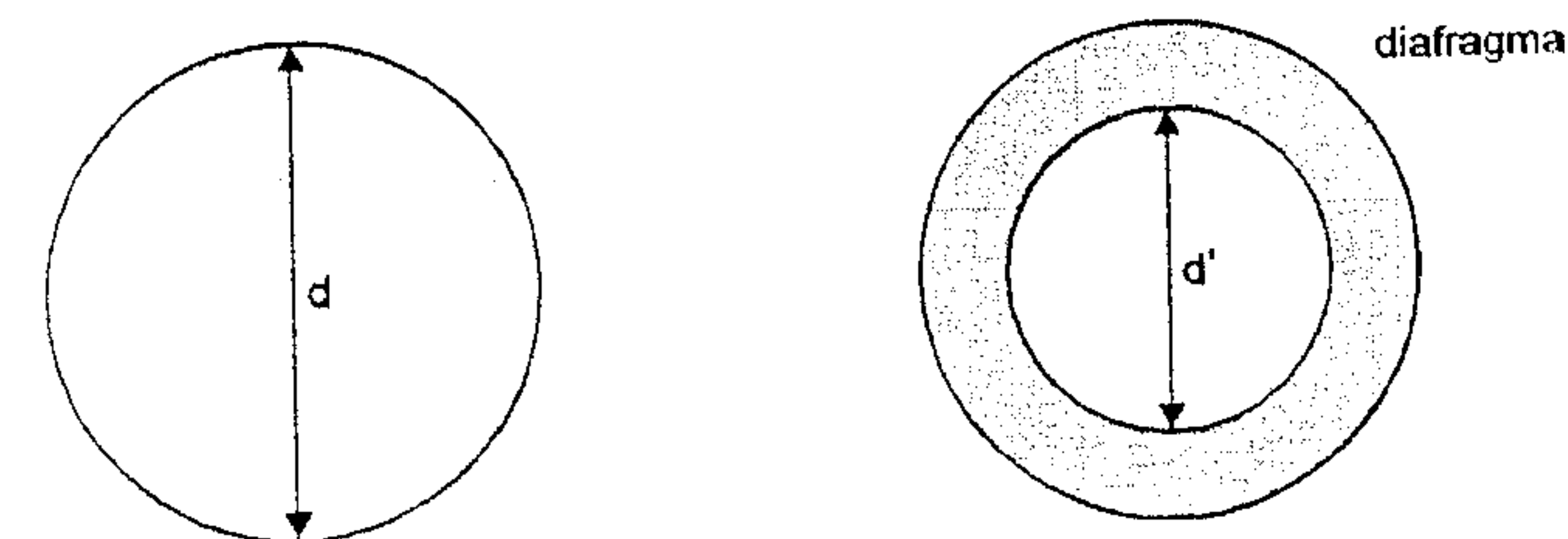
Figura 119

Cuando la película está justo donde convergen los rayos (donde se forma la imagen), el haz ya se une, y del cono tenemos el vértice sobre la película, es decir que la imagen registrada es un punto. A medida que la película se aparta del sitio justo, en su lugar de un punto se registra un círculo, de radio tanto mayor, cuanto más **desenfocado** este el sistema. Pero si el círculo es pequeño, podría llegar a ser indistinguible del verdadero punto. Esto depende de la tolerancia de la lente, o de la sensibilidad del espectador y también de la capacidad de la emulsión de registrar puntos pequeños. Hay ciertos valores **aceptables**, standard, para los radios del círculo de confusión para distintos casos:

Buena definición en fotografía	0.05 mm
Foto vista a la mano	0.10 mm
Diapositivas	0.03 mm
Cine	0.02 mm

Tabla 24

Reformulemos ahora la pregunta inicial: ¿ a qué distancia puedo poner dos objetos y ver a ambos nítidos ? Esa distancia entre los dos objetos se denomina **profundidad de campo**.



Lente sin diafragma: diámetro = d

Lente con diafragma: diámetro $d' < d$

Figura 120

00078

Es la distancia entre los objetos tal que si uno de ellos está justo en foco, el otro produce un círculo de confusión, de radio menor que el máximo tolerable. por ejemplo: en cine, esto sería la distancia entre dos objetos ubicados uno detrás del otro. De tal forma, que si el primero está en foco, el segundo, produce un círculo de confusión de radio menor que 0.02 mm, lo que es inapreciable para el espectador, que los ve a ambos en foco. El tamaño del círculo de confusión depende del tamaño de la lente. Este se puede modificar poniendo un diafragma, es decir, un anillo opaco, de diámetro variable, que cubre el sector exterior de la lente y deje pasar la luz sólo por su parte central. Por lo cual reduce el tamaño del radio del círculo de confusión. Ver figura 120. En la figura anterior, el círculo de confusión está determinado, por los rayos de los extremos, es decir, aquellos que pasan por el borde de la lente. Si cerramos el diafragma, se reduce el círculo de confusión, y podemos obtener, **mayor tolerancia focal.**

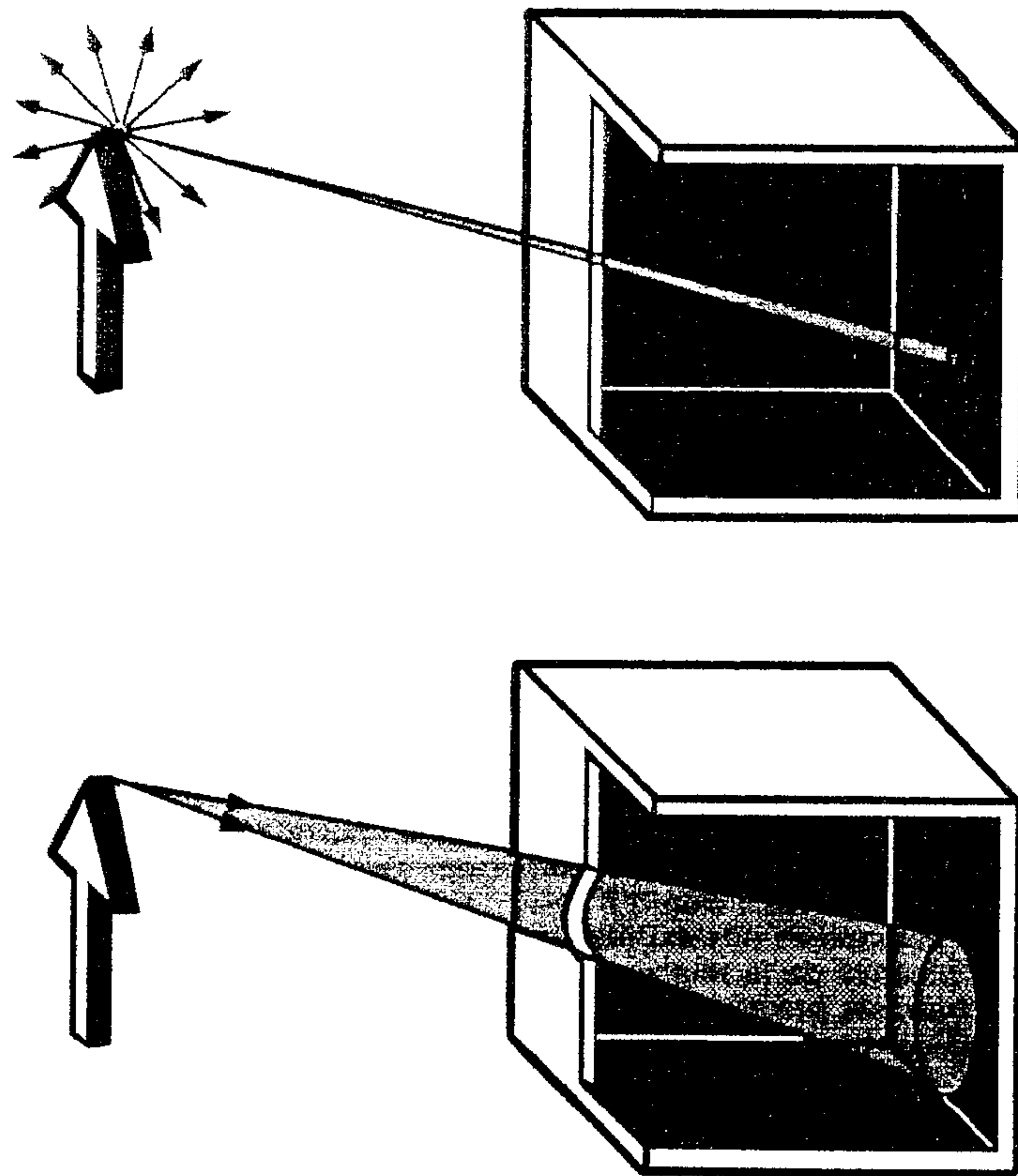


Figura 121: Círculo de confusión.

El diámetro del diafragma determina el círculo de confusión.

Cerrar el diafragma, amplía la profundidad de campo. Veamos esto en las siguientes figuras.

El Objetivo

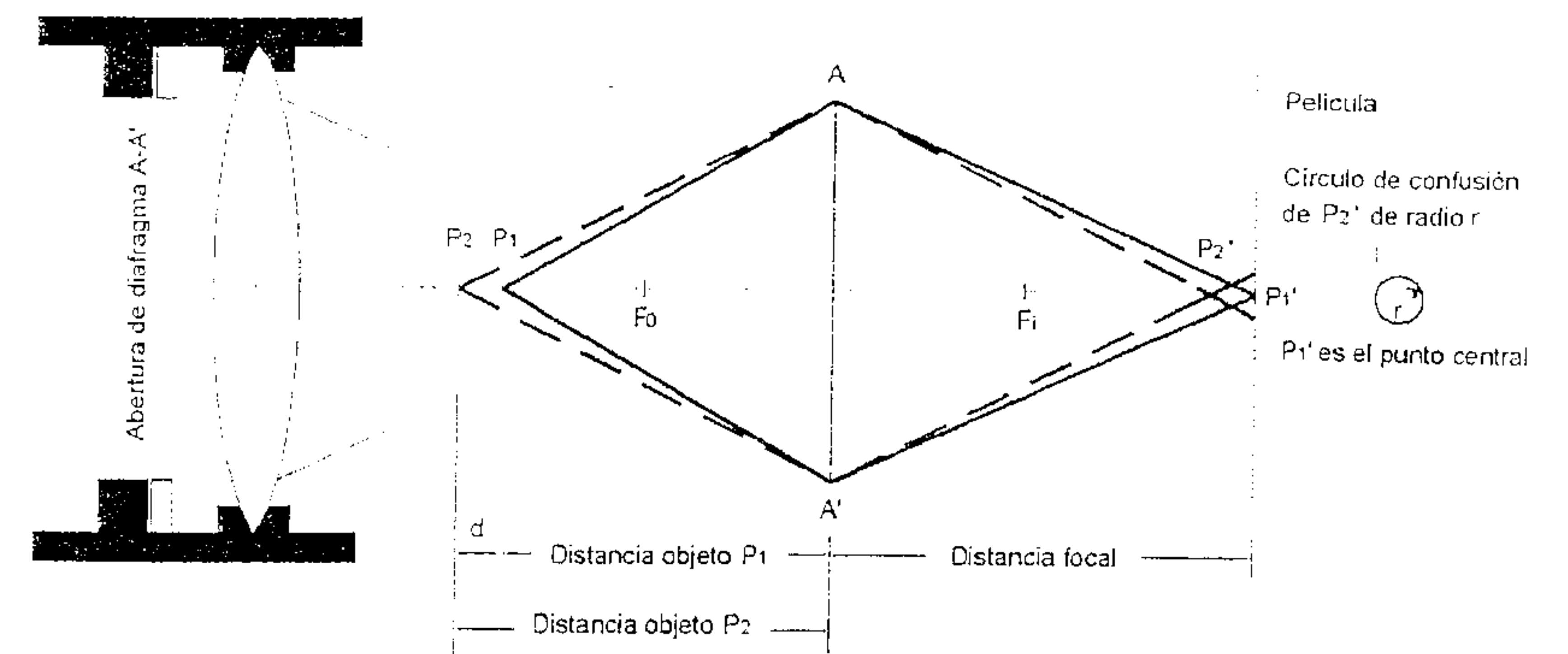


Figura 122

En la figura 122, vemos la lente con un cierto tamaño de diafragma (A A'). La lente se ubica de modo de dar una imagen nítida de P^1 en la película P^1' . P^2 que está detrás de P^1 da una imagen por delante de la película (P^2') y a esta llega un haz cónico, que marca un círculo de radio (r).

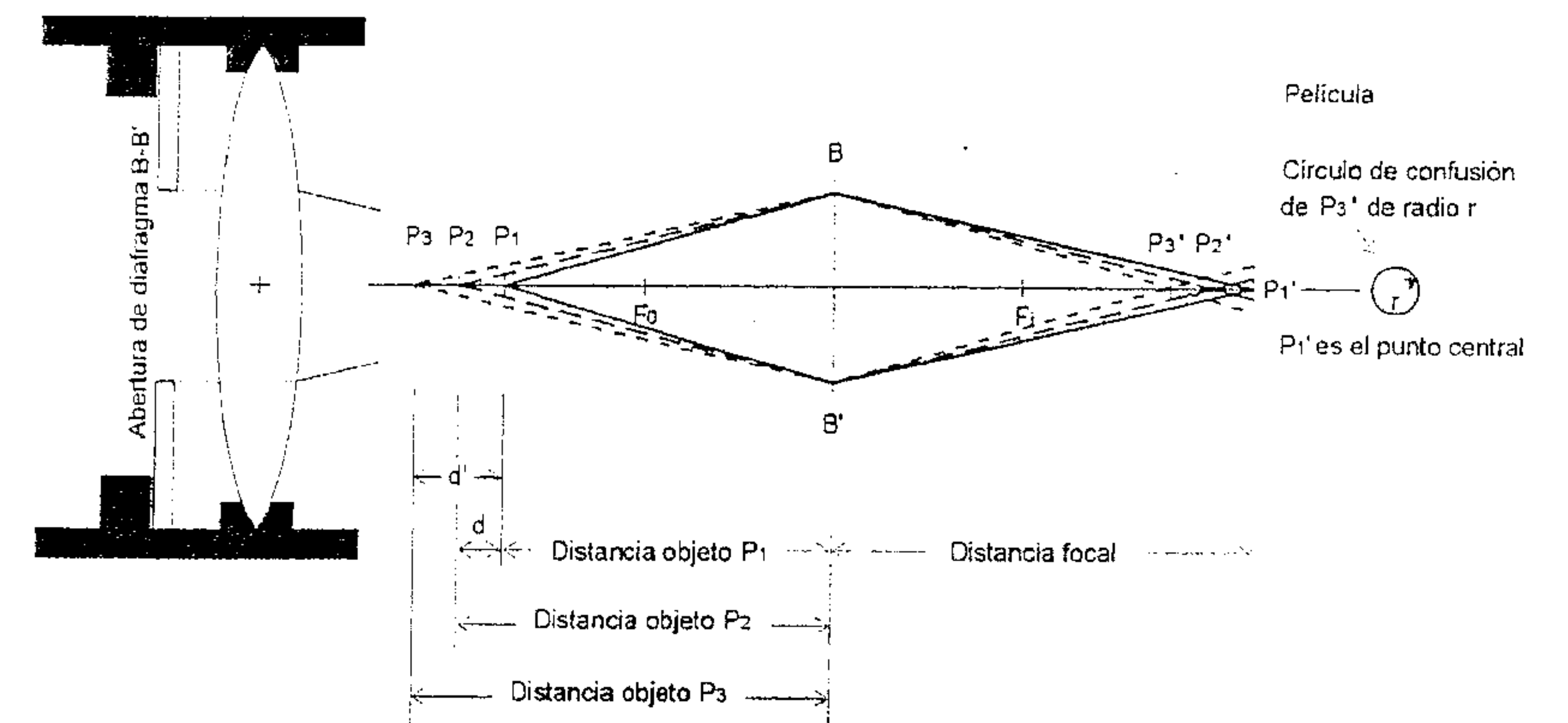


Figura 123

En la figura 123 vemos la misma lente, pero con un diafragma de menor diámetro (B - B'). El mismo objeto P^1 , está en foco, el mismo P^2 da su imagen en el mismo sitio de antes, pero el círculo de confusión ahora tiene radio r' , que es menor que r, porque los rayos extremos están menos abiertos. Se puede ver que un objeto en P^3 bastante más alejado de P^1 , produce un círculo de radio r'' similar a r.

Si r era un radio aceptable, entonces la profundidad de campo, era la distancia d , entre p^1 y p^2 , ahora es la distancia mayor d' , entre p^1 y p^3 . Queda así comprobada la primera conclusión.

Veamos ahora que relación existe entre el foco de la lente y la profundidad de campo.

En la figura 124 vemos la misma situación de la figura 122: p^1 y p^2 a la misma distancia que antes, e igual distancia a la lente, que tiene igual tamaño de diafragma A - A'. Pero la distancia focal, es ahora mayor.

La imagen de p^1 se forma sobre la película (la lente está más lejos de la película, por el cambio de distancia focal). La imagen de p^2 se forma por delante, pero a una distancia mayor que en el caso de la figura 122 y entonces el círculo que describe sobre la película tiene un radio r''' mayor que r : entonces hemos perdido definición; la distancia d que con el foco de la figura 122 daba la profundidad de campo, o sea ambos sujetos p^1 y p^2 nítidos, ahora vemos uno a foco y el otro fuera de foco. Entonces, la profundidad de campo es menor. p^2 debería estar más cerca de p^1 si quisiéramos tener a ambos nítidos con el foco correspondiente a la distancia focal larga. Entonces obtuvimos la segunda conclusión: **a mayor distancia focal, menor profundidad de campo.**

Muchas veces, se usa el término **profundidad de foco**, esto no es exactamente lo mismo que la profundidad de campo.

La primera se refiere a cuanto puede variar la distancia, lente - película, sin que se note alterada la nitidez de la imagen. Mientras que la segunda se refiere, a cuanto puede variar la posición del objeto respecto de la lente sin variar en nitidez.

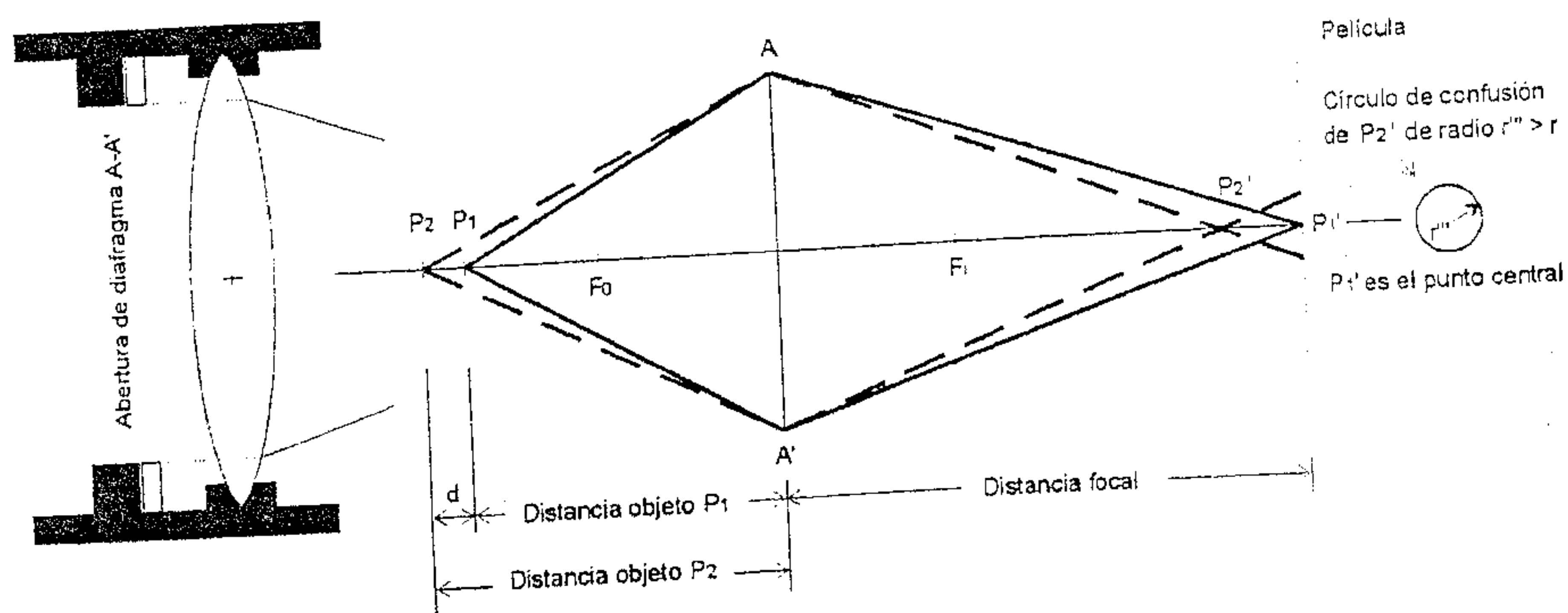


Figura 124

Una definición: Se denomina perspectiva a la distorsión de la imagen por el distinto tamaño con que se reproducen partes más próximas y más alejadas de la lente. Consideremos un objeto de perfil cuadrado. Por ejemplo un cubo. Ver figura 125.

El Objeto

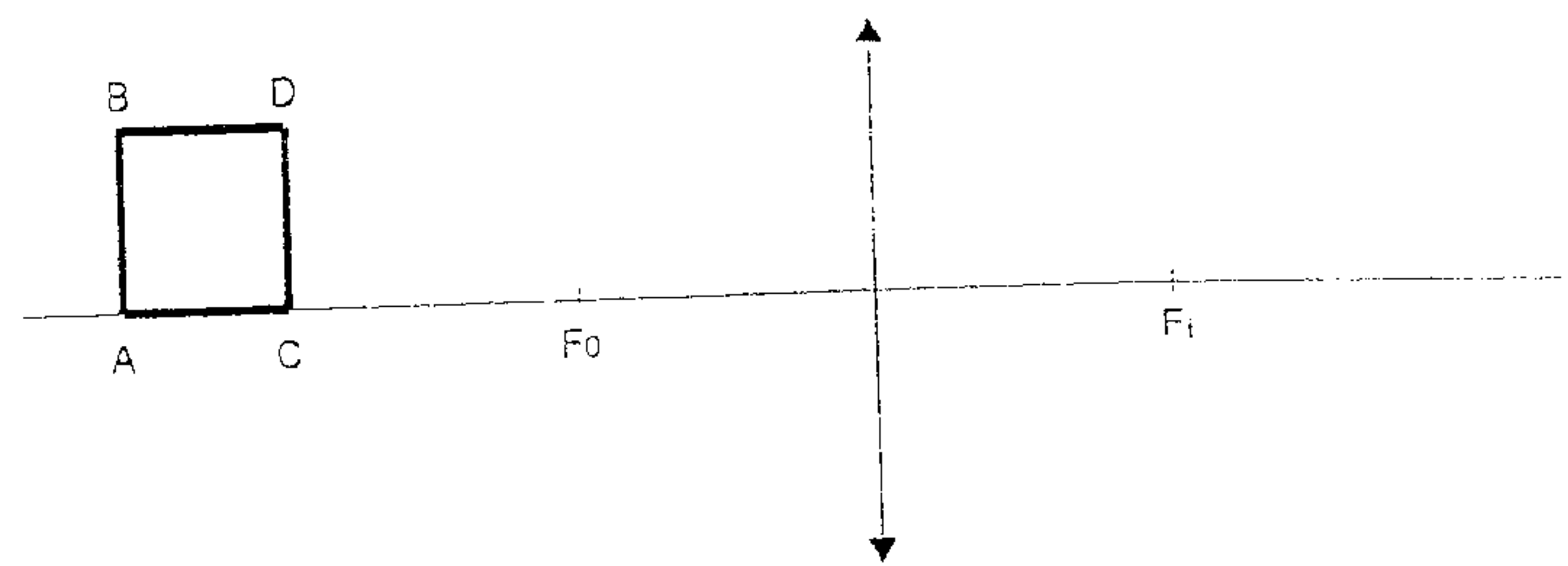


Figura 125

Hagamos el trazado de los rayos principales, para hallar las imágenes de los objetos, líneas "AB" y "CD", correspondientes a las aristas. Ver figura 126.

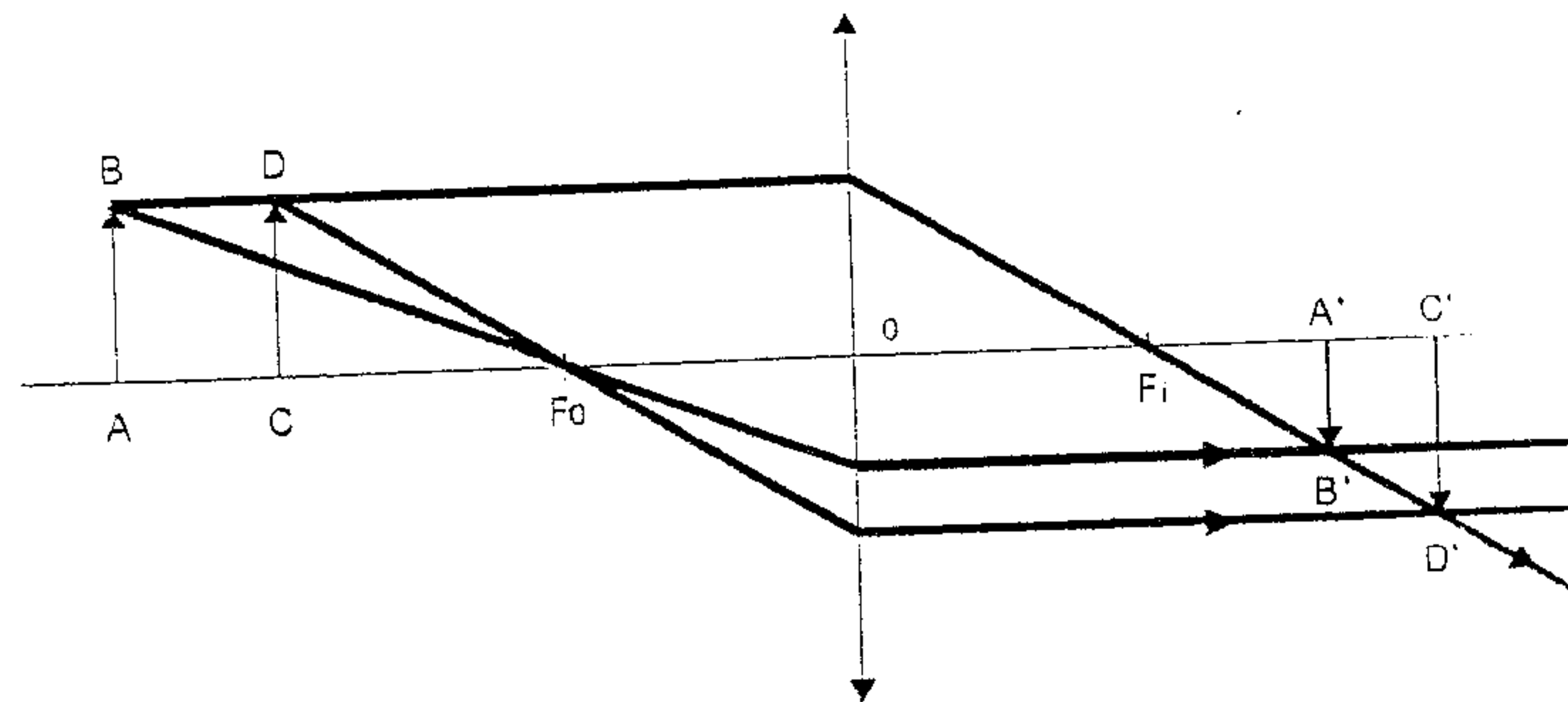


Figura 126

Vemos que el cuadrado ABCD, se ha transformado, en el trapecio A B D C. Esto no es tan grave porque el ojo también acomoda su interpretación, de la distorsión, lo que se dice corrientemente: da la perspectiva. Pero esto depende de la posición del ojo, frente al objeto. Para que no resulte una perspectiva distorsionada, la posición del ojo frente a la foto, tiene que reproducir la de la cámara al tomarla. Entonces se debe respetar el punto de vista. Si este no se respeta, entonces se puede ver la distorsión, especialmente en la profundidad.

Otro factor que hay que considerar también es el llamado **poder de resolución** o de **separación** del objetivo, que alude a la capacidad del objetivo para distinguir los detalles finos de una imagen, y se determina en función de la cantidad máxima de **líneas por milímetro** que es capaz de **separar** (transmitir) a la película. Si fotografiáramos convenientemente el cuadro de prueba como el de la figura 127, veremos que hay un tamaño de líneas que el objetivo ya no es capaz de diferenciar.