



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 346 650**

51 Int. Cl.:
G02B 13/02 (2006.01)
G02B 9/64 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04022369 .5**
96 Fecha de presentación : **20.09.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1536263**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.06.2005**

54 Título: **Objetivo de proyección gran angular de gran abertura.**

30 Prioridad: **28.11.2003 DE 103 56 338**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.10.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.10.2010

73 Titular/es: **Jos. Schneider Optische Werke GmbH**
Ringstrasse 132
55543 Bad Kreuznach, DE

72 Inventor/es: **Ebbesmeier, Hildegard**

74 Agente: **Botella Reyna, Antonio**

ES 2 346 650 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Objetivo de proyección gran angular de gran abertura.

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un objetivo de proyección de gran abertura con distancias focales inferiores a 50 mm. La principal área de aplicación de la invención es la proyección cinematográfica de 35 mm.

10 Estado de la técnica

Los objetivos de proyección para la proyección de imágenes cinematográficas deben cumplir una serie de condiciones técnicas que influyen en la elección y disposición de los elementos ópticos. Además de una elevada luminosidad, buena calidad de la imagen y elevada profundidad de campo, también deben satisfacerse condiciones de montaje. Estas condiciones de montaje se refieren, por ejemplo, a las limitaciones espaciales del área disponible para el objetivo de proyección predeterminadas por los proyectores cinematográficos comerciales. Así, los diámetros de los elementos ópticos utilizados, la carcasa del objetivo de proyección y la distancia focal posterior, es decir, la distancia de la superficie de la última lente respecto al plano de la película, deben cumplir las condiciones de montaje.

Para pequeñas salas cinematográficas con grandes pantallas de proyección o para la retro-proyección normalmente son necesarios objetivos de proyección de tipo gran angular. En muchos casos, la distancia focal total del objetivo de proyección es inferior a las distancias focales posteriores predeterminadas por las condiciones de montaje. Este tipo de objetivos de proyección se denominan objetivos de proyección de retro-enfoque.

Además de los defectos ópticos de aberración, en muchos objetivos de proyección se presentan problemas con la iluminación homogénea de la imagen y la intensidad de luz de la disposición. Una medida para la intensidad de luz del objetivo de proyección es la denominada "apertura k de diafragma", que se calcula a partir de la distancia f' focal total del objetivo de proyección y el diámetro de la pupila D_{EP} de entrada

30

$$K = f' / D_{EP} \quad (1)$$

La pupila D_{EP} de entrada se define aquí como la apertura del objetivo de proyección que percibe un observador a partir de la dirección de la película. Normalmente se trata de la reproducción de un diafragma dentro del objetivo de proyección. Una gran apertura D_{EP} ocasiona una reducida apertura k de diafragma del objetivo, y a la inversa.

Al mismo tiempo, no obstante, la fuente de luz utilizada para la proyección presenta también una determinada apertura k_{SP} de diafragma. Si, por ejemplo, se utiliza para la iluminación un espejo parabólico o esférico con una distancia f_{SP} focal y un diámetro D_{SP} marginal, a partir de la relación de estas dos magnitudes puede calcularse una apertura k_{SP} de diafragma del espejo. En el caso ideal, la apertura de diafragma del objetivo de proyección está adaptada a la apertura de diafragma del espejo para impedir pérdidas de luz en el objetivo de proyección (apertura demasiado reducida) o iluminación insuficiente (apertura demasiado grande).

En el documento EP1134606B1 se describe un objetivo de proyección que está construido a partir de al menos siete lentes que limitan a ambos lados con el aire. El objetivo de proyección tiene una apertura de diafragma de 1,9 y está caracterizado por una disposición de lentes cuya primera lente, considerada desde el lado de la imagen, está diseñada como lente positiva.

En el documento DE2436444C2 se describe un objetivo gran angular de gran luminosidad con una gran distancia focal posterior del lado de la imagen que está formado por al menos siete lentes, aunque, normalmente está compuesto por nueve o diez lentes, que limitan a ambos lados con el aire. El objetivo gran angular se caracteriza por una disposición de lentes cuya primera lente, considerada desde el lado de la imagen, está diseñada como lente de menisco negativa, la segunda lente está diseñada como lente de menisco positiva y la tercera lente está diseñada como lente de menisco negativa.

Objetivo

El objetivo de la invención es indicar un objetivo de proyección con una destacada potencia de proyección que cumpla las condiciones de montaje habituales en el mercado, presente una distancia focal entre 28,0 y 47,5 mm y cuya apertura k de diafragma esté adaptada a la apertura de diafragma de espejos de iluminación de gran abertura.

Solución

Este objetivo se alcanza gracias a la invención con las características de la reivindicación independiente. En las reivindicaciones dependientes se indican variantes ventajosas de las invenciones.

ES 2 346 650 T3

Se propone un objetivo de proyección que es adecuado para proyectar una película en una pantalla de proyección y está compuesto por los siguientes elementos en el orden indicado, considerados desde la pantalla de proyección:

- 5 - una primera lente negativa,
- una segunda lente positiva,
- una tercera lente biconvexa,
- 10 - una cuarta lente bicóncava,
- una quinta lente bicóncava,
- una sexta lente biconvexa, y
- 15 - una séptima lente biconvexa.

20 Se trata de un objetivo de proyección de tipo gran angular, es decir, la distancia f' focal total del objetivo de proyección debe cumplir la condición

$$28 \text{ mm} \leq f' \leq 47,5 \text{ mm} \quad (2)$$

25 Para alcanzar la distancia focal posterior para el objetivo de proyección gran angular necesaria para la proyección cinematográfica el objetivo de proyección está configurado como objetivo de proyección de retro-enfoque ligero. Esto se consigue mediante las dos primeras lentes, que presentan en conjunto una distancia focal negativa. Además, la apertura k_{\min} mínima de diafragma del objetivo de proyección debe ser de 1,8 o inferior (es decir, $k_{\min} \leq 1,8$).

30 Para conseguir una corrección óptima de la aberración esférica, en especial, con la reducida apertura de diafragma de $k = 1,7$, al menos una lente del objetivo de proyección debe presentar una superficie esférica. En este sentido, ha resultado ser obligatoriamente necesario que la superficie dirigida a la tercera lente biconvexa de la segunda lente positiva esté configurada como superficie esférica.

35 Además, ha resultado ser obligatoriamente necesario que el tipo y la disposición de las lentes se seleccionen de modo que la pupila de entrada esté dispuesta, en el lado de la pantalla de proyección, a una distancia de entre 100 mm y 300 mm de la superficie de la lente del objetivo de proyección dispuesta más alejada en el lado de la película. En este caso, la primera lente negativa del objetivo de proyección está dispuesta en el lado de la pantalla de proyección y la séptima lente biconvexa está dispuesta en el lado de la película. La pupila de entrada está definida en este caso
40 como la apertura del objetivo de proyección que percibe un observador ficticio colocado en el lado de la película.

Esto tiene la ventaja de que la imagen proyectada también se ilumina de forma óptima en sus zonas marginales. Si una pupila de entrada se dispone a una distancia inferior a 100 mm, entonces la pupila de entrada corta un haz de luz que sale de un punto de imagen externo en el mismo lado del eje óptico que el punto de imagen en su lado alejado
45 del eje óptico. Con ello, se producen pérdidas de luz. Por otra parte, si la pupila de entrada se dispone a una distancia superior a 300 mm, entonces la pupila de entrada corta el mismo haz de luz en el lado del eje óptico opuesto al punto de imagen en su lado alejado del eje óptico.

Otra configuración obligatoria del objetivo de proyección se refiere a las condiciones de montaje. Los diámetros del objetivo de proyección deben configurarse tan pequeños que el objetivo de proyección pueda utilizarse para todos los proyectores cinematográficos convencionales. Por tanto, de forma ventajosa, el objetivo de proyección está configurado, en relación con sus dimensiones espaciales, de modo que pueda montarse para su funcionamiento en un espacio con las siguientes dimensiones:

- 55 - el espacio está configurado simétrico en el giro respecto al eje óptico;
- comienza en un primer plano que está configurado perpendicular al eje óptico y está dispuesto a una distancia de 30 mm del plano de la película;
- 60 - en el lado de la pantalla de proyección, el primer plano se une a un primer volumen cilíndrico con un diámetro de 40 mm y una altura de 8 mm;
- al primer volumen cilíndrico se une, en el lado de la pantalla de proyección, un segundo volumen cilíndrico con un diámetro de 46 mm y una altura de 15 mm; y
- 65 - al segundo volumen cilíndrico se une, en el lado de la pantalla de proyección, un tercer volumen cilíndrico con un diámetro de 70,65 mm.

ES 2 346 650 T3

Gracias a este perfeccionamiento se cumplen las condiciones de montaje de los fabricantes conocidos de proyectores cinematográficos.

El objetivo de proyección presenta, entre la segunda lente positiva y la tercera lente biconvexa, un diafragma, en especial, un diafragma variable. Esto tiene la ventaja de que, dado el caso, mediante diafragmado, puede conseguirse una mayor profundidad de campo. Esto es especialmente ventajoso en caso de pantallas cinematográficas curvas en las que, en caso de una profundidad de campo demasiado reducida, se producen faltas de nitidez en el borde de la imagen. Además, también la película misma, en caso de un extremo efecto térmico de la fuente de luz, puede curvarse de forma más intensa de lo habitual, lo que, en ciertos casos, hace necesaria una mayor profundidad de campo. Asimismo, en caso de cambiar entre diferentes formatos de cine, pueden producirse diferencias de luminosidad que también pueden compensarse mediante el uso de un diafragma variable.

El diafragma se dispone en un punto en el que todos los rayos de luz que salen de la imagen presentan una sección transversal simétrica respecto al eje óptico. Con ello se garantiza que no se produzcan efectos marginales y sombras (viñetado) debido al diafragma.

Si, tal como se ha requerido anteriormente, se emplea una superficie esférica para la corrección de los defectos de aberración, entonces resulta útil disponer la superficie esférica en una superficie contigua al diafragma. Entonces, la superficie esférica permite una corrección óptima de las aberraciones esféricas en caso de una elevada apertura de diafragma del objetivo de proyección.

Los elementos ópticos están compuestos normalmente por los cristales y plásticos habituales en la construcción de objetivos de proyección, que se seleccionan en relación con su índice de refracción y sus propiedades de dispersión. A ello se añade un recubrimiento adecuado para el tratamiento anti-reflejos de los elementos ópticos.

El objetivo de proyección propuesto tiene la ventaja de que también es adecuado para proyectores con espejos de iluminación de gran apertura (por ejemplo, con una apertura de diafragma del espejo k_{sp} de 1,7) dado que el ángulo α de apertura del objetivo de proyección puede adaptarse al ángulo α de apertura del espejo de iluminación. Con ello, se aprovecha de forma óptima la luz que sale del espejo de iluminación. Al mismo tiempo, el objetivo de proyección presenta una distancia focal posterior relativamente larga.

La construcción descrita del objetivo de proyección puede mejorarse adicionalmente en sus propiedades ópticas mediante una serie de características opcionales adicionales. A continuación, se describen estas características opcionales adicionales.

Por motivos técnicos de producción resulta útil que la superficie esférica no se desvíe más de $10 \mu\text{m}$ de una superficie esférica. Una pequeña desviación de la superficie respecto a la configuración esférica (normalmente solo $4-7 \mu\text{m}$) permite un procedimiento de fabricación económico. Además, puede simplificarse así en gran medida la comprobación óptica de la calidad de la superficie dado que puede omitirse una comprobación de la superficie con costosos hologramas.

Otra mejora del objetivo de proyección puede conseguirse porque el objetivo de proyección se configura de modo que, entre la longitud Sumd estructural, la distancia $S'F'$ focal posterior y la distancia f' focal global del objetivo de proyección, se cumple la siguiente condición:

$$2,8 f' < \text{Sumd} + S'F' < 4,5 f' \quad (3)$$

La longitud Sumd estructural designa la distancia entre la primera superficie de lente del lado de la pantalla de proyección y la última superficie de lente del lado de la película.

La condición (3) representa el resultado de una optimización entre la iluminación homogénea de la imagen y una longitud estructural demasiado grande. Para el caso

$$\text{Sumd} + S'F' \leq 2,8 f' \quad (4)$$

se producirían pérdidas de luz como consecuencia de una iluminación insuficiente y/o un viñetado demasiado intenso, y, con ello, pérdidas en la intensidad de luz del objetivo de proyección. Además, para distancias focales posteriores demasiado reducidas la separación entre el objetivo de proyección y el plano de la película se prescribiría menor que lo estipulado por las condiciones de montaje. Por el contrario, para el caso

$$\text{Sumd} + S'F' \geq 4,5 f' \quad (5)$$

deberían utilizarse sistemas de lentes demasiado gruesos y costosos de modo que se reduzca la transmisión de todo el sistema y, con ello, la intensidad de luz.

ES 2 346 650 T3

Otra configuración ventajosa se refiere a una serie de objetivos de proyección del tipo descrito con diferentes distancias focales que está configurado según el “principio modular”. La serie de objetivos de proyección está configurada en este caso de modo que al menos 2 objetivos de proyección de diferente distancia focal presentan al menos una lente que coincide en relación con el material, el grosor, los radios de curvatura y/o la forma de la superficie esférica. En este caso, lentes individuales pueden coincidir idénticamente, o bien la lente de soporte de dos lentes esféricas puede ser idéntica (pudiendo presentar diferencias la superficie esférica en sí misma), o bien puede disponerse una superficie esférica idéntica en diferentes lentes de soporte. Este perfeccionamiento reduce considerablemente los costes de producción y almacenamiento.

10 A continuación, se explica detalladamente la invención mediante ejemplos de realización que se muestran de forma esquemática en las figuras. Sin embargo, la invención no se limita a los ejemplos. En este caso, los mismos números de referencia en las distintas figuras designan elementos iguales, de igual función o correspondientes entre sí en relación con su función. En concreto, muestran:

15 la fig. 1, condiciones de montaje predeterminadas por la carcasa del objetivo de proyección de diferentes fabricantes de objetivos de proyección cinematográficos, así como las dimensiones de un espejo de iluminación;

20 la fig. 2, una disposición de lentes de un primer ejemplo de realización de un objetivo de proyección cinematográfico de gran apertura con una distancia focal de 35 mm;

la fig. 3, la resolución del objetivo de proyección cinematográfico según la figura 2 en caso de una apertura k de diafragma de 1,8;

25 la fig. 4, la resolución del objetivo de proyección cinematográfico según la figura 2 en caso de una apertura k de diafragma de 2,0;

la fig. 5, la resolución del objetivo de proyección cinematográfico según la figura 2 en caso de una apertura k de diafragma de 2,8;

30 la fig. 6, la resolución del objetivo de proyección cinematográfico según la figura 2 en caso de una apertura k de diafragma de 4,0;

35 la fig. 7, la intensidad de iluminación relativa del objetivo de proyección cinematográfico según la figura 2 en caso de una apertura k de diafragma de 1,8, 2,0 y 2,4;

la fig. 8, la distorsión del objetivo de proyección cinematográfico según la fig. 2;

la fig. 9, la transmisión del objetivo de proyección cinematográfico según la figura 2;

40 la fig. 10, una disposición de lentes de un segundo ejemplo de realización de un objetivo de proyección cinematográfico de gran apertura con una distancia focal de 47,5 mm;

45 la fig. 11, la resolución del objetivo de proyección cinematográfico según la figura 10 en caso de una apertura k de diafragma de 1,8;

la fig. 12, la resolución del objetivo de proyección cinematográfico según la figura 10 en caso de una apertura k de diafragma de 2,0;

50 la fig. 13, la resolución del objetivo de proyección cinematográfico según la figura 10 en caso de una apertura k de diafragma de 2,8;

la fig. 14, la resolución del objetivo de proyección cinematográfico según la figura 10 en caso de una apertura k de diafragma de 4,0;

55 la fig. 15, la intensidad de iluminación relativa del objetivo de proyección cinematográfico según la figura 10 en caso de una apertura k de diafragma de 1,8;

la fig. 16, la distorsión del objetivo de proyección cinematográfico según la fig. 10;

60 la fig. 17, la transmisión del objetivo de proyección cinematográfico según la figura 10.

Los datos técnicos de los ejemplos de realización mostrados en las figuras se detallan en las tablas 1 a 4. En concreto, muestran:

65 la tabla 1, los datos técnicos del primer ejemplo de realización de un objetivo de proyección cinematográfica con una distancia focal de 35 mm mostrado en la figura 2;

ES 2 346 650 T3

la tabla 2, los coeficientes esféricos de la superficie dirigida al diafragma de la segunda lente positiva del objetivo de proyección cinematográfico según la figura 2;

5 la tabla 3, los datos técnicos del segundo ejemplo de realización de un objetivo de proyección cinematográfico con una distancia focal de 47,5 mm mostrado en la figura 10;

la tabla 4, los coeficientes esféricos de la superficie dirigida al diafragma de la segunda lente positiva del objetivo de proyección cinematográfico según la figura 10.

10 En la figura 1 se muestran curvas límite de la carcasa del objetivo de proyección de dos proyectores cinematográficos ampliamente difundidos (empresa Ernemann Cine Tec GmbH y empresa Kinoton GmbH) como ejemplo de condiciones de montaje típicas de objetivos de proyección. Partiendo del plano 10 de la película, puede disponerse, separado de la distancia S'F' focal posterior (designada con 12 en la figura 1), un primer sistema de lentes con un diámetro 14 marginal máximo de 40 mm y un grosor total de 8 mm. Después, puede disponerse un segundo sistema de lentes con un diámetro 16 marginal máximo de 46 mm y un grosor total de 15 mm. Un tercer sistema de lentes puede presentar como máximo un diámetro 17 marginal de 70,65 mm. De forma óptima, un objetivo de proyección se configura de modo que el sistema de lentes cumple las condiciones de montaje de los dos fabricantes.

20 Además, en la figura 1 se ilustra también el ángulo α de abertura del cono de luz de la luz emitida por la fuente 18 de luz y reflejada por el espejo 19 de iluminación. De forma análoga a la apertura de diafragma del objetivo de proyección, para el espejo de iluminación la apertura k_{SP} de diafragma se define como la relación entre la distancia f_{SP} focal (no indicada en la figura 1) y el diámetro D_{SP} del espejo.

25

Primer ejemplo de realización

30 La figura 2 muestra la construcción básica de un objetivo de proyección según un primer ejemplo de realización. Se trata de un objetivo de proyección con una distancia focal de 35 mm y una apertura de diafragma mínima de 1,7.

En la representación según la figura 2, la pantalla de proyección se encuentra a la izquierda y el plano 10 de la película, a la derecha. El objetivo de proyección según el primer ejemplo de realización está compuesto por los siguientes elementos, en orden de izquierda a derecha:

35

- una primera lente negativa en forma de una lente 20 de menisco,
- una segunda lente positiva en forma de una lente 22 de menisco,
- 40 - una tercera lente positiva en forma de una lente 24 biconvexa,
- una cuarta lente negativa en forma de una lente 26 bicóncava,
- una quinta lente negativa en forma de una lente 28 bicóncava,
- 45 - una sexta lente positiva en forma de una lente 30 biconvexa,
- una séptima lente positiva en forma de una lente 32 biconvexa.

50

El eje óptico se designa con 34. Entre la segunda lente 22 positiva y la tercera lente 24 positiva está dispuesto un diafragma 64.

55 Los datos específicos de las distintas superficies de los elementos ópticos se encuentran en la tabla 1 junto con los números de referencia correspondientes en cada caso. La dispersión en forma del número v_d de Abbe en la tabla 1 se define como

60

$$v_d = \frac{n_d - 1}{n_{F'} - n_{C'}} \quad (6)$$

65 donde $n_{F'}$ es el índice de refracción en caso de 480 nm, $n_{C'}$ es el índice de refracción en caso de 643,8 nm y n_d es el índice de refracción en caso de 588 nm.

ES 2 346 650 T3

La segunda lente 22 positiva presenta en la superficie 42 dirigida al diafragma 64 una superficie esférica. La superficie de una lente esférica puede describirse de forma general con la siguiente fórmula:

$$z = \frac{Cy^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K) \cdot C^2 y^2}} + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10} \quad (7)$$

donde

- z indica la altura de flecha (en mm) en relación con el plano perpendicular al eje, por tanto, la dirección de la desviación del plano de forma perpendicular al eje óptico, es decir, en dirección al eje óptico;
- C indica la denominada curvatura cenital. Sirve para la descripción de la curvatura de una superficie de lente cóncava o convexa;
- y indica la separación del eje óptico (en mm); y es una coordenada radial;
- K indica la denominada constante de cono;
- A_4, A_6, A_8, A_{10} representan los denominados coeficientes esféricos, que son los coeficientes de un desarrollo polinómico de la función para la descripción de la superficie esférica.

Los coeficientes esféricos de la superficie 42 se detallan en la tabla 2.

Con el diafragma abierto, el objetivo de proyección indicado presenta una apertura de diafragma de 1,7. Por tanto, también pueden utilizarse como fuente de luz espejos de iluminación de una abertura extremadamente grande con un ángulo de abertura de hasta aproximadamente 17° y aprovecharse de forma eficaz.

A continuación, se explica de forma detallada la resolución y las características de reproducción del objetivo de proyección según el primer ejemplo de realización mediante algunas figuras.

La figura 3 muestra la resolución del objetivo de proyección según el primer ejemplo de realización. Al optimizar los diferentes defectos de aberración, durante la corrección de la curvatura de campo de la imagen debe tenerse en cuenta la curvatura de 0,1 a 0,15 mm de la película en el borde, en la dirección del objetivo de proyección, ocasionada por el gran desarrollo de calor de la lámpara de proyección. Las funciones de transferencia de modulación mostradas están calculadas para una película curvada de este tipo.

La resolución se ha calculado para una ponderación de color que se corresponde con la sensibilidad media del ojo humano. Se han calculado tres ejemplos: las dos curvas superiores corresponden al ejemplo con una frecuencia espacial de 20 pares de líneas por mm (FE/mm), las dos curvas centrales corresponden a 40 FE /mm y las dos curvas inferiores a 80 FE/mm. La línea continua muestra en cada caso la resolución de pares de líneas que discurren de forma radial y la línea discontinua, la resolución de pares de líneas que discurren de forma tangencial. El eje x indica la desviación relativa del centro de la imagen que va a ampliarse. En el eje y se muestra la función de transferencia de modulación en caso de una apertura k de diafragma de 1,7. La reproducción se realizó prácticamente al infinito. La resolución del objetivo de proyección según el primer ejemplo de realización corresponde a la resolución de objetivos de proyección muy buenos.

Las figuras 4 a 6 muestran la resolución del objetivo de proyección según el primer ejemplo de realización en caso de un diafragma parcialmente cerrado:

figura 4: diafragma 2,0;

figura 5: diafragma 2,8;

figura 6: diafragma 4,0.

Por lo demás, las figuras 4 a 6 se corresponden con la figura 3.

La figura 7 muestra la intensidad de iluminación relativa de los bordes de la imagen ampliada comparada con el centro para el objetivo de proyección según el primer ejemplo de realización. El eje x corresponde al eje x según la figura 3. La curva 70 inferior se ha calculado para una apertura de diafragma de $k = 1,7$, la curva 72 central para $k = 2,0$ y la curva 74 superior para $k = 2,8$ y 4,0.

ES 2 346 650 T3

La figura 8 muestra la distorsión para el objetivo de proyección según el primer ejemplo de realización expresada en porcentaje de la desviación del tamaño de imagen ideal. Se reconoce una ligera distorsión en barril que, sin embargo, es reducida en comparación con los objetivos de proyección de tipo gran angular habituales.

5 En la figura 9 se muestra la transmisión expresada en porcentaje para el objetivo de proyección según la figura 2 para el intervalo de longitudes de onda entre 400 nm y 700 nm. El objetivo de proyección cinematográfico presenta pérdidas tolerables en la franja de longitudes de onda visibles.

10 El objetivo de proyección cinematográfico según el primer ejemplo de realización presenta una distancia $S'F'$ focal posterior de 31,898 mm. La longitud Sumd estructural de todo el objetivo de proyección es de 90,647 mm. Con ello, la suma de la longitud estructural y la distancia focal posterior es de 122,545 mm y, por tanto, mayor que $2,8 f'$ (98 mm) y menor que $4,5 f'$ (157,5 mm). Por tanto, se cumple la condición (3) indicada anteriormente.

15 La pupila de entrada se encuentra 119,87 mm a la izquierda de la superficie 62 de lente, de modo que también se cumple la condición de la disposición de la pupila de entrada.

Segundo ejemplo de realización

20 La figura 10 muestra la estructura básica de un objetivo de proyección cinematográfico según un segundo ejemplo de realización. Se trata de un objetivo de proyección con una distancia focal de 47,5 mm y una apertura de diafragma de $k = 1,7$.

25 Nuevamente, la pantalla de proyección se encuentra a la izquierda y el plano 10 de la película a la derecha. El objetivo de proyección está compuesto por los siguientes elementos, en orden de izquierda a derecha:

- una primera lente negativa en forma de una lente 110 bicóncava;
- una segunda lente positiva en forma de una lente 112 biconvexa;
- 30 - una tercera lente positiva en forma de una lente 114 biconvexa;
- una cuarta lente negativa en forma de una lente 116 bicóncava;
- 35 - una quinta lente negativa en forma de una lente 118 bicóncava;
- una sexta lente positiva en forma de una lente 120 biconvexa;
- una séptima lente positiva en forma de una lente 122 biconvexa.

40 Entre la segunda lente 112 positiva y la tercera lente 114 positiva está dispuesto nuevamente un diafragma 64. Los datos específicos de las distintas superficies de los elementos ópticos se encuentran en la tabla 3 junto con los números de referencia correspondientes en cada caso.

45 La superficie 130 de la lente 112 dirigida al diafragma 64 está configurada nuevamente como superficie esférica. Los coeficientes esféricos de esta superficie 130 se detallan en la tabla 4.

50 Con el diafragma abierto, el objetivo de proyección indicado en el segundo ejemplo de realización también presenta una apertura de diafragma de 1,7, de modo que nuevamente pueden emplearse espejos de iluminación de una abertura extremadamente elevada.

55 Las figuras 11 a 14 se corresponden con las figuras 3 a 6 del primer ejemplo de realización y muestran la resolución del objetivo de proyección según el segundo ejemplo de realización con aperturas de diafragma de 1,7, 2,0, 2,8 y 4,0. Las figuras 15 a 17 se corresponden con las figuras 7 a 9 del primer ejemplo de realización y muestran nuevamente la intensidad de iluminación relativa, la distorsión y la transmisión del objetivo de proyección cinematográfico según el segundo ejemplo de realización.

60 El objetivo de proyección cinematográfico según el segundo ejemplo de realización presenta una distancia $S'F'$ 12 focal posterior de 40,002 mm y una longitud Sumd estructural de 101,943 mm. La suma de la distancia focal posterior y la longitud estructural es, por tanto, 141,945 mm y, con ello, es mayor que $2,8 f'$ (133 mm) y menor que $4,5 f'$ (213,75 mm). Por tanto, el objetivo de proyección según el segundo ejemplo de realización cumple la condición antes mencionada.

65 La pupila de entrada se encuentra 233,521 mm a la izquierda de la última superficie 150 de lente, de modo que también el objetivo de proyección según el segundo ejemplo de realización cumple la condición de la disposición de la pupila de entrada.

ES 2 346 650 T3

TABLA 1

Número de referencia	Radio / mm	Grosor o distancia / mm	Diámetro libre / mm	Apertura (n_d) de diafragma a 588 nm	Dispersión (v_d) a 588 mm
36	76,068		36,100		
20		10,521		1,51680	64,14
38	21,464		26,800		
		13,354			
40	-126,324		24,500		
22		13,711		1,72916	54,65
42	-52,802*		26,600		
		5,000			
64	(Diafragma)				
		6,089			
44	29,103		29,000		
24		16,346		1,64050	60,15
46	-51,643		27,200		
		4,476			
48	-29,981		24,800		
26		1,800		1,59270	35,30
50	26,691		24,800		
		4,000			
52	-153,321		24,800		
32		1,800		1,80809	22,75
54	63,875		26,400		
		1,650			
56	169,672		27,500		
30		4,800		1,64050	60,15
58	-38,663		28,500		
		0,100			
60	53,566		32,800		
32		7,000		1,75500	52,30
62	-67,549		33,000		
(* = superficie esférica)					

ES 2 346 650 T3

TABLA 2

C	0,018939
K	0,000000
A ₄	-0,531052*10 ⁻⁶
A ₆	0,523980*10 ⁻⁹
A ₈	-0,131713*10 ⁻¹⁰
A ₁₀	0,319473*10 ⁻¹³

TABLA 3

Número de referencia	Radio / mm	Grosor o distancia / mm	Diámetro libre / mm	Apertura (n _d) de diafragma a 588 nm	Dispersión (v _d) a 588 nm
124	-784,753		38,300		
110		3,500		1,51880	64,14
126	37,095		34,700		
		16,900			
128	1219,347		33,500		
112		10,160		1,732916	54,65
130		-73,026*		35,400	
			6,000		
64	(Diafragma)				
		11,797			
132	35,655		37,000		
114		21,730		1,644050	60,15
134	-66,489		33,800		
		4,056			
136	-42,288		31,300		
116		2,000		1,59270	35,30
138	28,976		30,200		
		6,480			
140	-142,587		31,100		
118		2,000		1,80809	22,75
142	85,779		33,000		
		2,160			
144	352,026		34,600		
120		7,570		1,64050	60,15
146	-52,233		37,000		
		0,100			
148	65,539		41,300		
122		8,300		1,75500	52,30
150	-81,787		41,400		

ES 2 346 650 T3

Número de referencia	Radio / mm	Grosor o distancia / mm	Diámetro libre / mm	Apertura (n_d) de diafragma a 588 nm	Dispersión (v_d) a 588 nm
5 (* = superficie esférica)					

TABLA 4

C	-0,013694
K	0,000000
A_4	$0,601508 \cdot 10^{-7}$
A_6	$0,565724 \cdot 10^{-9}$
A_8	$-0,223813 \cdot 10^{-11}$
A_{10}	$0,330861 \cdot 10^{-14}$

Lista de números de referencia

- 10 Plano de la película
- 12 Distancia focal posterior S'F'
- 13 Primer plano
- 14 Máximo diámetro marginal de un primer sistema de lentes
- 16 Máximo diámetro marginal de un segundo sistema de lentes
- 17 Máximo diámetro marginal de un tercer sistema de lentes
- 18 Fuente de luz
- 19 Espejo de iluminación
- 20 Primera lente negativa en forma de una lente de menisco
- 22 Segunda lente positiva
- 24 Tercera lente positiva en forma de una lente biconvexa
- 26 Cuarta lente negativa en forma de una lente bicóncava
- 28 Quinta lente negativa en forma de una lente bicóncava
- 30 Sexta lente positiva en forma de una lente biconvexa
- 32 Séptima lente positiva en forma de una lente biconvexa
- 34 Eje óptico
- 36 Primera superficie de la lente 20
- 38 Segunda superficie de la lente 20
- 40 Primera superficie de la lente 22

ES 2 346 650 T3

	42	Segunda superficie de la lente 22
	44	Primera superficie de la lente 24
5	46	Segunda superficie de la lente 24
	48	Primera superficie de la lente 26
	50	Segunda superficie de la lente 26
10	52	Primera superficie de la lente 28
	54	Segunda superficie de la lente 28
15	56	Primera superficie de la lente 30
	58	Segunda superficie de la lente 30
	60	Primera superficie de la lente 32
20	62	Segunda superficie de la lente 32
	64	Diafragma
25	70	Intensidad de iluminación relativa con apertura de diafragma de 1,8
	72	Intensidad de iluminación relativa con apertura de diafragma de 2,0
	74	Intensidad de iluminación relativa con apertura de diafragma de 2,8
30	110	Primera lente negativa del segundo ejemplo de realización
	112	Segunda lente positiva del segundo ejemplo de realización
35	114	Tercera lente positiva del segundo ejemplo de realización
	116	Cuarta lente negativa del segundo ejemplo de realización
	118	Quinta lente negativa del segundo ejemplo de realización
40	120	Sexta lente positiva del segundo ejemplo de realización
	122	Séptima lente positiva del segundo ejemplo de realización
45	124	Primera superficie de la lente 110
	126	Segunda superficie de la lente 110
	128	Primera superficie de la lente 112
50	130	Segunda superficie de la lente 112
	132	Primera superficie de la lente 114
55	134	Segunda superficie de la lente 114
	136	Primera superficie de la lente 116
	138	Segunda superficie de la lente 116
60	140	Primera superficie de la lente 118
	142	Segunda superficie de la lente 118
65	144	Primera superficie de la lente 120
	146	Segunda superficie de la lente 120

ES 2 346 650 T3

148 Primera superficie de la lente 122

150 Segunda superficie de la lente 122

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 346 650 T3

REIVINDICACIONES

5 1. Objetivo de proyección adecuado para proyectar una película en una pantalla de proyección que está compuesto por los siguientes elementos en el orden indicado, observados desde la pantalla de proyección:

- una primera lente (20; 110) negativa;

- una segunda lente (22; 112) positiva;

10 - teniendo las dos primeras lentes juntas una distancia focal negativa para configurar el objetivo de proyección a modo de un objetivo de proyección de retro-enfoque,

- una tercera lente (24; 114) biconvexa;

15 - un diafragma (64) entre la segunda lente (22; 112) positiva y la tercera lente (24; 114) biconvexa;

- estando configurada la superficie (42; 130) dirigida a la tercera lente (24; 114) biconvexa de la segunda lente (22; 112) positiva como una superficie esférica;

20 - una cuarta lente (26; 116) bicóncava;

- una quinta lente (28; 118) bicóncava;

25 - una sexta lente (30; 120) biconvexa; y

- una séptima lente (32; 122) biconvexa; y

- cumpliendo la distancia f' focal total del objetivo la condición

30
$$28 \text{ mm} \leq f' \leq 47,5 \text{ mm};$$

- siendo la menor apertura k del diafragma del objetivo de proyección 1,8 o inferior;

35 - presentando el objetivo de proyección una pupila de entrada para un observador ficticio colocado en el lado de la película;

40 - estando dispuesta la pupila de entrada en la lado de la pantalla de proyección a una distancia de entre 100 mm y 300 mm de la superficie (62; 150) de la lente del objetivo de proyección que está dispuesta más alejada del lado de la película; y

- estando diseñadas las dimensiones espaciales del objetivo de proyección de modo que puede montarse para el funcionamiento en un espacio que tiene las siguientes dimensiones:

45 - el espacio está diseñado para ser simétrico en el giro respecto al eje óptico;

- comienza en un primer plano (13) que está diseñado de forma perpendicular al eje óptico y está dispuesto a una distancia de 30 mm del plano (10) de la película;

50 - en el lado de la pantalla de proyección, el primer plano (13) está unido a un primer volumen cilíndrico con un diámetro de 40 mm y una altura de 8 mm;

55 - al primer volumen cilíndrico se une, en el lado de la pantalla de proyección, un segundo volumen cilíndrico con un diámetro de 46 mm y una altura de 15 mm; y

- al segundo volumen cilíndrico se une, en el lado de la pantalla de proyección, un tercer volumen cilíndrico con un diámetro de 70,65 mm.

60 2. Objetivo de proyección según la reivindicación precedente, en el que la superficie (42; 130) esférica no se desvía más de $10 \mu\text{m}$ de una superficie esférica.

65 3. Objetivo de proyección según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque está diseñado de modo que, entre la longitud Sumd estructural, la distancia $S'F'$ (12) focal posterior y la distancia f' focal total del objetivo de proyección, se cumple la siguiente condición:

$$2,8 f' < \text{Sumd} + S'F' < 4,5 f'.$$

ES 2 346 650 T3

4. Serie de objetivos de proyección según una de las reivindicaciones precedentes con diferentes distancias f' focales, **caracterizado** porque al menos 2 objetivos de proyección con diferente distancia focal tienen al menos una lente que coincide en relación con el material, el grosor, los radios de curvatura y/o la forma de la superficie esférica.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

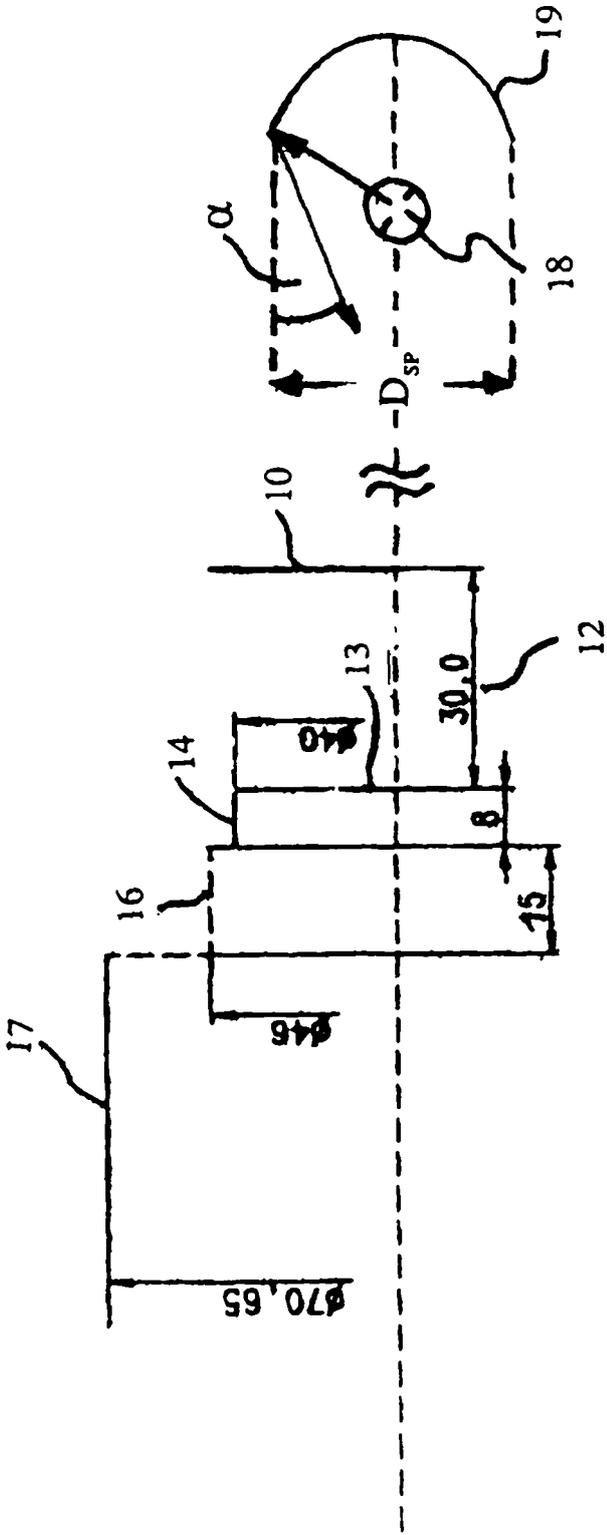


Fig. 2

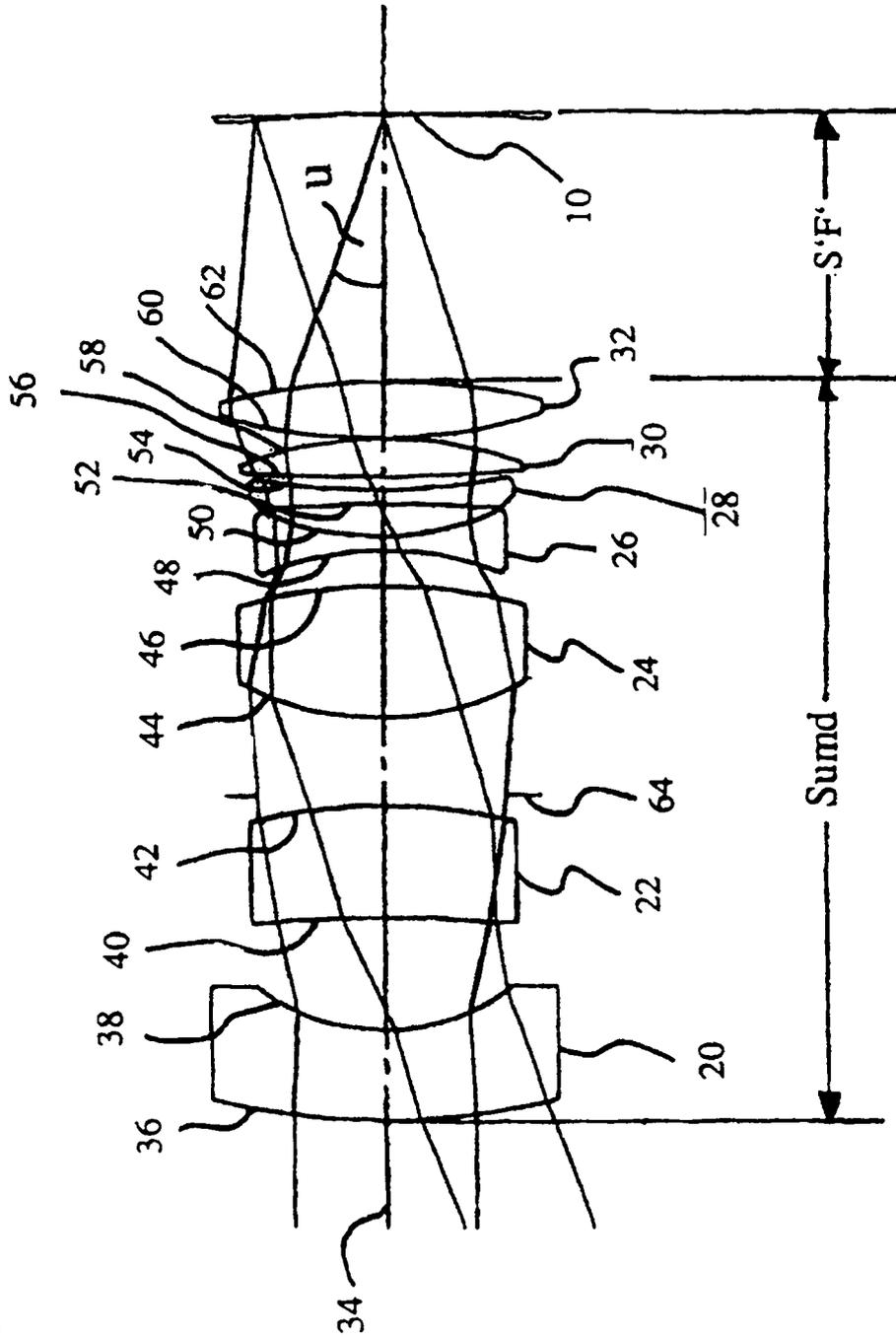


Fig. 3

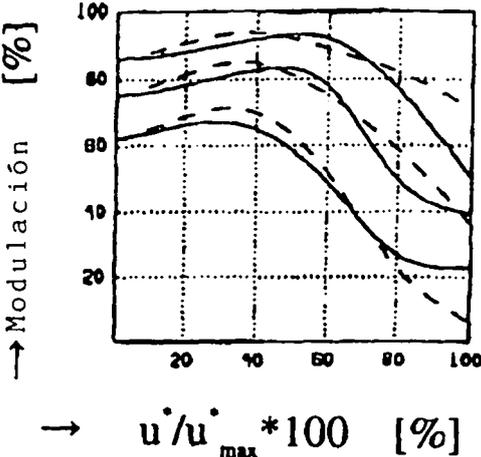


Fig. 4

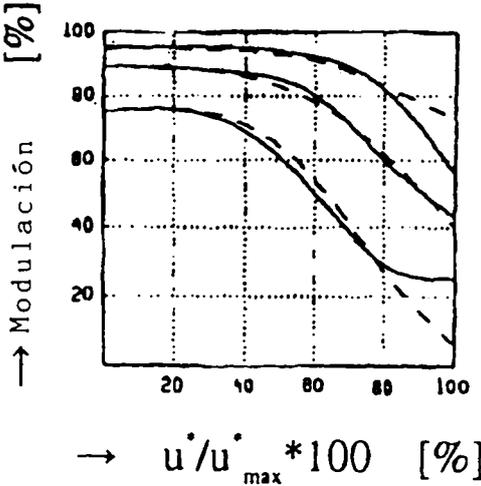


Fig. 5

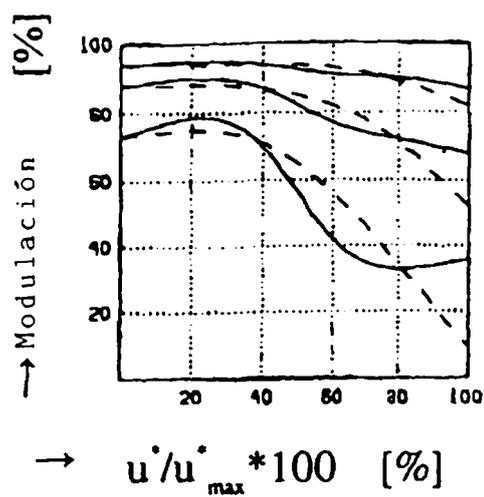


Fig. 6

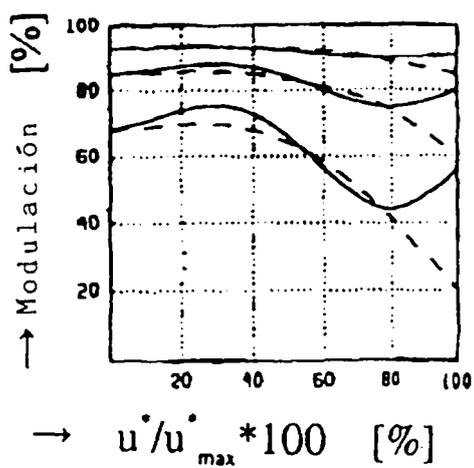


Fig. 7

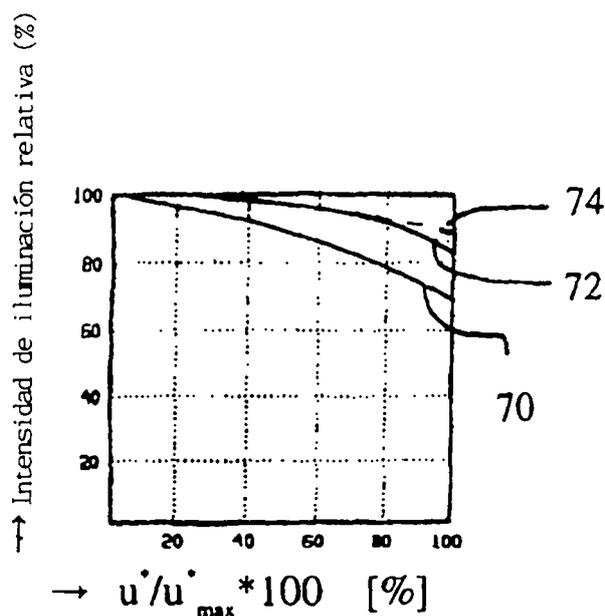


Fig. 8

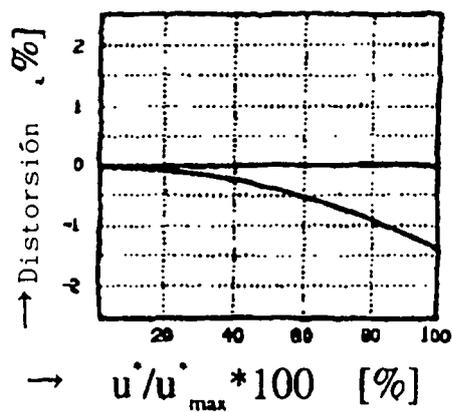


Fig. 9

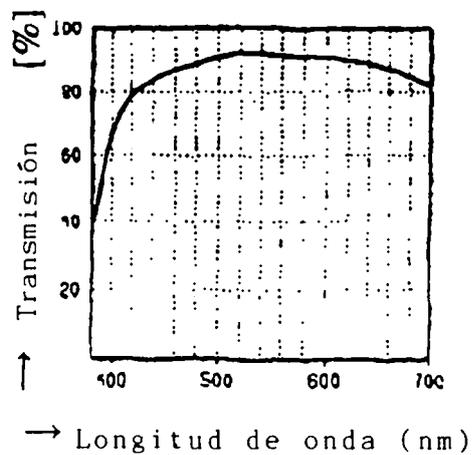


Fig. 10

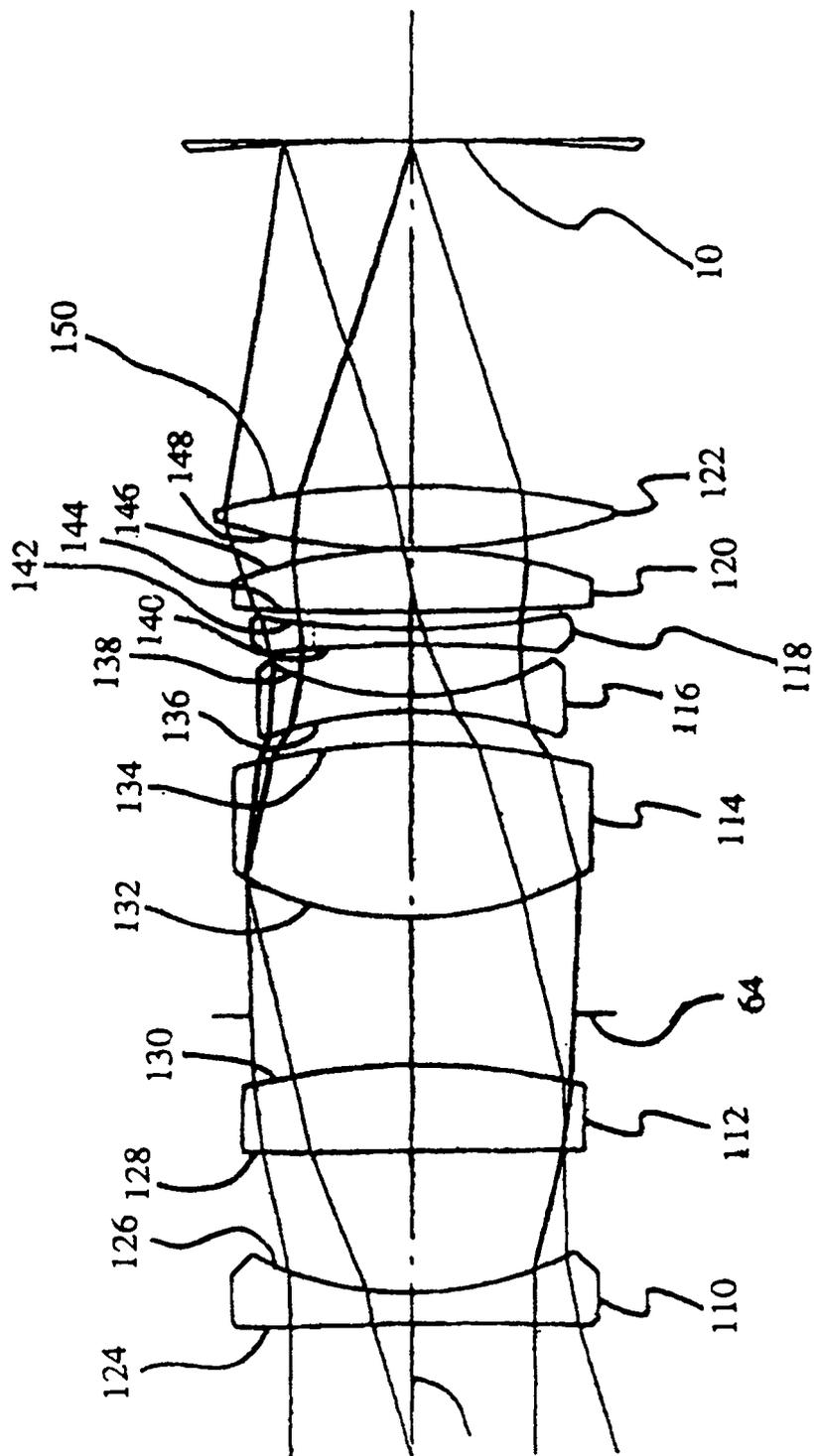


Fig. 11

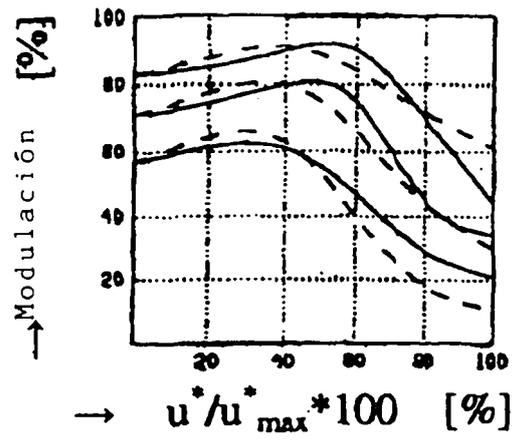


Fig. 12

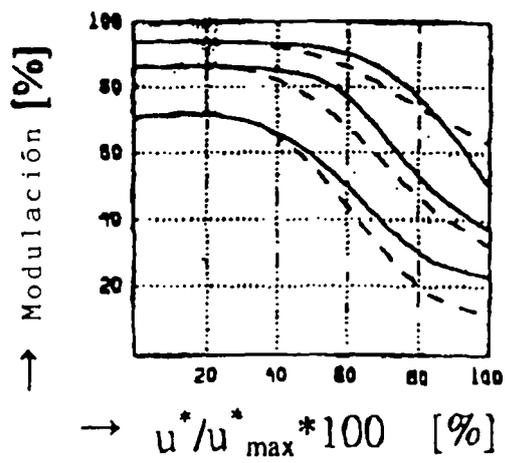


Fig. 13

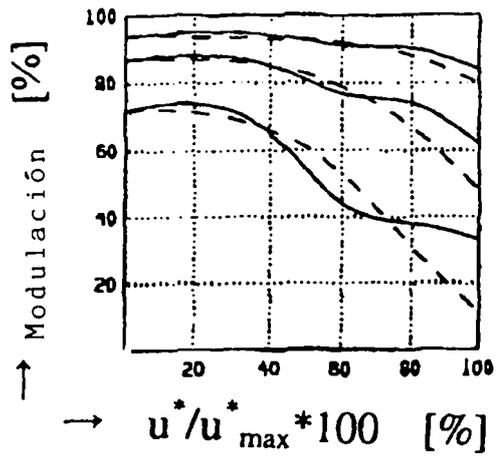


Fig. 14

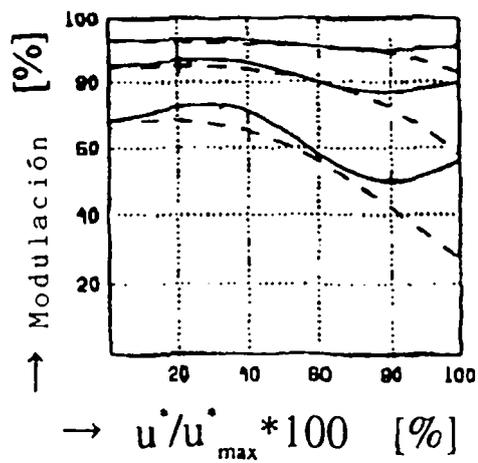


Fig. 15

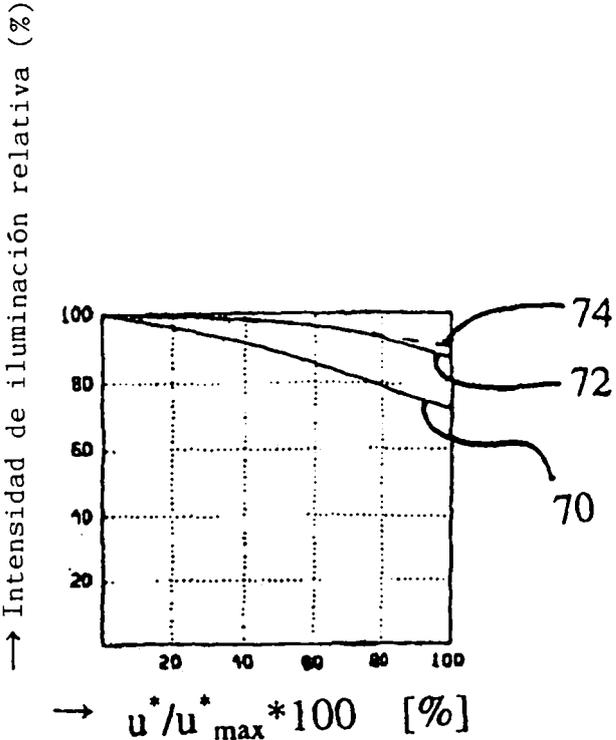


Fig. 16

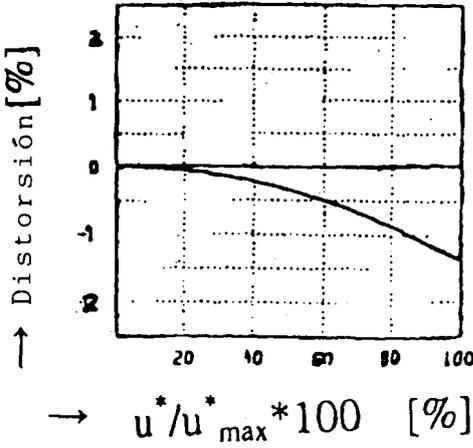


Fig. 17

