

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 631 909**

51 Int. Cl.:

**G02B 26/02** (2006.01)

**G02B 27/64** (2006.01)

**G02B 3/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2008 PCT/US2008/084233**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.06.2009 WO09073388**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2008 E 08857959 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2017 EP 2217960**

54 Título: **Sistema de estabilización de imagen que comprende dos lentes líquidas**

30 Prioridad:

**04.12.2007 US 992284 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**06.09.2017**

73 Titular/es:

**BLACKEYE OPTICS, LLC (100.0%)  
P.O. Box 1389, Spieden Island  
Eastsound, WA 98245, US**

72 Inventor/es:

**JANNARD, JAMES H. y  
NEIL, IAIN A.**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 631 909 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**

Sistema de estabilización de imagen que comprende dos lentes líquidas

5 Solicitudes relacionadas

Antecedentes

10 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un sistema de lentes ópticas que emplea óptica líquida para estabilizar una imagen.

15 Descripción de la técnica relacionada

En una lente, la estabilización de la imagen óptica cambia una trayectoria óptica para estabilizar una imagen que llega a un sensor. Por ejemplo, puede moverse un elemento de lente flotante ortogonalmente al eje óptico de la lente. Alternativamente, la estabilización mecánica de la imagen mueve el sensor que captura la imagen para contrarrestar el movimiento de la cámara. Sin embargo, estos dispositivos de estabilización de imagen se basan en el movimiento mecánico de elementos de lente o sensores.

20 El documento US 6936809 B2 describe un método y dispositivo para el ajuste lateral de una imagen que comprende una lente deformable en un dispositivo de obtención de imágenes y que aplica un campo eléctrico a la lente deformable. El documento US 2007/263293 A1 describe un dispositivo fluídico electrostáticamente accionado que es capaz de proporcionar una lente de longitud focal variable.

Sumario

30 Las celdas de lente líquida pueden modificar una trayectoria óptica sin basarse en el movimiento mecánico de la celda líquida, proporcionándose así compensación de la vibración para estabilizar una imagen. Una celda de lente líquida puede usarse con otros elementos de lente alineados a lo largo de al menos dos ejes ópticos.

La celda de lente líquida es como se define en la reivindicación 1.

35 Pueden usarse dos celdas de lente líquida para estabilizar una imagen en una única dirección lineal. La estabilización puede corregir, por ejemplo, la inestabilidad horizontal o vertical.

40 En otra realización, cuatro o más celdas de lente líquida están configuradas para proporcionar estabilización de la radiación suministrada a un espacio lateral de la imagen. Dos de las celdas de lente líquida pueden proporcionar estabilización en una dirección, mientras que las otras dos celdas de lente líquida proporcionan estabilización en otra dirección. Las cuatro o más celdas de lente líquida pueden juntas proporcionar estabilización en cualquier dirección.

45 Una celda de lente líquida que comprende un primer y un segundo líquido de contacto puede configurarse de manera que una superficie óptica de contacto entre los líquidos de contacto tenga una forma variable que es sustancialmente simétrica con respecto a un eje óptico de la celda de lente líquida. Podrían alinearse una pluralidad de elementos de lente a lo largo de un eje óptico común y disponerse para recoger radiación que emana de un espacio lateral del objeto y suministrarse a un espacio lateral de la imagen. La celda de lente líquida podría insertarse en una trayectoria óptica formada por la pluralidad de elementos de lente que están alineados a lo largo del eje óptico común. El eje óptico de la celda de lente líquida podría ser paralelo al eje óptico común, o podría estar a un ángulo con respecto al eje óptico común.

50 Puede usarse un sistema de control electrónico para controlar la forma variable de la superficie óptica de contacto en una celda de lente líquida. Pueden usarse un acelerómetro, giróscopo láser, o similares, para detectar el movimiento de uno o más elementos de lente, y la forma de la superficie óptica de contacto puede entonces variarse para compensar el movimiento de los elementos de lente con el fin de estabilizar la imagen.

55 El sistema de control puede configurarse para detectar el movimiento panorámico de la cámara, de manera que no se corrija el desplazamiento de imagen debido al movimiento panorámico. El sistema de control también puede configurarse para compensar diversos tipos de movimiento. Por ejemplo, el sistema de control puede compensar vibración que tiene una frecuencia superior a 2 Hz.

60 Una primera celda de lente líquida y una segunda celda de lente líquida pueden controlarse en tándem para proporcionar estabilización en al menos una dirección para que la radiación se suministre a un espacio lateral de la imagen. La potencia de la primera celda de lente líquida puede ser sustancialmente igual y opuesta a la potencia de la segunda celda de lente líquida de manera que el enfoque en un plano de la imagen se fije axialmente. Pueden

establecerse la potencia de la primera celda de lente líquida y una potencia de la segunda celda de lente líquida para proporcionar enfoque en un plano de la imagen.

5 En una realización, un primer par de celdas de lente líquida están desplazadas la una de la otra en una dirección, y un segundo par de celdas de lente líquida desplazadas la una de la otra en una dirección sustancialmente perpendicular a la primera dirección. El primer par de celdas de lente líquida proporciona estabilización de imagen en la dirección de desplazamiento del primer par, y el segundo par de celdas de lente líquida proporciona estabilización de imagen en la dirección de desplazamiento del segundo par.

10 Un primer par de celdas de lente líquida pueden estar desplazados entre sí en una dirección, y un segundo par de celdas de lente líquida pueden estar desplazadas entre sí en una dirección sustancialmente diferente, siendo la magnitud de desplazamiento del segundo par de celdas de lente líquida mayor o menor que la magnitud de desplazamiento del primer par de celdas de lente líquida. Por ejemplo, un intervalo de estabilización para el primer par de celdas de lente líquida puede ser superior a dos veces un intervalo de estabilización para el segundo par de  
15 celdas de lente líquida.

En cualquiera de estas realizaciones, podrían usarse una o más celdas de lente líquida adicionales para compensar efectos térmicos, ajustar el enfoque de radiación que se suministra a un espacio lateral de la imagen o como parte de una configuración de zoom.

20 Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama de bloques de una cámara.

La FIG. 2 es un diagrama óptico de un sistema de lentes de zoom que emplea líquidos.

25 Las FIG. 3A y 3B son diagramas ópticos de la celda líquida del sistema de lentes de zoom de la FIG. 2 que muestran la forma de la superficie entre los líquidos.

Las FIG. 4A, 4B y 4C son diagramas ópticos del sistema de lentes de zoom de la FIG. 2 que ilustran diferentes posiciones de los grupos de lentes de zoom y formas de superficie entre los líquidos para producir diferentes longitudes focales y distancias de enfoque.

30 Las FIG. 5A, 5B y 5C son diagramas de rendimiento de la función de transferencia de modulación del sistema de lentes de zoom de las FIG. 4A, 4B y 4C.

Las FIG. 6A y 6B son diagramas ópticos de un sistema de lentes que emplea líquidos para estabilizar una imagen en una dirección.

35 Las FIG. 7A y 7B son diagramas ópticos de un sistema de lentes que emplea líquidos para estabilizar una imagen en cualquier dirección.

Las FIG. 8A, 8B y 8C son diagramas ópticos del sistema de lentes de las FIG. 7A y 7B que ilustran diferentes posiciones de los grupos de lentes de zoom y las formas de superficie entre los líquidos para producir diferentes longitudes focales y distancias de enfoque.

40 Las FIG. 9A, 9B, 9C y 9D son diagramas ópticos del sistema de lentes de las FIG. 7A y 7B que ilustran diferentes posiciones de los grupos de lentes de zoom y formas de superficie entre los líquidos para estabilizar una imagen.

Las FIG. 10A, 10B, 10C y 10D son diagramas ópticos del sistema de lentes de las FIG. 7A y 7B que ilustran diferentes posiciones de los grupos de lentes de zoom y formas de superficie entre los líquidos para estabilizar una imagen.

45 Las FIG. 11A, 11B y 11C son diagramas de rendimiento de la función de transferencia de modulación del sistema de lentes como se configura en las FIG. 8A, 8B y 8C.

Las FIG. 12A, 12B, 12C y 12D son diagramas de rendimiento de la función de transferencia de modulación del sistema de lentes como se configura en las FIG. 9A, 9B, 9C y 9D.

50 Las FIG. 13A, 13B, 13C y 13D son diagramas de rendimiento de la función de transferencia de modulación del sistema de lentes como se configura en las FIG. 10A, 10B, 10C y 10D.

#### Descripción detallada

55 En la siguiente descripción de realizaciones preferidas, se hace referencia a los dibujos adjuntos que forman una parte del presente documento, y en las que se muestran a modo de ilustración realizaciones específicas en las que la invención puede ponerse en práctica. Debe entenderse que pueden utilizarse otras realizaciones y pueden hacerse cambios estructurales sin apartarse del alcance de la invención.

60 La solicitud de patente provisional de EE.UU. N.º 60/783.338 presentada el 8 de octubre de 2007 y titulada "Liquid Optics Lente de zoom and Imaging Apparatus" desvela un sistema de lentes de zoom que emplea óptica líquida para proporcionar funcionalidad de zoom y de enfoque. También puede usarse óptica líquida para proporcionar estabilización. Realizaciones a modo de ejemplo usando óptica líquida se desvelan en el presente documento.

Óptica líquida en un sistema de lentes de zoom

La FIG. 1 ilustra un diagrama de bloques de una cámara 100 con una lente de zoom 102. Una lente de zoom es un ensamblaje de elementos de lente con la capacidad de variar la longitud focal. Los elementos de lente individuales pueden fijarse en el sitio, o deslizarse axialmente a lo largo del cuerpo de la lente. Un grupo de lentes puede consistir en uno o más elementos de lente. Al menos un grupo de lentes móvil proporciona variación del aumento de un objeto. A medida que el al menos un grupo de lentes se mueve para realizar el aumento, también puede moverse la posición del plano focal. Puede moverse al menos otro grupo de lentes móvil para compensar el movimiento del plano focal para mantener una posición constante del plano focal. La compensación del movimiento del plano focal también puede lograrse mecánicamente moviendo el ensamblaje de lentes completo a medida que cambia el aumento de la lente.

Los elementos de lente individuales pueden construirse a partir de materiales en fase sólida, tales como materiales de vidrio, plástico, cristalinos o semiconductores, o pueden construirse usando materiales líquidos o gaseosos tales como agua o aceite. El espacio entre los elementos de lente podría contener uno o más gases. Por ejemplo, podría usarse aire normal, nitrógeno o helio. Alternativamente, el espacio entre los elementos de lente podría ser un vacío. Cuando se usa "aire" en la presente divulgación, debe entenderse que se usa en un amplio sentido y puede incluir uno o más gases, o un vacío.

Una lente de zoom frecuentemente tendrá tres o más grupos de lentes móviles para lograr las funciones de zoom y de enfoque. Una leva mecánica puede conectar dos grupos de lentes móviles para realizar el zoom, y un tercer grupo de lentes móvil puede usarse para enfocar.

El intervalo de zoom se determina en parte por el intervalo de movimiento para los elementos de lente móviles. Mayores intervalos de zoom requieren espacio adicional para el movimiento de los elementos de lente. Uno o más de los grupos de lentes móviles pueden sustituirse por un grupo de lentes que implementa la tecnología de celda líquida. Debido a que las celdas líquidas no requieren espacio para el movimiento axial, puede reducirse la longitud del diseño de lente que contiene los grupos de lentes móviles. Alternativamente, el espacio que se habría usado para el movimiento axial de los grupos de lentes móviles puede usarse para incluir elementos ópticos adicionales o pliegues. Aunque una celda líquida no requiere espacio para el movimiento, puede ser parte de un grupo de lentes móvil.

Una celda líquida puede usarse para tanto hacer zoom como enfocar. En una realización, se usa un grupo de lentes móvil con un grupo de lentes que implementa la tecnología de celda líquida. No hay necesidad de una leva mecánica con un grupo de lentes móvil. Ni tener una leva permite movimientos adicionales.

Se usan uno o más grupos de lentes móviles con una o más celdas líquidas para lograr hacer el zoom y enfocar. Un único grupo de lentes móvil y una única celda líquida pueden realizar tanto el zoom, enfoque, como la compensación de efectos térmicos. En una implementación, un sistema de zoom tiene al menos un primer y segundo grupo de lentes. El primer grupo de lentes tiene potencia relativamente alta, y el segundo grupo de lentes tiene potencia relativamente baja, siendo la potencia de la lente equivalente a la inversa de la longitud focal de la lente. El primer grupo de lentes comprende lentes de vidrio convencional u otros sólidos y el segundo grupo de lentes comprende al menos una lente líquida.

Una celda líquida usa dos o más líquidos para formar una lente. La longitud focal de la lente se determina parcialmente por el ángulo de contacto entre los líquidos y la diferencia en el índice de refracción de los líquidos. El intervalo de variación de potencia está limitado por la diferencia en el índice de refracción de los líquidos empleados y el intervalo finito del radio de curvatura en la interfase superficial entre los líquidos debido a limitaciones de espacio. La publicación de solicitud de patente de EE.UU. N.º 2006/0126190 desvela una lente que emplea la deformación de una gota de líquido mediante electrohumectación. La patente de EE.UU. 6.936.809 desvela usar tecnología de electrohumectación para desplazar lateralmente una imagen formada en un plano de la imagen.

Los sistemas de lente líquida actualmente contemplados tendrán una diferencia en el índice de refracción de al menos aproximadamente 0,2, preferentemente al menos aproximadamente 0,3, y en algunas realizaciones al menos aproximadamente 0,4. El agua tiene un índice de refracción de aproximadamente 1,3, y añadir sal puede permitir variar el índice de refracción a aproximadamente 1,48. Aceites ópticos adecuados pueden tener un índice de refracción de al menos aproximadamente 1,5. Incluso utilizando líquidos con índices de refracción más altos, más bajos o más altos y más bajos, por ejemplo un aceite de índice de refracción más alto, el intervalo de variación de potencia sigue siendo limitado. Este intervalo limitado de variación de potencia normalmente proporciona menos cambio de aumento que el de un grupo de lentes móvil. Por tanto, en un sistema de lentes de zoom simple, para proporcionar zoom mientras que se mantiene una posición de plano de la imagen constante, la mayor parte del cambio de aumento puede proporcionarse por un grupo de lentes móvil y la mayor parte de la compensación del desenfoque en el plano de la imagen durante el cambio de aumento puede proporcionarse por una celda líquida. Sin embargo, debe observarse que pueden utilizarse más grupos de lentes móviles o más celdas líquidas, o ambos.

El grupo de lentes móvil pueden tener una potencia positiva o negativa. La celda líquida puede tener un intervalo de potencia variable donde la potencia es siempre positiva, siempre negativa o va de positiva a negativa, o viceversa.

La apropiada disposición del grupo de lentes móvil y la celda líquida proporciona una amplia relación de zoom superior a 2x y preferentemente superior a 3x mientras que ofrece buena calidad de la imagen a lo largo de todo el intervalo de zoom. La disposición, además del zoom, también pueden proporcionar enfoque a diferentes distancias del objeto en un amplio intervalo de enfoque que utiliza variación de potencia disponible adicional de la celda líquida, el grupo de lentes móvil, o ambos. Esta variación de potencia adicional proporcionada por la celda líquida o el grupo de lentes móvil o ambos para el enfoque está fácilmente disponible. Como un grupo de lentes móvil no requiere necesariamente una leva con un sitio fijo de movimiento, la posición del grupo de lentes de zoom móvil puede ajustarse para hacer zoom y enfocar. La obtención de imágenes de alto rendimiento se logra utilizando tanto el grupo de lentes de zoom móvil como la celda líquida hacer zoom y enfocar.

También es posible sustituir el grupo de lentes de zoom móvil con al menos una celda líquida. Esto aumentaría la complejidad del sistema óptico y puede hacer que el sistema óptico tenga otras desventajas, tales como cambio de aumento reducido.

La FIG. 1 también ilustra un módulo de control de lentes 104 que controla el movimiento y la operación de los grupos de lentes en la lente 102. El módulo de control 104 incluye circuitos electrónicos que controlan el radio de curvatura en la celda de lente líquida. Los circuitos electrónicos pueden también controlar la posición del grupo de lentes móvil. Pueden determinarse niveles de señal electrónica apropiados para diversas posiciones de enfoque y posiciones de zoom por adelantado y ponerse en una tabla de búsqueda. Alternativamente, circuitos análogos o una combinación de circuitos y una tabla de búsqueda pueden generar los niveles de señal apropiados. En una realización, se usa un polinomio para determinar los niveles de señal electrónica apropiados. Puntos a lo largo del polinomio podrían almacenarse en una tabla de búsqueda o el polinomio podría implementarse con los circuitos.

También pueden considerarse efectos térmicos en el control del radio de curvatura de la superficie entre los líquidos o la posición de grupos de lentes móviles o ambos. El polinomio o la tabla de búsqueda pueden incluir una variable adicional relacionada con los efectos térmicos.

El módulo de control 104 puede incluir controles prefijados para ajustes de zoom específicos o longitud focales. Estos ajustes pueden ser almacenados por el usuario o fabricante de la cámara.

La FIG. 1 ilustra además un módulo de captura de imágenes 106 que recibe una imagen óptica correspondiente a un objeto externo. La imagen se transmite a lo largo de un eje óptico a través de la lente 102 al módulo de captura de imágenes 106. El módulo de captura de imágenes 106 puede usar una variedad de formatos, tales como película (por ejemplo, rollo de película o película de imágenes fijas), o tecnología electrónica de detección de imágenes (por ejemplo, una matriz de CCD, dispositivo CMOS o circuito de captación de imágenes de vídeo). El eje óptico puede ser lineal, o puede incluir pliegues.

El módulo de almacenamiento de imágenes 108 mantiene la imagen capturada en, por ejemplo, memoria interna o en la película, cinta o disco. En una realización, el medio de almacenamiento es móvil (por ejemplo, memoria rápida, contenedor de película, cartucho o disco de cinta).

El módulo de transferencia de imágenes 110 proporciona transferencia de la imagen capturada a otros dispositivos. Por ejemplo, el módulo de transferencia de imágenes 110 puede usar una o una variedad de conexiones tales como un puerto USB, conexión multimedia IEEE 1394, puerto Ethernet, conexión inalámbrica Bluetooth, conexión inalámbrica IEEE 802.11, conexión de componente de vídeo o conexión S-Vídeo.

La cámara 100 puede implementarse en una variedad de formas, tales como una cámara de vídeo, una cámara de teléfono móvil, una cámara fotográfica digital o una cámara cinematográfica.

Una realización de una lente de zoom se describirá ahora a modo de un ejemplo de diseño. Refiriéndose primero a la FIG. 2, cada elemento de lente se identifica por la letra "E", seguido de un número de 1 a 20 y la configuración general de cada elemento de lente se representa, pero el radio real de cada superficie de lente se expone más adelante en la Tabla 1. La lente, objetivo, diafragma o iris y superficies de imagen se identifican por un número de 1 a 36. Los tres grupos de lentes se identifican en la FIG. 2 por la letra "G", seguido de un número de 1 a 3 y la celda de lente líquida se identifica por las letras "LC" y comprende superficies ópticas 19 a 23. El eje óptico se identifica en la FIG. 2 por un número 38.

Cada elemento de lente tiene su superficie opuesta identificada por un número de superficie separado, pero consecutivo, como, por ejemplo, el elemento de lente E1 tiene las superficies de lente 2 y 3, el elemento de lente E9 tiene las superficies de lente 17 y 18, etc., como se muestra en la FIG. 2. La localización del objeto del que va a obtenerse una imagen, particularmente como se refiere a la distancia de enfoque, se identifica por una línea vertical y el número 1 en el eje óptico 38 y la superficie de imagen real se identifica por el número 36. Todas las superficies

de lente son esféricas o planas, excepto las superficies de lente 4 y 8 que son superficies esféricas que no son esféricas, ni planas, sino rotacionalmente simétricas alrededor del eje óptico.

5 Antes de describir las características detalladas de los elementos de lente, se dará una amplia descripción de los grupos de lentes y sus posiciones axiales y movimiento, y, la celda de lente líquida y la variación en la forma de la superficie de líquidos de contacto para el sistema de lentes de zoom 60.

10 La potencia positiva o negativa de cada grupo de lentes se define como la inversa de la longitud focal. La potencia óptica resultante de cada grupo de lentes es del siguiente modo: el grupo de lentes de objetivo G1 es positivo, el grupo de lentes de zoom G2 es negativo y el grupo de lentes traseras G3 es positivo, desde un valor positivo más bajo a un valor positivo más alto a medida que la forma de la superficie en la celda líquida varía. La flecha horizontal con puntas de flecha en ambos extremos en la porción superior de la FIG. 2 indica que el grupo de lentes de zoom G2 es móvil en ambas direcciones axiales.

15 Aunque solo los elementos de lente se muestran físicamente en la FIG. 2, debe entenderse que se proporcionan dispositivos mecánicos y mecanismos para soportar los elementos de lente y para causar el movimiento axial del grupo de lentes de zoom móvil en un alojamiento de lentes o cilindro. Además, debe entenderse que los circuitos electrónicos cambian el perfil de la superficie óptica variablemente formada en la celda de lente líquida.

20 Los datos de construcción y fabricación de lentes para el sistema de lentes de zoom 60 anteriormente descrito se exponen más adelante en la Tabla 1. Los datos en la Tabla 1 se dan a una temperatura de 25 °C (77 °F) y presión atmosférica normal (760 mm Hg). En toda esta memoria descriptiva, las mediciones son en milímetros (mm) con la excepción de las longitudes de onda que son en nanómetros (nm). En la Tabla 1, la primera columna "Artículo" identifica cada elemento óptico y cada localización, es decir, plano del objeto, plano de la imagen, etc., con el mismo número o etiqueta que se usa en la FIG. 2. La segunda columna identifica el "Grupo" al que ese elemento óptico (lente) pertenece con los mismos números usados en la FIG. 2. La tercera columna "Superficie" es una lista de los números de superficie del objeto (línea "1" en la FIG. 2 y "Objeto" en la Tabla 1), el diafragma (iris) 13 y cada una de las superficies reales de las lentes, como se identifica en la FIG. 2. La cuarta columna "Posición de enfoque" identifica tres posiciones de enfoque típicas (F1, F2 y F3) para el sistema de lentes de zoom 60 en el que hay cambios en la distancia (separación) entre algunas de las superficies enumeradas en la tercera columna y hay cambios en el radio de curvatura de la superficie 21 enumerada en la tercera columna, como se describe más adelante más minuciosamente. La quinta columna "Separación" es la distancia axial entre esa superficie (tercera columna) y la siguiente superficie. Por ejemplo, la distancia entre la superficie S2 y la superficie S3 es 1,725 mm.

35 La sexta columna, encabezada por la leyenda "Radio de curvatura", es una lista del radio de curvatura de la superficie óptica para cada superficie, significando un signo menos (-) que el centro del radio de curvatura está a la izquierda de la superficie, como se observa en la FIG. 2 y significando "Infinito" una superficie ópticamente plana. Los asteriscos (\*) para las superficies 4 y 8 indican que éstas son superficies esféricas para las que el "radio de curvatura" es un radio base. El uso de superficies esféricas proporciona la corrección de aberraciones en la lente de zoom mientras que permite un tamaño general más pequeño y una configuración más simple. La fórmula y coeficientes para los perfiles de superficie de las superficies esféricas 4 y 8 están gobernados por la siguiente ecuación:

$$z = \frac{cy^2}{1 + [1 - (1 + \kappa)c^2 y^2]^{1/2}} + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10} + Ey^{12} + Fy^{14}$$

45 donde:

c = curvatura de la superficie (c=1/r donde r es el radio de curvatura)  
y = altura de la apertura radial de la superficie medida del eje X y Y, donde:

$$y = (X^2 + Y^2)^{1/2}$$

50  $\kappa$  = coeficiente cónico  
A, B, C, D, E, F = coeficientes de deformación de orden 4°, 6°, 8°, 10°, 12° y 14°, respectivamente,  
55 z = posición de un perfil superficial para un valor y dado o medido a lo largo del eje óptico desde el polo (es decir, vértice axial) de la superficie

Los coeficientes para la superficie 4 son:

60  $\kappa = -0,6372$   
A = +0,9038x10<sup>-6</sup>  
B = +0,2657x10<sup>-8</sup>  
C = -0,1105x10<sup>-10</sup>  
D = +0,4301x10<sup>-13</sup>

ES 2 631 909 T3

$E = -0,8236 \times 10^{-16}$   
 $F = +0,6368 \times 10^{-19}$

Los coeficientes para la superficie 8 son:

5  $\kappa = +0,0000$   
 $A = +0,5886 \times 10^{-4}$   
 $B = -0,5899 \times 10^{-6}$   
 $C = +0,8635 \times 10^{-8}$   
10  $D = -0,5189 \times 10^{-10}$   
 $E = -0,1186 \times 10^{-11}$   
 $F = +0,1631 \times 10^{-13}$

15 Las columnas siete a nueve de la Tabla 1 se refieren al "Material" entre esa superficie (tercera columna) y la siguiente superficie a la derecha en la FIG. 2, indicando la columna "Tipo" si hay una lente (vidrio) o espacio vacío (Aire) o lente líquida (Líquido) entre aquellas dos superficies. Las lentes de vidrio y líquidas se identifican por el vidrio óptico o líquido en la columna "Código". Por comodidad, todo el vidrio de la lente se ha seleccionado de vidrio disponible de Ohara Corporation y la columna "Nombre" enumera la identificación de Ohara para cada tipo de vidrio, pero debe entenderse que puede usarse cualquier vidrio equivalente, similar o adecuado. Por tanto, se ha  
20 seleccionado el líquido de lente de aceite de un líquido disponible de Cargille Laboratories, Inc., y el agua está comúnmente disponible de diversas fuentes, pero debe entenderse que puede usarse cualquier líquido equivalente, similar o adecuado. El líquido de agua en la superficie 20 tiene los siguientes índices de refracción 1,331152, 1,332987, 1,334468 y 1,337129 a longitudes de onda respectivas 656,27, 589,29, 546,07 y 486,13 nanómetros. El líquido de aceite en la superficie 21 tiene los siguientes índices de refracción 1,511501, 1,515000, 1,518002 y  
25 1,523796 a longitudes de onda respectivas 656,27, 589,29, 546,07 y 486,13 nanómetros.

La última columna de la Tabla 1 encabezada "Diámetro de apertura" proporciona el máximo diámetro para cada superficie a través del cual pasan los rayos de luz. Todos los máximos diámetros de apertura, excepto por la  
30 superficie de diafragma 13, se dan a una longitud de onda de 546,1 nanómetros para un diámetro de imagen máximo de aproximadamente 6 mm y números F de F/2,8 a F/4,0 en el plano de la imagen, para todas las posiciones de zoom y de enfoque. El diámetro de apertura máximo de la superficie de diafragma 13 se da en la Tabla 1 a una longitud de onda de 546,1 nanómetros y un número F de F/2,8 en el plano de la imagen para la posición de zoom Z1 y la posición de enfoque F1. En el plano de la imagen 36, el diámetro de apertura máximo se  
35 da como un valor aproximado.

TABLA 1

Prescripción óptica									
Artículo	Grupo	Superficie	Posición de enfoque	Separación	Radio de Curvatura (mm)	Tipo	Material Nombre	Código	Diámetro de apertura (mm)
Objeto		1	F1	Infinito	Infinito	Aire			
			F2	1016,2500					
			F3	378,7500					
E1	G1	2	Todas	1,7250	59,1716	Vidrio	SLAM66	801350	37,161
		3	Todas	0,0750	34,5954	Aire			35,567
E2	G1	4	Todas	6,7565	*33,0488	Vidrio	SFPL51	497816	35,618
		5	Todas	0,0750	2758,9929	Aire			35,182
E3	G1	6	Todas	5,8657	32,7151	Vidrio	SFPL53	439950	33,680
		7	F1	TABLA 2	-	Aire			33,034
					2981,4301				
			F2	TABLA 2					
			F3	TABLA 2					
E4	G2	8	Todas	0,7652	*461,6464	Vidrio	SLAH64	788474	14,273
		9	Todas	3,8333	8,3339	Aire			11,605
E5	G2	10	Todas	2,6582	-12,6370	Vidrio	SFPL53	439950	11,587
E6	G2	11	Todas	3,2165	18,1883	Vidrio	SLAM66	801350	12,383
		12	F1	TABLA 3	-55,4718	Aire			12,337
			F2	TABLA 3					
			F3	TABLA 3					
Diafragma / iris	G3	13	Todas	0,6371	Infinito				6,708
E7	G3	14	Todas	5,7168	-26,3844	Vidrio	SLAH65	804466	6,757
E8	G3	15	Todas	2,6250	9,3177	Vidrio	STIH53	847238	8,304
		16	Todas	0,8432	-16,3366	Aire			8,533
E9	G3	17	Todas	2,5647	-9,2859	Vidrio	SLAH58	883408	8,508

Artículo	Grupo	Superficie	Posición de enfoque	Prescripción óptica		Tipo	Material Nombre	Código	Diámetro de apertura (mm)
				Separación	Radio de Curvatura (mm)				
		18	Todas	2,2767	-11,1961	Aire			9,665
E10	G3	19	Todas	0,4500	Infinito	Vidrio	SBSL7	516641	10,151
E11	G3	20	Todas	1,5000	Infinito	Líquido	AGUA		10,201
E12	G3	21	F1	1,5000	TABLA 4	Líquido	ACEITE	T300 04091- AB	10,367
			F2		TABLA 4				
			F3		TABLA 4				
E13	G3	22	Todas	0,4500	Infinito	Vidrio	SBSL7	516641	10,584
		23	Todas	0,0750	Infinito	Aire			10,642
E14	G3	24	Todas	3,1583	120,2680	Vidrio	SLAH65	804466	10,680
E15	G3	25	Todas	0,6000	-7,2241	Vidrio	STIH10	728285	10,724
		26	Todas	0,0750	13,8153	Aire			10,634
E16	G3	27	Todas	3,0844	13,7118	Vidrio	SBSM10	623570	10,696
		28	Todas	0,3424	-11,1618	Aire			10,713
E17	G3	29	Todas	0,6000	-9,5071	Vidrio	STIH13	741278	10,652
		30	Todas	0,0750	68,8748	Aire			11,180
E18	G3	31	Todas	1,7063	18,2078	Vidrio	SLAL13	694532	11,589
		32	Todas	26,6908	-115,6915	Aire			11,592
E19	G3	33	Todas	3,1085	10,2784	Vidrio	SNPH1	808228	9,888
E20	G3	34	Todas	2,7193	-9,9003	Vidrio	SLAH58	883408	9,581
		35	Todas	2,6192	58,0014	Aire			7,805
Imagen		36	Todas	0.0000	Infinito	Aire			6,008

- 5 El sistema de lentes de zoom 60 está provisto de un diafragma óptico en la superficie 13 que controla el diámetro de la apertura a través de la que pueden pasar los rayos de luz en ese punto. El diafragma óptico es la localización en la que está situado un iris físico (o diafragma). El iris está situado antes del grupo de lentes trasero G3 y es axialmente estacionario con ese grupo de lentes. Obsérvese que en la FIG. 4A, los rayos del borde pasan a través del lado del eje de las marcas en tic de la superficie de diafragma óptico 13 de forma que el sistema de lentes de zoom no tiene viñeteado de haces de luz en ninguna posición de campo, posición de zoom y posición de enfoque. Sin embargo, obsérvese que el número F varía a través de las posiciones de zoom y de foco y el iris se abre o cierra por consiguiente. El diámetro del iris en las posiciones de zoom Z1-Z8 para la posición de enfoque F1 es 6,71, 6,39, 10 5,96, 5,53, 5,18, 4,84, 4,63 y 4,61. Esto muestra que el iris localizado en 13 debe aproximarse a medida que aumenta la longitud focal. En comparación con la posición de enfoque F1, el diámetro del iris en las posiciones de zoom Z1-Z8 para las posiciones de enfoque F2 y F3 cambia una pequeña cantidad inferior a 0,3 mm de diámetro para mantener los mismos números F en cuanto a la posición de enfoque F1.
- 15 Con referencia a la Tabla 1, para ilustrar el alcance y la versatilidad del diseño hay ocho posiciones de zoom Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7 y Z8 diferentes y tres posiciones de enfoque F1, F2 y F3 diferentes expuestas en los datos que, en efecto, proporcionan datos específicos para veinticuatro (8 x 3 = 24) combinaciones de posiciones diferentes para el grupo de lentes de zoom móvil G2 y la superficie óptica de forma variable 21.
- 20 Las longitudes focales del sistema de lentes de zoom 60 para las posiciones de zoom Z1-Z8 en la posición de enfoque F1, a una longitud de onda de 546,1 nanómetros son: 5,89, 7,50, 11,25, 15,00, 18,75, 30,00, 41,25 y 45,00 mm, respectivamente. Los números F correspondientes para las longitudes focales para las posiciones de datos Z1-Z8, a una longitud de onda de 546,1 nanómetros son: 2,80, 2,90, 3,05, 3,25, 3,45, 3,70, 3,95 y 4,00, respectivamente.
- 25 Para la posición de enfoque F1, se supone que el plano del objeto 1 está en el infinito, para F2 el plano del objeto 1 está a una distancia intermedia de aproximadamente 1016,25 mm, y para F3 el plano del objeto 1 está a una distancia próxima de aproximadamente 378,75 mm (es decir, 378,75 mm alejada del plano de la imagen). En cada una de estas tres posiciones de enfoque F1, F2 y F3, los grupos de lentes G1 y G3 siguen en la misma posición a través del intervalo completo de movimiento del grupo de lentes de zoom G2. Las Tablas 2 y 3 proporcionan los valores de separación de las superficies 7 y 12 y la Tabla 4 proporciona los radios de curvatura de la superficie 21 para las posiciones de zoom Z1-Z8 y F1-F3.
- 30

TABLA 2

Valores de separación para la superficie 7

Superficie	Foco	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
7	F1	0,0832	5,7132	13,7126	18,4633	21,6974	27,4007	30,5400	31,309
7	F2	0,0902	5,7486	13,6468	18,3289	21,5154	27,0776	30,0174	30,7361
7	F3	0,0750	5,6942	13,4674	18,1217	21,3355	26,7467	29,5798	30,2701

TABLA 3

Valores de separación para la superficie 12

Superficie	Foco	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
12	F1	31,5294	25,8992	17,8996	13,1486	9,9140	4,2101	1,0701	0,3000
12	F2	31,5178	25,8581	17,9590	13,2762	10,0892	4,5268	1,5870	0,8729
12	F3	31,5324	25,9120	18,1380	13,4831	10,2689	4,8577	2,0248	1,3384

5

TABLA 4

Radios de curvatura para la superficie 21

Superficie	Foco	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
21	F1	-33,9902	-40,9700	-60,9667	-84,8892	-106,7630	-101,7297	-58,3998	-48,6792
21	F2	-34,3890	-42,0587	-65,5384	-101,1799	-154,9184	-370,2777	-263,5374	-212,3139
21	F3	-35,0134	-43,6001	-72,6330	-133,7178	-351,2333	214,4454	125,5481	115,8049

Se entenderá que el enfoque continuo está disponible entre las posiciones de enfoque extremas F1 y F3, que el zoom continuo está disponible entre las posiciones de zoom extremas Z1 y Z8, y que cualquier combinación de zoom y enfoque continuo está disponible dentro de los intervalos de enfoque y zoom descritos con el sistema de lentes 60.

10

El sistema de lentes de zoom 60 mostrado en la FIG. 2 y prescrito en la Tabla 1 tiene longitudes focales para los grupos de lentes G1 y G2 de 54,30 y -12,25 mm, respectivamente. Por tanto, los grupo de lentes G3, debido a la forma variable de la superficie óptica 21 entre los líquidos, tiene una longitud focal variable que tiene un valor mínimo de +30,18 mm y un valor máximo de +38,97 mm en la posición de zoom Z1 y la posición de enfoque F1, y la posición de zoom Z8 y la posición de enfoque F3, respectivamente. La celda líquida LC del sistema de lentes de zoom 60 se muestra en las FIGS. 3A y 3B, demostrando los dos radios de curvatura extremos de la Tabla 1 de la superficie óptica de forma variable 21 entre los líquidos. En las FIG. 3A y 3B, los dos radios de curvatura de la superficie 21 son aproximadamente -33,99 y +115,80 mm, respectivamente. Las dos longitudes focales extremas de la celda líquida LC, en las FIG. 3A y 3B, son -185,20 y 630,97 mm, respectivamente. Esta diferencia ocurre en la posición de zoom Z1 y la posición de enfoque F1, y la posición de zoom Z8 y la posición de enfoque F3. En esta realización, el volumen de los dos líquidos entre las superficies 20, 21 y 21, 22 varía a medida que cambia la forma de la superficie variable. Sin embargo, también es posible mantener un volumen constante para cada líquido aplicando cambios pequeños, iguales pero opuestos, a la separación axial entre las superficies 20, 21 y 21, 22.

15

20

25

Con referencia ahora a las FIG. 4A, 4B y 4C, el sistema de lentes de zoom 60 se muestra con el grupo de lentes de zoom en diversas posiciones, la forma de la superficie variable en la celda líquida en diversas posiciones y con trazos de rayos de luz para aquellas posiciones. La FIG. 4A representa la posición de enfoque F1 y la posición de zoom Z1 para las que se exponen datos anteriormente en la Tabla 1 con foco infinito y una pequeña longitud focal de aproximadamente 5,9 mm. La FIG. 4B representa la posición de enfoque F2 y la posición de zoom Z3 de la Tabla 1 con un foco intermedio y una longitud focal de aproximadamente 11,3 mm. La FIG. 4C representa la posición de enfoque F3 y la posición de zoom Z8 de la Tabla 1 con foco próximo y una longitud focal de aproximadamente 44,8 mm.

30

35

Las FIG. 4A, 4B y 4C muestran tres localizaciones axiales del grupo de lentes de zoom G2 con tres formas de superficie correspondientes para la superficie óptica variable 21 para las posiciones de zoom y de enfoque respectivas; Z1, F1 y Z3, F2 y Z8, F3.

40

El rendimiento óptico del sistema de lentes de zoom 60 se da en las FIG. 5A, 5B y 5C, en las que se muestra los datos de la función de transferencia de modulación ("MTF") policromática basada en difracción (modulación frente a frecuencia espacial) en porcentaje (%) para cinco posiciones de campo diferentes en tres combinaciones diferentes de las posiciones de zoom y de enfoque expuestas en la Tabla 1, concretamente (Z1, F1), (Z3, F2) y (Z8, F3) que son ejemplos representativos. Las posiciones de campo se exponen en dos valores, tanto la altura de imagen normalizada (mm) como el ángulo espacial del objeto real (grado) del eje óptico. Los porcentajes de MTF son a las longitudes de onda y las ponderaciones expuestas en la esquina superior derecha de las FIG. 5A, 5B y 5C y se muestran gráficamente para las direcciones tangencial (T) y radial (R) de medición en el plano de la imagen 36. Obsérvese que los valores tangencial y radial son iguales a la posición de campo axial (EJE) y se representan con solo un gráfico. La frecuencia espacial máxima mostrada es 90 ciclos/mm que dado el diámetro de imagen de aproximadamente 6 mm y la elección del tamaño de píxeles del detector puede proporcionar imágenes de alta calidad de al menos hasta resolución de televisión de alta definición (HDTV), concretamente 1920 píxeles horizontalmente por 1080 píxeles verticalmente. La MTF a una frecuencia espacial es una medición relativamente estándar del rendimiento óptico, en la que el valor "90 ciclos/mm" significa 90 pares de líneas negras y blancas por

45

50

milímetro en un diagrama del que se determina la claridad. El valor de MTF más alto es aproximadamente el 89 % al campo radial completo para la posición de zoom Z1 y la posición de enfoque F2. El valor de MTF más bajo es aproximadamente el 58 % a campo tangencial completo para la posición de zoom Z8 y la posición de enfoque F3. La iluminación relativa mínima es aproximadamente del 75 % en la posición de zoom Z1 y la posición de enfoque F1.

5 En general, valores de iluminación relativa más alta son mejores, debido a que un número bajo significa que la luz está descendiendo en las esquinas de la imagen. Se prefiere iluminación relativa de campo completo alto para los detectores del estado de la técnica, que tienen una respuesta constante a luz en todas las áreas y reproducirán fielmente el sombreado de las esquinas de la imagen junto con cambios a la imagen durante el zoom. Iluminación inferior al 50 % puede producir sombreado en un detector electrónico, pero probablemente será aceptable para la película. La distorsión positiva más alta es +3,04% en la posición de zoom Z3 y la posición de enfoque F1 y la distorsión negativa más baja es -2,98 % en la posición de zoom Z1 y la posición de enfoque F3. El llamado problema de "respiración" de lentes en general (pero que puede ser más predominante en lentes de zoom) en el que la imagen cambia el tamaño de foco lejano a próximo está prácticamente ausente en el sistema de lentes de zoom 60 a la longitud focal corta del intervalo de zoom donde es el más perceptible debido a la gran profundidad de campo. La respiración más baja es del -0,2 % en la posición de zoom Z1 y la posición de enfoque F3 y la respiración más alta es del -19,5 % en la posición de zoom Z8 y la posición de enfoque F3. La respiración es el porcentaje de cambio en el ángulo de campo máximo desde el foco infinito hasta un foco seleccionado. Por consiguiente, a foco infinito (F1), la respiración es cero debido a que es el campo de referencia de la vista.

20 Todos los datos de rendimiento se dan a una temperatura de 25 °C (77 °F), presión atmosférica normal (760 mm Hg), y a las aperturas completas disponibles en el sistema de lentes de zoom 60. Sin embargo, el sistema de lentes de zoom 60 proporciona rendimiento sustancialmente constante, como por ejemplo los valores de MTF, en un intervalo de temperatura de 0 ° a 40 °C (32 ° a 104 °F) y, si una pequeña degradación en el rendimiento (MTF) es aceptable, el intervalo operable de temperatura puede extenderse a -10 ° a 50 °C (14 ° a 122 °F) o más. Para un cambio en la temperatura, el rendimiento óptimo puede lograrse por el ajuste axial adicional del grupo de lentes de zoom G2 o el cambio adicional de la forma de la superficie óptica de contacto 21 o una combinación de ambos juntos. Esto puede ocurrir en todas las posiciones de zoom y de enfoque. A temperaturas bajas de aproximadamente 0 °C (32 °F) o por debajo, para evitar la congelación (formación de un sólido), los líquidos pueden necesitar calentarse o sustituirse con líquidos dopados de un modo similar al anticongelante que se añade al agua en el radiador de un coche para operación a baja temperatura. Sin embargo, obsérvese que estos cambios de temperatura del material no deben preferentemente cambiar significativamente las características ópticas de los líquidos.

35 Aunque la realización descrita usando el sistema de lentes de zoom 60 es de las dimensiones apropiadas para su uso con un diámetro de 6 mm (el llamado sensor de chip de un tercio de pulgada), las dimensiones de este sistema de lentes de zoom pueden ser apropiadamente aumentadas o disminuidas de escala para su uso con diversos formatos de imagen de película y de detectores electrónicos.

40 Entre las muchas ventajas del sistema de lentes de zoom 60 está la de proporcionar zoom en un amplio intervalo de longitudes focales que utilizan solo un grupo de lentes de zoom que se mueven axialmente. El diseño del sistema de lentes de zoom 60 crea un sistema de lentes de alto rendimiento y mecánicamente menos complejo que los sistemas de lentes de zoom de alto rendimiento más convencionales que requieren al menos dos grupos de lentes de zoom que se mueven axialmente y mecánica correspondiente. El diseño de lentes único del sistema de lentes de zoom 60 proporciona enfoque en una gran región de la distancia de enfoque sin grupos de lentes móviles adicionales y mecánica correspondiente. El diseño desvelado del sistema de lentes de zoom 60 es a modo de ejemplo, y otros diseños entrarán dentro del alcance de la invención. Otras características y ventajas del sistema de lentes de zoom 60 aparecerán para aquellos expertos en la materia a partir de la descripción anterior y los dibujos adjuntos.

#### 50 Óptica líquida en un sistema de lentes que emplea estabilización de imagen

Las Figs. 6A y 6B muestran un diagrama óptico de un sistema de lentes que emplea líquidos para estabilizar una imagen. La Fig. 6A muestra el sistema de lentes en el plano YZ, donde las celdas de lente líquida 70 y 71 están fuera de eje, descentradas y ligeramente inclinadas a lo largo del eje Y. La Fig. 6B muestra el sistema de lentes en el plano XZ, donde las celdas de lente líquida 70 y 71 están centradas a lo largo del eje X. En este sistema de lentes simplificado, la luz pasa desde el espacio del objeto a través de un elemento de lente 72. En el otro lado del iris, la luz pasa a través de las celdas de lente líquida 70 y 71. El elemento de lente 73 converge la luz sobre el plano de la imagen 74.

60 El diagrama óptico en la FIG. 6A ilustra los efectos de inclinar, o girar, la lente en el plano YZ. Como se ilustra, el inclinar en el plano YZ hace que una imagen en el plano de la imagen 74 se desplace hacia arriba o abajo. Las celdas de lente líquida 70 y 71 están posicionadas de manera que puedan controlarse en tándem para compensar los efectos de inclinación de la lente en el plano YZ.

65 Las Fig. 7A y 7B muestran un diagrama óptico de un sistema de lentes 80 que emplea cuatro celdas de lente líquida para estabilizar una imagen. El sistema de lentes 80 puede usarse con una cámara 100. La Fig. 7A muestra el

5 sistema de lentes 80 en el plano YZ, y la Fig. 7B muestra el sistema de lentes 80 en el plano XZ. El sistema de lentes 80 comprende un primer grupo de lentes de objetivo estacionarias 81, un segundo grupo de lentes móviles 82, iris 83, un tercer grupo de lentes estacionarias 84, una primera celda de lente líquida 85, un cuarto grupo de lentes estacionarias 86, segunda a quinta celdas de lente líquida 87, 88, 89, 90 y un quinto grupo de lentes estacionarias 91. La imagen se forma en el plano de la imagen 92. Las celdas de lente líquida 87 y 88 están desplazadas en direcciones opuestas a lo largo del eje y, y las celdas de lente líquida 89 y 90 están desplazadas en direcciones opuestas a lo largo del eje x. Por consiguiente, el control de las formas de superficie variable de las celdas de lente líquida 87 y 88 proporciona estabilización en el plano de la imagen 92 de la imagen a lo largo del eje y, y control de las formas de superficie variable de las celdas de lente líquida 89 y 90 proporciona estabilización en el plano de la imagen 92 de la imagen a lo largo del eje x.

15 La configuración ilustrada en las Fig. 7A y 7B muestra las celdas de lente líquida como alineada a lo largo del eje z. Alternativamente, las celdas de lente líquida podrían estar inclinadas hacia el eje z, además de estar desplazadas a lo largo del eje x o eje y, o las celdas de lente líquida podrían estar inclinadas hacia el eje z sin estar desplazadas a lo largo del eje x y el eje y. El desplazamiento de las celdas de lente líquida a lo largo del eje x o eje y, o ambos, aumenta el diámetro físico de las celdas de lente en el sistema 80. El inclinar las celdas de lente líquida puede permitir la reducción o eliminación de los desplazamientos en las direcciones en x e y, que puede reducir el diámetro físico de las celdas de lente líquida, y puede permitir una mejor estabilización de imagen.

20 La potencia óptica y las longitudes focales de cada grupo de lentes que no contienen celdas de lente líquida en las Fig. 7A y 7B es del siguiente modo: el grupo de lentes de objetivo 81 es positivo y +54,700 mm, el grupo de lentes móviles 82 es negativo y -12,165 mm, el grupo de lentes 84 es positivo y +70,285 mm, el grupo de lentes 86 es positivo y +42,266 mm, y el grupo de lentes traseras 91 es positivo y +19,147 mm.

25 La TABLA 5 expone la configuración general de los elementos de lente ilustrados en las Figs. 7A y 7B. Los datos en la Tabla 5 se dan a una temperatura de 25 °C (77 °F) y presión atmosférica normal (760 mm Hg). El intervalo de longitud focal es aproximadamente 6 mm a 45mm. El intervalo del campo de vista es aproximadamente 56,7 ° a 7,7 ° (incluyendo distorsión en la posición de enfoque infinita F1). La relación de zoom es aproximadamente 7,5x (7,5:1). El tamaño de imagen es aproximadamente Ø6 mm usando un formato 16:9. El intervalo de enfoque es aproximadamente infinito (posición de enfoque F1) a 378,25 mm (posición de enfoque F3) como se mide de un objeto al vértice de la superficie de lente de potencia más próxima. El intervalo de banda de onda es aproximadamente 486 nm a 656 nm. El sistema de lentes 80 proporciona estabilización de imagen en el intervalo de aproximadamente ±1/4 de media altura de la imagen y ±1/8 de media anchura de la imagen desde al menos aproximadamente una longitud focal de 15 mm a 45 mm.

TABLA 5  
Prescripción óptica

Grupo	Artículo	Superficie	Posición de enfoque	Separación (mm)	Radio de curvatura (mm)	Material			
						Tipo	Nombre	Código	Diámetro de apertura/2 (mm)
		1	F1 F2 F3	Infinito 1016,2500 378,7500	Infinito	Aire			
81	E1	2	Todas	1,7250	59,1203	Vidrio	SLAM66	801350	20,488
81		3	Todas	0,0750	34,4944	Aire			19,360
81	E2	4	Todas	7,2445	*32,9559	Vidrio	SFPL51	497816	19,362
81		5	Todas	0,0750	-1679,0367	Aire			19,149
81	E3	6	Todas	5,8060	32,1676	Vidrio	SFPL53	439950	17,393
81		7	F1 F2 F3	TABLA 6 TABLA 6 TABLA 6	603,6202	Aire			17,043
82	E4	8	Todas	0,7652	*421,5729	Vidrio	SLAH64	788474	7,306
82		9	Todas	4,0063	8,3253	Aire			5,910
82	E5	10	Todas	2,6582	-12,7245	Vidrio	SFPL53	439950	5,900
82	E6	11	Todas	3,2165	18,4437	Vidrio	SLAM 66	801350	6,360
82		12	F1 F2 F3	TABLA 7 TABLA 7 TABLA 7	-56,6544	Aire			6,350
83	Iris/ diafragma	13	Todas	0,6371	Infinito	Aire			TABLA 8
84	E7	14		4,3421	-26,4053	Vidrio	SLAH65	804466	3,531

ES 2 631 909 T3

Grupo	Artículo	Superficie	Posición de enfoque	Separación (mm)	Radio de curvatura (mm)	Material			
						Tipo	Nombre	Código	Diámetro de apertura/2 (mm)
84	E8	15		2,7592	10,8849	Vidrio	STIH53	847238	4,471
84		16		1,9504	-19,6033	Aire			4,660
84	E9	17		3,4944	-10,0360	Vidrio	SLAH58	883408	4,759
84		18		2,2880	-12,3751	Aire			5,698
85	E10	19		0,4500	Infinito	Vidrio	SBSL7	516641	6,036
85	E11	20		1,5000	Infinito	Líquido	AGUA		6,064
85	E12	21	F1	1,5000	TABLA 9	Líquido	ACEITE	T300	6,131
			F2		TABLA 9			04091-	
			F3		TABLA 9			AB	
85	E13	22		0,4500	Infinito	Vidrio	SBSL7	516641	6,305
85		23		0,0750	Infinito	Aire			6,343
86	E14	24		5,5805	30,2458	Vidrio	SLAH65	804466	6,443
86	E15	25		0,5250	-12,3375	Vidrio	STIH10	728285	6,358
86		26		0,0864	12,5297	Aire			6,147
86	E16	27		3,0569	12,7154	Vidrio	SBSM10	623570	6,175
86		28		0,2334	-17,0356	Aire			6,170
86	E17	29		0,5250	-15,0264	Vidrio	STIH13	741278	6,148
86		30		0,0750	17,7536	Aire			6,261
86	E18	31		1,9042	17,3661	Vidrio	SLAL13	694532	6,310
86		32		0,0750	-48,1100	Aire			6,323
87	E19	33		0,6000	Infinito	Vidrio	SBSL7	516641	9,837
87	E20	34		1,2011	Infinito	Líquido	AGUA		9,823
87	E21	35	F1	3,1684	TABLA 10	Líquido	ACEITE	T300	9,777
			F2		TABLA 10			04091-	
			F3		TABLA 10			AB	
87	E22	36		0,6000	Infinito	Vidrio	SBSL7	516641	9,683
87		37		0,0750	Infinito	Aire			9,662
88	E23	38		0,6000	Infinito	Vidrio	SBSL7	516641	9,691
88	E24	39		1,2011	Infinito	Líquido	AGUA		9,676
88	E25	40	F1	3,1684	TABLA 11	Líquido	ACEITE	T300	9,644
			F2		TABLA 11			04091-	
			F3		TABLA 11			AB	
88	E26	41		0,6000	Infinito	Vidrio	SB SI /7	516641	9,570
88		42		0,0750	Infinito	Aire			9,549
89	E27	43		0,6000	Infinito	Vidrio	SBSL7	516641	10,051
89	E28	44		1,2011	Infinito	Líquido	AGUA		10,036
89	E29	45	F1	3,1684	TABLA 12	Líquido	ACEITE	T300	9,988
			F2		TABLA 12			04091-	
			F3		TABLA 12			AB	
89	E30	46		0,6000	Infinito	Vidrio	SBSL7	516641	9,893
89		47		0,0750	Infinito	Aire			9,869
90	E31	48		0,6000	Infinito	Vidrio	SBSL7	516641	9,901
90	E32	49		1,2011	Infinito	Líquido	AGUA		9,885
90	E33	50	F1	3,1684	TABLA 13	Líquido	ACEITE	T300	9,830
			F2		TABLA 13			04091-	
			F3		TABLA 13			AB	
90	E34	51		0,6000	Infinito	Vidrio	SBSL7	51664J	9,735
90		52		0,0750	Infinito	Aire			9,710
91	E35	53		3,6122	19,2354	Vidrio	SNPH1	808228	5,281
91	E36	54		5,6250	-12,3087	Vidrio	SLAH58	883408	4,996
91		55		3,1160	*-47,2988	Aire			4,142
92		56		0,0000	Infinito	Aire			2,995

Todas superficies en los grupos 87 y 88 están descentradas a lo largo del eje y -4,3915 mm y +4,3915 mm, respectivamente, y todas superficies en los grupos 89 y 90 están descentradas a lo largo del eje y -3,9888 mm y +3,9888 mm, respectivamente. Todas las otras superficies están alineadas en el eje óptico. Los asteriscos (\*) para las superficies 4, 7 y 53 indican que éstas son superficies esféricas. Los coeficientes para la superficie 4 son:

5

$\kappa = -0,5673$   
 $A = +0,9038 \times 10^{-6}$   
 $B = +0,2657 \times 10^{-8}$   
 $C = -0,1105 \times 10^{-10}$   
 $D = +0,4301 \times 10^{-13}$   
 $E = 0,82396 \times 10^{-16}$   
 $F = +0,6368 \times 10^{-19}$

Los coeficientes para la superficie 7 son:

$\kappa = +0,0000$   
 $A = +0,5886 \times 10^{-4}$   
 $B = 0,5899 \times 10^{-6}$   
 $C = +0,8635 \times 10^{-8}$   
 $D = -0,5189 \times 10^{-10}$   
 $E = -0,1186 \times 10^{-11}$   
 $F = 0,1631 \times 10^{-13}$

Los coeficientes para la superficie 53 son:

$\kappa = +0,0000$   
 $A = -0,5302 \times 10^{-4}$   
 $B = +0,8782 \times 10^{-6}$   
 $C = +0,7761 \times 10^{-7}$   
 $D = -0,1700 \times 10^{-8}$   
 $E = -0,1965 \times 10^{-9}$   
 $F = +0,6903 \times 10^{-11}$

Las longitudes focales del sistema de lentes 80 para las posiciones de zoom Z1-Z8 en la posición de enfoque F1 son 6,0003, 7,6131, 11,4304, 15,2474, 19,1105, 30,4619, 41,4244 y 44,9809. Los números F correspondientes para las posiciones de zoom Z1-Z8 son 2,80, 2,90, 3,05, 3,25, 3,45, 3,70, 3,95 y 4,00.

Para la posición de enfoque F1 se supone que el plano del objeto es infinito, para F2 el plano del objeto está a una distancia intermedia de aproximadamente 1016,25 mm, y para F3 el plano del objeto está a una distancia próxima de aproximadamente 378,75 mm (es decir, 378,75 mm lejos del plano de la imagen). Los grupos de lentes 81, 84, 86 y 91 siguen en la misma posición en todo el intervalo completo de movimiento del grupo de lentes de zoom 82.

Las FIG. 8A, 8B y 8C son diagramas ópticos del sistema de lentes 80 que muestran a modo de ejemplo posiciones de zoom y de enfoque. En la FIG. 8A, el sistema de lentes 80 está configurada para la posición de enfoque F1 (el plano del objeto está en el infinito) y la posición de zoom Z1 (número F es 2,80). En la FIG. 8B, el sistema de lentes 80 está configurado para la posición de enfoque F2 (el plano del objeto está en 1016,25 mm) y la posición de zoom Z3 (número F es 3,05). En la FIG. 8C, el sistema de lentes 80 está configurado para la posición de enfoque F3 (el plano del objeto está a 378,75 mm) y la posición de zoom Z8 (número F es 4,00).

La TABLA 6 proporciona los valores de separación para la última superficie de lente en el grupo de lentes 81 y la primera superficie de lente en el grupo de lentes 82 para las posiciones de enfoque F1-F3 y las posiciones de zoom Z1-Z8.

TABLA 6  
Valores de separación entre 81 y 82

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
F1	0,0832	5,7132	13,7126	18,4633	21,6974	27,4007	30,5400	31,3096
F2	0,0902	5,7486	13,6468	18,3289	21,5154	27,0776	30,0174	30,7361
F3	0,0750	5,6942	13,4674	18,1217	21,3355	26,7467	29,5798	30,2701

La TABLA 7 proporciona los valores de separación para la última superficie de lente en el grupo de lentes 82 y el iris 83 para las posiciones de enfoque F1-F3 y las posiciones de zoom Z1-Z8.

TABLA 7  
Valores de separación entre 82 y 83

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
F1	31,5294	25,8992	17,8996	13,1486	9,9140	4,2101	1,0701	0,3000
F2	31,5178	25,8581	17,9590	13,2762	10,0892	4,5268	1,5870	0,8729
F3	31,5324	25,9120	18,1380	13,4831	10,2689	4,8577	2,0248	1,3384

# ES 2 631 909 T3

La TABLA 8 proporciona el diámetro del iris para las posiciones de enfoque F1-F3 y las posiciones de zoom Z1-Z8 del sistema de lentes 80.

TABLA 8  
Diámetro de iris

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
F1	6,8689	6,5249	6,0962	5,6645	5,3219	4,9624	4,6915	4,6532
F2	6,8405	6,5175	6,0861	5,6557	5,2920	4,8816	4,5571	4,5206
F3	6,8181	6,5033	6,0661	5,6219	5,2403	4,7783	4,4132	4,3444

5 Las TABLAS 9-13 proporcionan los radios de curvatura para las celdas de lente líquida 85, 87, 88, 89 y 90 para las posiciones de enfoque F1-F3 y las posiciones de zoom Z1-Z8 del sistema de lentes 80.

TABLA 9  
Curvatura de la celda de lente líquida 85

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
F1	-33,9902	-40,9700	-60,9667	-84,8892	-106,7630	-101,7297	-58,3998	-48,6792
F2	-34,3890	-42,0587	-65,5384	-101,1799	-154,9184	-370,2777	-263,5374	-212,3139
F3	-35,0134	-43,6001	-72,6330	-133,7178	-351,2333	214,4454	125,5481	115,8049

TABLA 10  
Curvatura de la celda de lente líquida 87

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
F1	102,5591	118,4781	117,4984	114,8844	103,1855	99,1788	111,2567	118,9702
F2	116,0979	120,8199	118,4138	110,3387	105,4622	105,8294	116,9056	104,4870
F3	125,4857	126,5081	134,1777	117,6565	117,0787	126,2995	145,9466	152,4400

TABLA 11  
Curvatura de la celda de lente líquida 88

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
F1	93,9427	107,5303	107,7701	106,8706	97,5084	95,8461	104,8436	108,5809
F2	102,4836	107,8382	106,2717	100,5026	97,6282	101,0075	111,6798	104,0436
F3	111,5822	110,9116	94,5008	101,6873	102,7035	119,1600	146,3138	155,5935

TABLA 12  
Curvatura de la celda de lente líquida 88

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
F1	113,3675	92,6206	99,3336	104,1798	122,1950	118,7964	88,3338	79,6583
F2	94,2380	92,5926	101,7948	117,8766	130,3253	125,2099	101,0682	112,6550
F3	85,9634	91,2575	109,5104	120,2033	127,2392	108,9338	88,7114	84,6877

TABLA 13  
Curvatura de la celda de lente líquida 90

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
F1	92,0520	81,7616	88,9468	96,1130	117,8374	119,5041	86,4587	76,4900
F2	81,8570	81,1371	90,3718	106,1190	118,5283	118,2341	94,7431	108,6137
F3	75,0422	77,4766	87,3137	98,8610	104,4282	100,8203	87,2180	83,8997

20 Los valores proporcionados en las Tablas 9-13 son para condiciones cuando la imagen es estable, y no se necesita corrección para inestabilidad. Cuando se detecta inestabilidad, los radios de curvatura para las celdas de lente líquida se ajustan para compensar. La Tabla 14 proporciona los radios de curvatura para las celdas de lente líquida 85, 87, 88, 89 y 90 en las posiciones de enfoque F2 y la posición de zoom Z8 del sistema de lentes 80 para desplazamientos a modo de ejemplo en la dirección x de -0,5000 grados y 0,5000 grados y en la dirección y de 0,4500 grados y -0,4500 grados.

TABLA 14  
Estabilización de celdas de lente líquida en la posición de zoom 8 y la posición de enfoque 2

Desplazamiento y (grados)	Desplazamiento x (grados)	Curvatura 85	Curvatura 87	Curvatura 88	Curvatura 89	Curvatura 90
+0,5000	0,0000	-212,3139	58,4594	-275,2157	88,1999	78,5201
-0,5000	0,0000	-212,3139	-3112,4429	45,3929	109,7978	121,1403
0,0000	+0,4500	-212,3139	128,0860	193,7925	40,6736	-1791,4629
0,0000	-0,4500	-212,3139	84,8003	101,7532	-191,6639	43,2782

Las FIG. 9A, 9B, 9C y 9D son diagramas ópticos del sistema de lentes 80 configurado como se muestra en la Tabla 14. La FIG. 9A ilustra la estabilización de imagen para un desplazamiento en la dirección y de +0,5000 grados. La FIG. 9B ilustra la estabilización de imagen para un desplazamiento en la dirección y de -0,5000 grados. FIG. 9C ilustra la estabilización de imagen para un desplazamiento en la dirección x de +0,4500 grados. La FIG. 9D ilustra estabilización de imagen para un desplazamiento en la dirección x de -0,4500 grados.

La TABLA 15 proporciona los radios de curvatura para celdas de lente líquida 85, 87, 88, 89 y 90 en las posiciones de enfoque F1 y la posición de zoom Z4 del sistema de lentes 80 para desplazamientos a modo de ejemplo en la dirección x de +1,5000 grados y -1,5000 grados y en la dirección y de +1,2200 grados y -1,2200 grados.

TABLA 15

Estabilización de celdas de lente líquida en la posición de zoom 4 y la posición de enfoque 1						
Desplazamiento y (grados)	Desplazamiento x (grados)	Curvatura 85	Curvatura 87	Curvatura 88	Curvatura 89	Curvatura 90
+1,5000	0,0000	-84,8892	51,5591	-271,8934	143,7170	72,8023
-1,5000	0,0000	-84,8892	-762,4547	42,5943	103,3767	143,1168
0,0000	+ 1,2200	-84,8892	140,6245	113,4484	43,9052	-341,3372
0,0000	-1,2200	-84,8892	86,3979	81,3499	-145,4669	46,5625

Las FIGS. 10A, 10B, 10C y 10D son diagramas ópticos del sistema de lentes 80 configurado como se muestra en la Tabla 15. La FIG. 10A ilustra la estabilización de imagen para un desplazamiento en la dirección y de -1,5000 grados. La FIG. 10B ilustra la estabilización de imagen para un desplazamiento en la dirección y de +1,5000 grados. La FIG. 10C ilustra la estabilización de imagen para un desplazamiento en la dirección x de +1,2200 grados. La FIG. 10D ilustra la estabilización de imagen para un desplazamiento en la dirección x de -1,2200 grados.

La potencia óptica e intervalos de longitud focal de los datos de la celda de lente líquida dados en las Tablas 5-15 es del siguiente modo: la primera celda 85 es negativa a positiva y -185,198 mm a +630,972 mm, la segunda celda 87 es positiva a negativa y +280,924 mm a -4154,291 mm, la tercera celda 88 es positiva a negativa y +232,078 mm a -1481,432 mm, la cuarta celda 89 es positiva a negativa y +221,613 mm a -792,587 mm y la quinta celda 90 es positiva a negativa y +235,804 mm a -1859,801 mm.

El rendimiento óptico del sistema de lentes 80 se da en las FIGS. 11A-11C, 12A-12D y 13A-13D. Las FIG. 11A-11C se corresponden con la configuración óptica ilustrada en las FIG. 8A-8C. Las FIG. 12A-12D se corresponden con la configuración óptica ilustrada en las FIG. 9A-9D. Las FIG. 13A-13D se corresponden con la configuración óptica ilustrada en las FIG. 10A-10D.

Se muestran los datos de la función de transferencia de modulación ("MTF") policromática basada en difracción (modulación frente a frecuencia espacial) en porcentaje (%) para cinco posiciones de campo diferentes en tres combinaciones diferentes de las posiciones de zoom y de enfoque expuestas en la Tabla 5, concretamente (Z1, F1), (Z3, F2) y (Z8, F3) que son ejemplos representativos. Las cinco posiciones de campo (eje y cuatro esquinas) se exponen como ángulos de campo x-y en grados. Los porcentajes de MTF son a las longitudes de onda y ponderaciones expuestas en la esquina superior derecha de las FIG. 11A-11C, 12A-12D y 13A-13D y se muestran gráficamente para las direcciones de medición x e y en el plano de la imagen 92.

El sistema de lentes 80 tiene características de distorsión similares a las dadas para el sistema de lentes 60 con una distorsión de campo completo ligeramente elevada que es ligeramente asimétrica debido a las celdas de lente líquida descentradas. El sistema de lentes 80 está sustancialmente no viñeteado y la iluminación relativa correspondiente es muy alta y similar a la dada para el sistema de lentes 60. El sistema de lentes 80 tiene una característica de respiración sustancialmente similar a la dada para el sistema de lentes 60.

La máxima frecuencia espacial mostrada es 60 ciclos/mm que dado el diámetro de imagen de aproximadamente 6 mm y la elección del tamaño de píxeles de detector puede proporcionar imágenes de alta calidad al menos hasta resolución de televisión aproximadamente estándar (SDTV), concretamente 720 píxeles horizontalmente por 480 píxeles verticalmente. A la longitud focal larga, la posición de enfoque (Z8, F3) próxima, que es normalmente menos importante en la práctica que las posiciones de distancia lejana e intermedia, F1 y F2, el rendimiento óptico (MTF) se reduce aproximadamente el 55 % en la FIG. 11C. Sin embargo, a distancias más largas y operando estabilización, el rendimiento óptico (MTF) se mantiene por encima de aproximadamente el 60 %. El grupo de lentes móvil 82 puede moverse axialmente durante la estabilización, y los radios variables de curvatura de las celdas de lente líquida pueden cambiar independientemente durante la estabilización, permitiendo la realización de rendimiento óptico hasta o superando 90 ciclos/mm que es aproximadamente equivalente a resolución de HDTV.

Las FIG. 12A-12D se corresponden con la configuración óptica ilustrada en las FIG. 9A-9D.

Las FIG. 13A-13D se corresponden con la configuración óptica ilustrada en las FIG. 10A-10D.

La realización ilustrada en las FIGS. 7-10 utiliza una celda de lente líquida 85 para el enfoque, zoom y compensación térmica; las celdas de lente líquida 87 y 88 principalmente para la estabilización de la radiación entrante se desviaron en la dirección y; y las celdas de lente líquida 89 y 90 principalmente para la estabilización de la radiación entrante se desviaron en la dirección x. El grupo de lentes móvil 82 proporciona principalmente zoom.

En otra realización, la celda de lente líquida 85 puede eliminarse del sistema, y las celdas de lente líquida 87, 88, 89 y 90 restantes podrían proporcionar zoom, enfoque y estabilización. La celda de lente líquida 85 también podría sustituirse con elementos de lente no líquida. Además, puede permitirse que el grupo de lentes móvil 82 se mueva axialmente durante la estabilización, todos de los radios de curvatura variables de la celda de lente líquida pueden cambiar durante la estabilización o ambos. Esto puede mejorar el rendimiento óptico del sistema de lentes 80, especialmente en la esquina del campo de vista durante la estabilización.

En lugar de usar dos pares de celdas de lente líquida, el sistema de lentes 80 podría emplear un par de celdas de lente líquida para proporcionar estabilización en una única dirección. Por ejemplo, puede desearse reducir la inestabilidad vertical, mientras que la inestabilidad en la dirección horizontal puede tolerarse mejor.

El tamaño de desplazamiento de una celda de lente líquida desde el eje óptico determina, de algún modo, la cantidad de estabilización que puede proporcionarse por esa celda de lente líquida. Sin embargo, el diámetro de apertura eficaz disminuye a medida que una celda de lente líquida se aleja del eje óptico. En una realización, un primer par de celdas de lente líquida se desplaza del eje óptico una cantidad que es diferente del desplazamiento para un segundo par de celdas de lente líquida. Un primer par de celdas de lente líquida podría proporcionar mayor estabilización en la dirección vertical debido a un elevado desplazamiento, mientras que un segundo par de celdas de lente líquida proporciona menos estabilización pero una apertura mayor en la dirección horizontal debido a una disminución del desplazamiento del eje óptico.

Pueden usarse diversos tipos de sensores para detectar el movimiento del sistema de lente. Por ejemplo, pueden usarse sensores de velocidad angular, giro sensores piezoeléctricos, sensores de aceleración, o sensores de detección óptica para detectar el movimiento. La patente de EE.UU. N.º 6.992.700 desvela ejemplos de sistemas para detectar el movimiento.

Los sensores de movimiento proporcionan información a un controlador que determina radios de curvatura apropiados para las celdas de lente líquida 85, 87, 88, 89 y 90. El controlador también determina la posición apropiada para el grupo de lentes 82. La publicación de solicitud de patente de EE.UU. 2006/0045504 desvela el control de un sistema de lentes. La patente de EE.UU. 6.987.529 desvela otro ejemplo para controlar un sistema de lentes.

Pueden determinarse por adelantado niveles de señal electrónica apropiados para controlar los radios de la celda de lente líquida y ponerse en una tabla de búsqueda. Alternativamente, circuitos análogos o una combinación de circuitos y una tabla de búsqueda pueden generar los niveles de señal apropiados. En una realización, se usa un polinomio para determinar los niveles de señal electrónica apropiados. Puntos a lo largo del polinomio podrían almacenarse en una tabla de búsqueda o el polinomio podría implementarse con circuitos.

Aunque las figuras ilustran la estabilización de imagen para una lente de zoom, la estabilización de imagen también es aplicable a cualquier dispositivo de control de radiación óptica, tal como una lente de enfoque fijo, una lente de zoom, una lente anamórfica, un sistema de relé óptico, y similares.

Las celdas de lente líquida también pueden usarse en combinación con otros elementos ópticos para lograr la estabilización. Por ejemplo, una celda de lente líquida puede emparejarse con un prisma para mejorar el rendimiento de estabilización. El movimiento de elementos de lente puede producir un desplazamiento en la localización de imágenes en un sensor, una inclinación de la imagen en el sensor, o un desplazamiento en el descentrado. Podría usarse una celda de lente líquida para compensar la inclinación de la imagen en el sensor, y otros elementos de lente podrían compensar el desplazamiento en el descentrado o tanto la inclinación como el descentrado. Un sensor podría tener píxeles adicionales, y podrían usarse un algoritmo de detección del movimiento, acelerómetros, o giróscopos para determinar la localización de imágenes en los píxeles y así compensar el desplazamiento de la imagen.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de estabilización de imagen, que comprende:

5 una pluralidad de elementos de lente (72) alineados en un eje óptico común;  
 una primera celda de lente líquida (70) que tiene un eje óptico que está desplazado del eje óptico común en  
 una primera dirección, comprendiendo la primera celda de lente líquida un primer y un segundo líquido de  
 contacto, en el que una superficie óptica de contacto entre los líquidos de contacto tiene una forma variable que  
 10 es sustancialmente simétrica a su propio eje óptico y es asimétrica al eje óptico común; quedando el eje óptico  
 de la primera celda de lente líquida sustancialmente estático en respuesta a cambios en la forma variable de la  
 superficie de contacto; y  
 una segunda celda de lente líquida (71) que tiene un eje óptico que está desplazado del eje óptico común en  
 una segunda dirección opuesta a la primera dirección;  
 15 en el que la pluralidad de elementos de lente (72), la primera celda de lente líquida (70) y la segunda celda de  
 lente líquida (71) están configurados para recoger radiación que emana de un espacio lateral del objeto y  
 proporcionar al menos estabilización parcial de la radiación suministrada a un espacio lateral de la imagen.

20 2. El sistema de estabilización de imagen de la reivindicación 1, en el que la estabilización es a lo largo de una  
 dirección lineal.

3. El sistema de estabilización de imagen de la reivindicación 1, en el que la radiación suministrada al espacio lateral  
 de la imagen se estabiliza sustancialmente en la dirección vertical.

25 4. El sistema de estabilización de imagen de la reivindicación 1, en el que el eje óptico común de la pluralidad de  
 elementos de lente (72) no está alineado con el eje óptico de la primera celda de lente líquida (70).

5. El sistema de estabilización de imagen de la reivindicación 1, en el que la forma de la superficie óptica de contacto  
 está electrónicamente controlada para proporcionar estabilización de la radiación suministrada al espacio lateral de  
 la imagen.

30 6. El sistema de estabilización de imagen de la reivindicación 1, que comprende además un acelerómetro para  
 detectar el movimiento de al menos uno de la pluralidad de elementos de lente (72).

35 7. El sistema de estabilización de imagen de la reivindicación 6, en el que el movimiento detectado del acelerómetro  
 se usa para controlar la forma variable de los líquidos de contacto.

8. El sistema de estabilización de imagen de la reivindicación 1, que comprende además un giróscopo láser para  
 detectar movimiento de al menos uno de la pluralidad de elementos de lente.

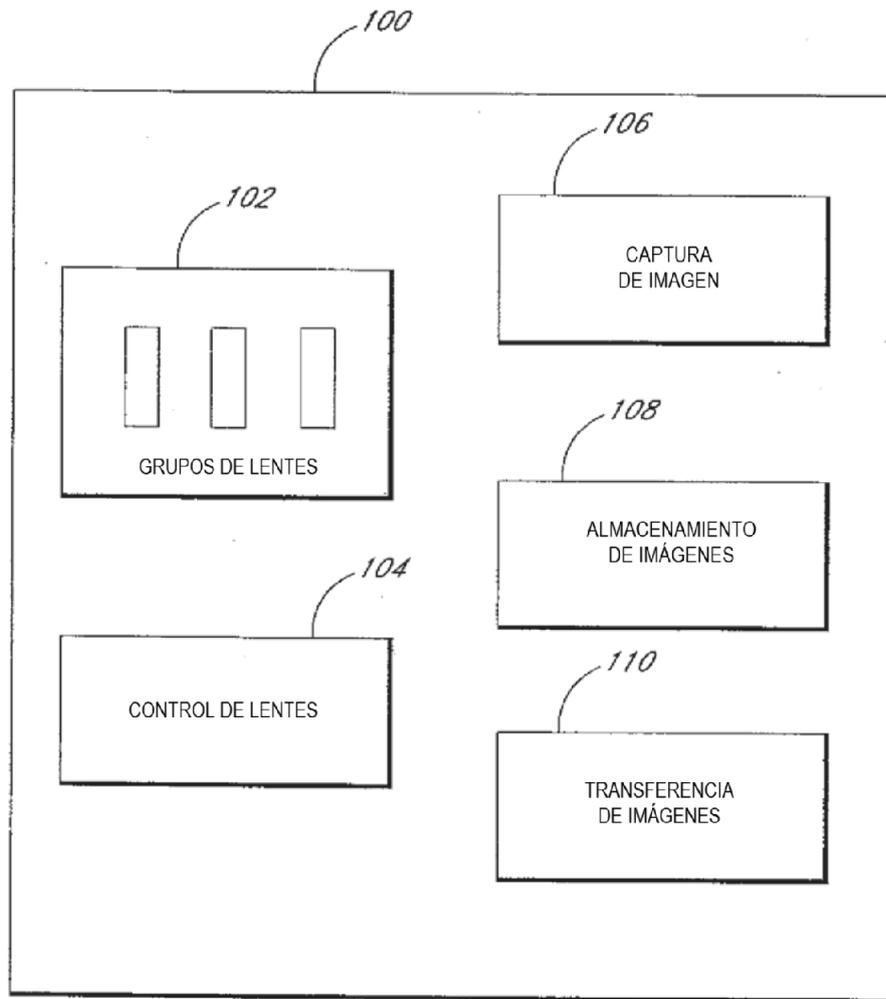
40 9. El sistema de estabilización de imagen de la reivindicación 1, en el que la forma de la superficie óptica de contacto  
 es variable a una frecuencia superior a 5 Hz.

45 10. El sistema de estabilización de imagen de la reivindicación 1, que comprende además un mecanismo de  
 detección de tipo movimiento, de forma que no se estabilice el movimiento panorámico.

11. El sistema de estabilización de imagen de la reivindicación 1, en el que no se estabiliza el movimiento que tiene  
 una frecuencia inferior a 2 Hz.

50 12. El sistema de estabilización de imagen de la reivindicación 1, en el que el eje óptico de la primera celda de lente  
 líquida (70) es paralelo al eje óptico común.

13. El sistema de estabilización de imagen de la reivindicación 1, en el que el eje óptico de la primera celda de lente  
 líquida (70) está a un ángulo con respecto al eje óptico común.



CÁMARA

**FIG. 1**

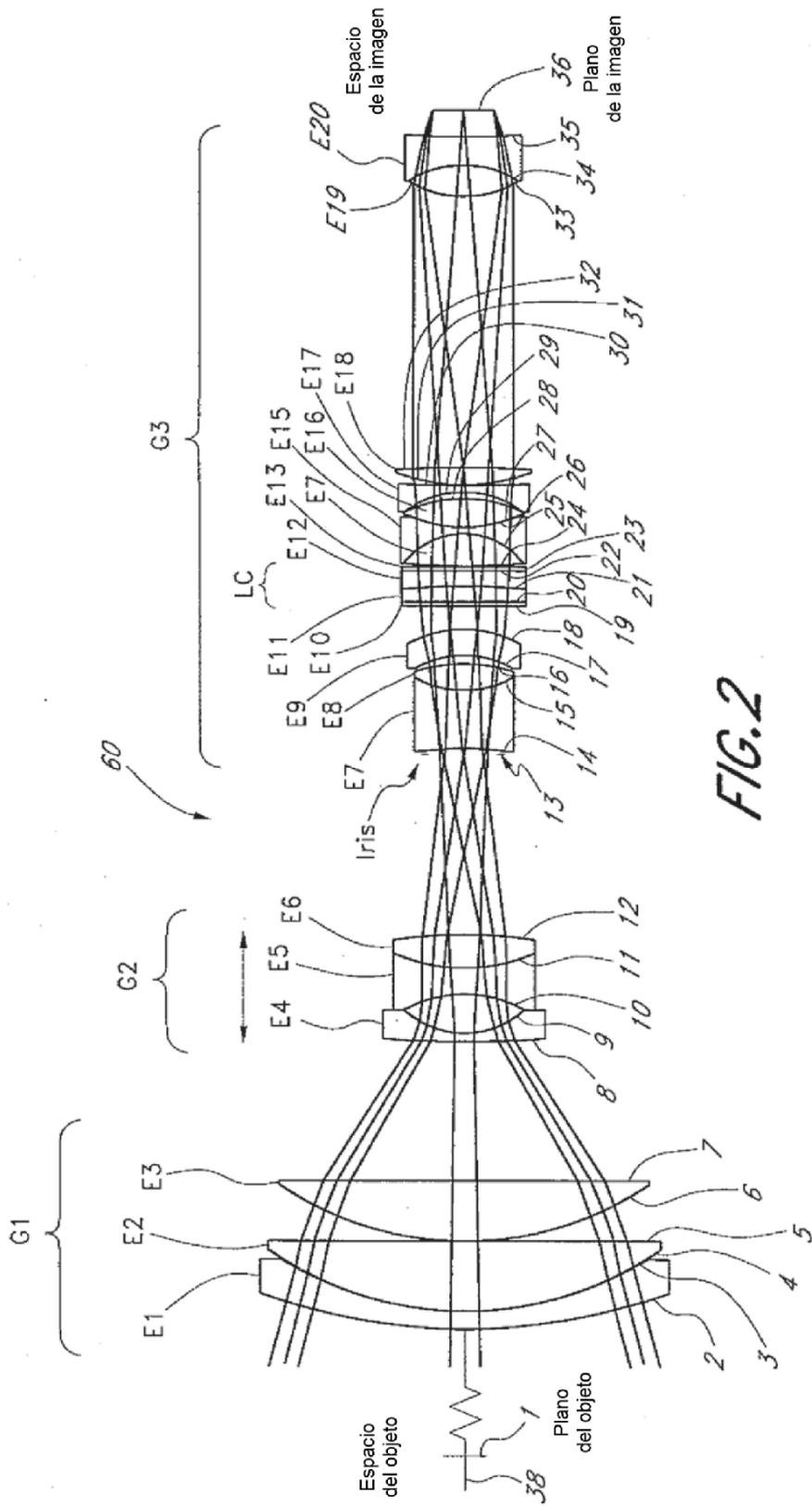


FIG.2

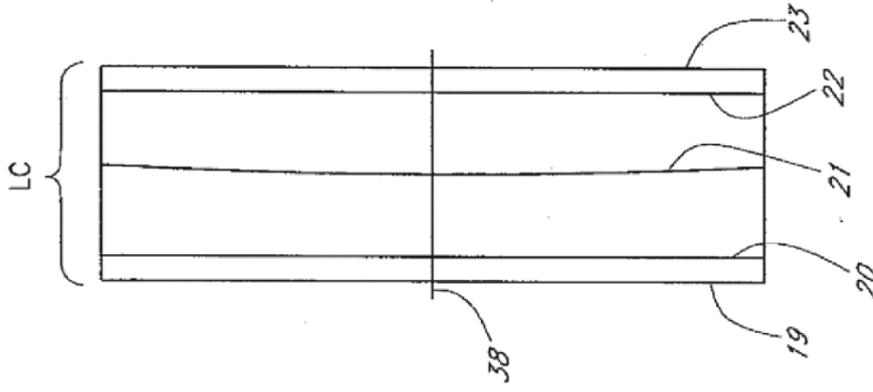


FIG. 3A

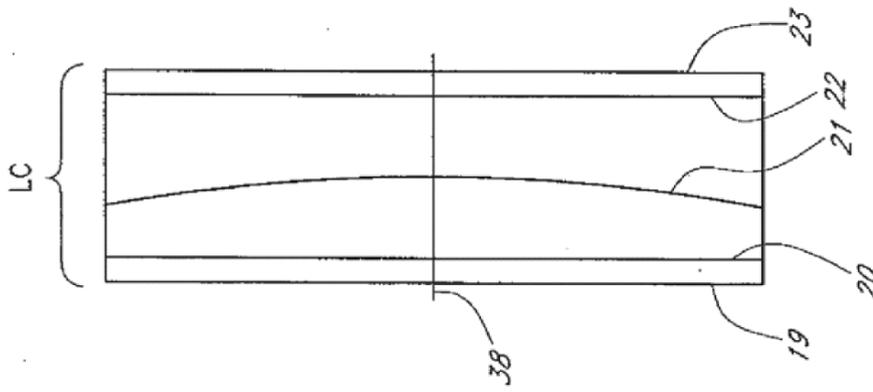
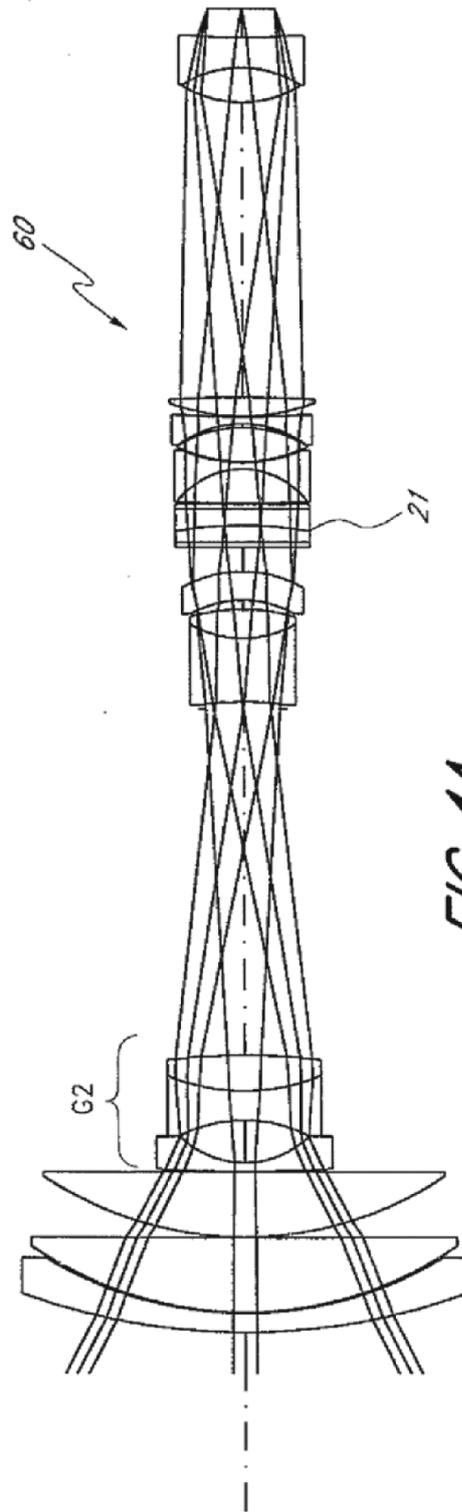
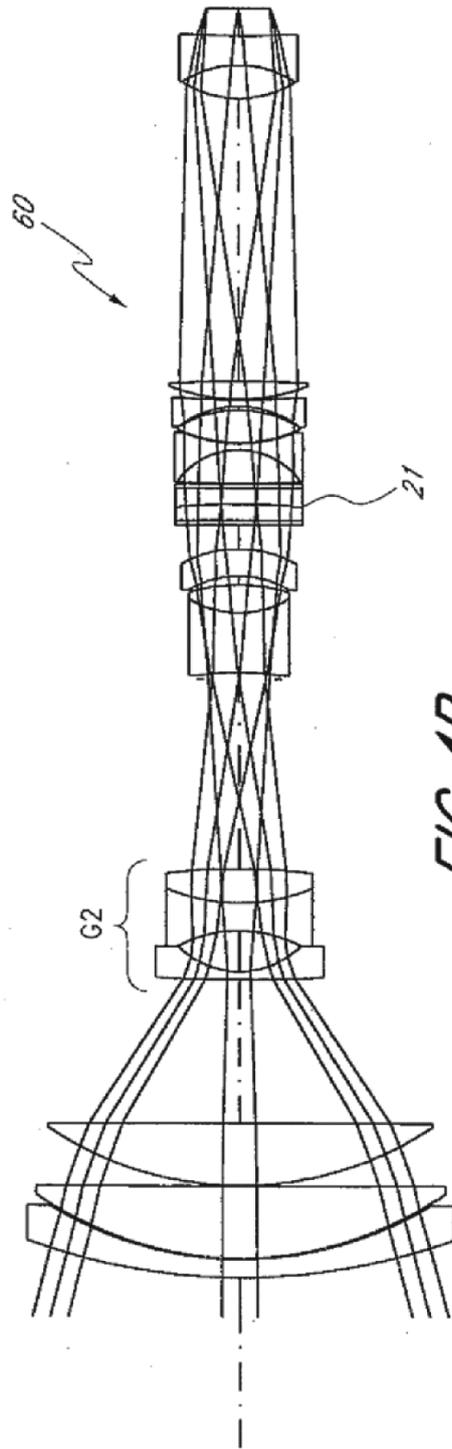
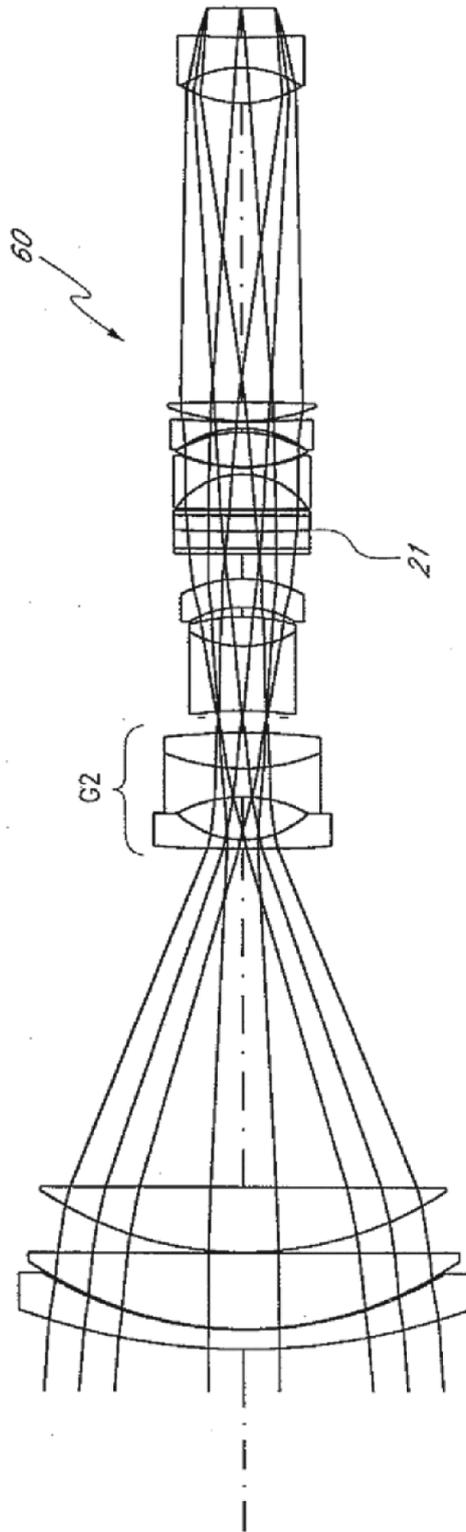


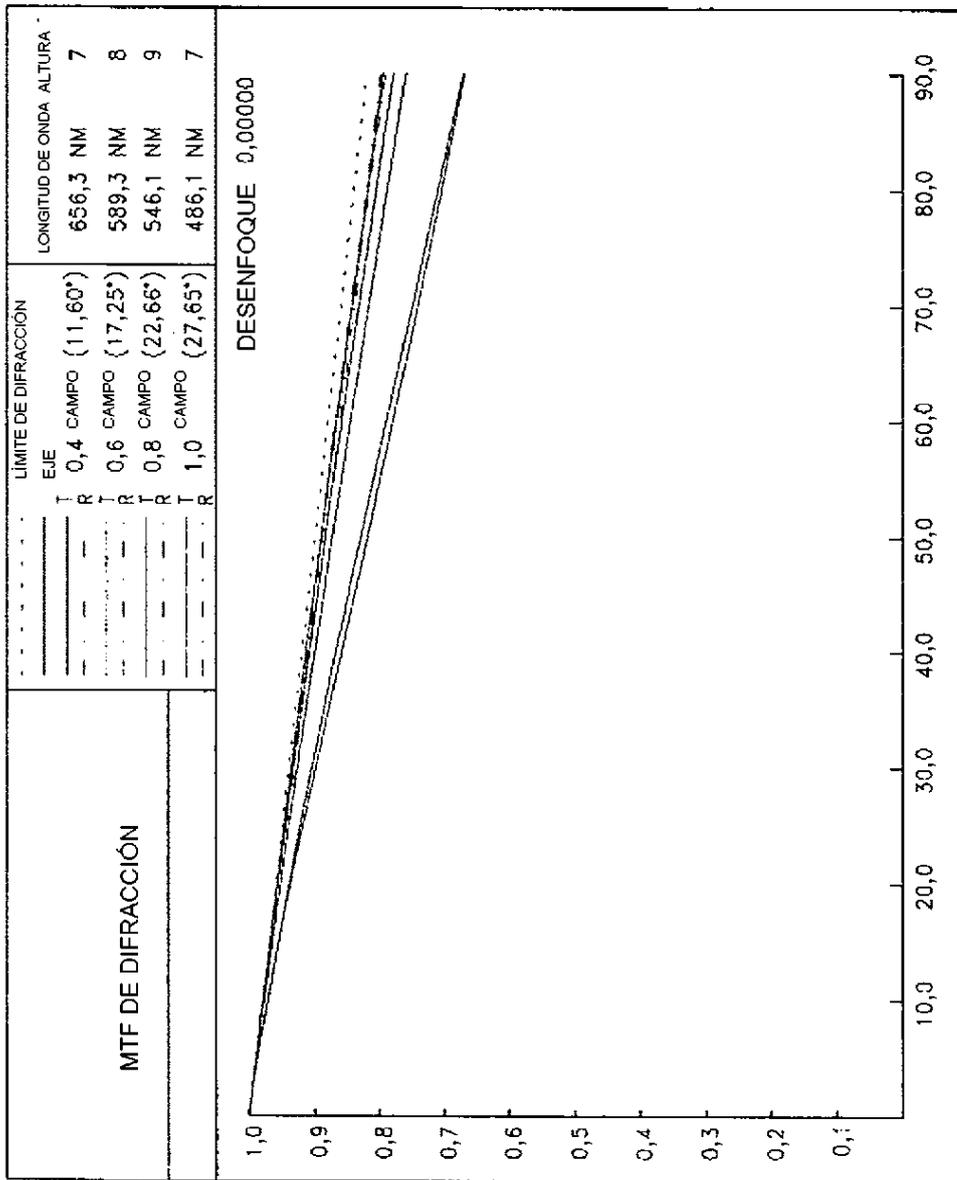
FIG. 3B







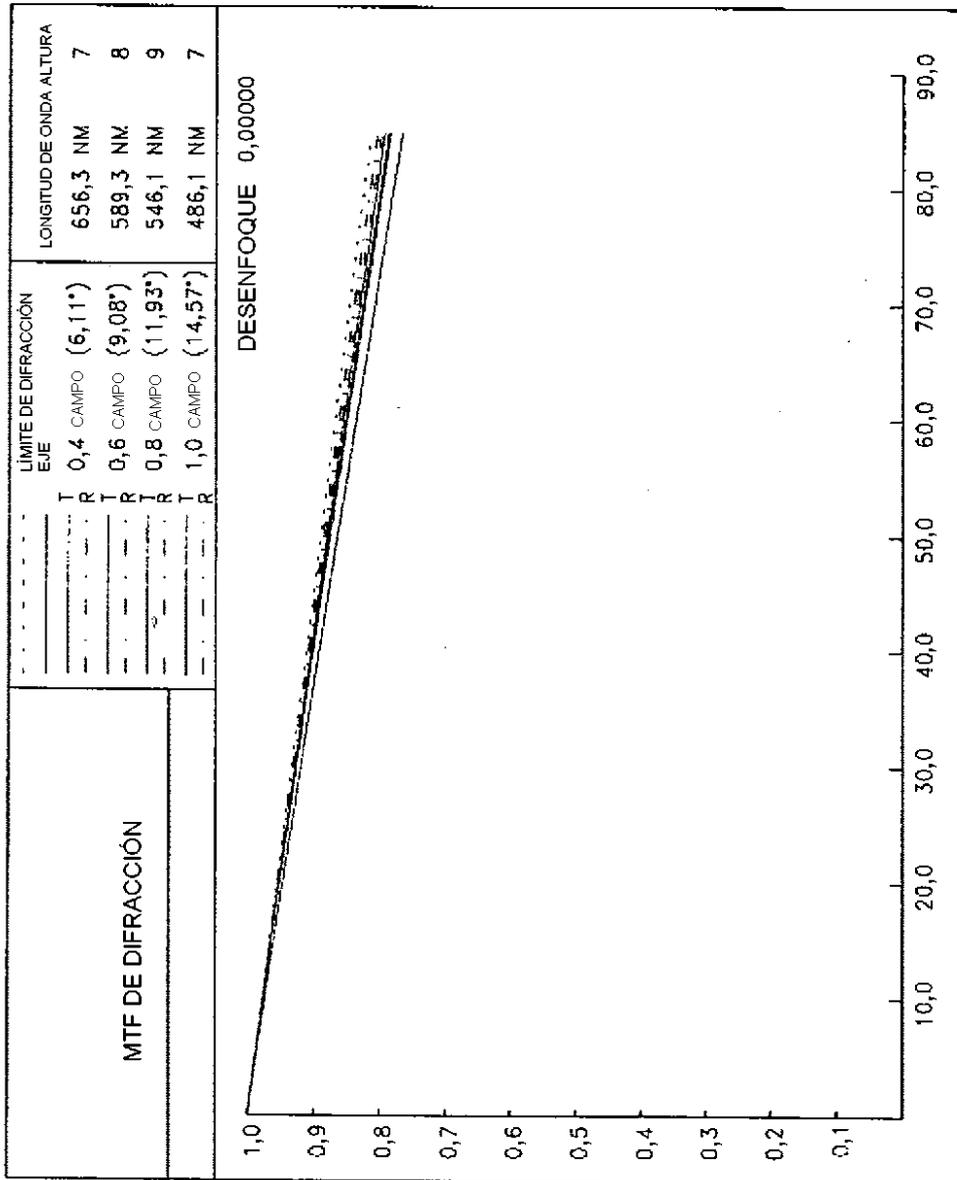
*FIG. 4C*



FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS/MM)

FIG. 5A

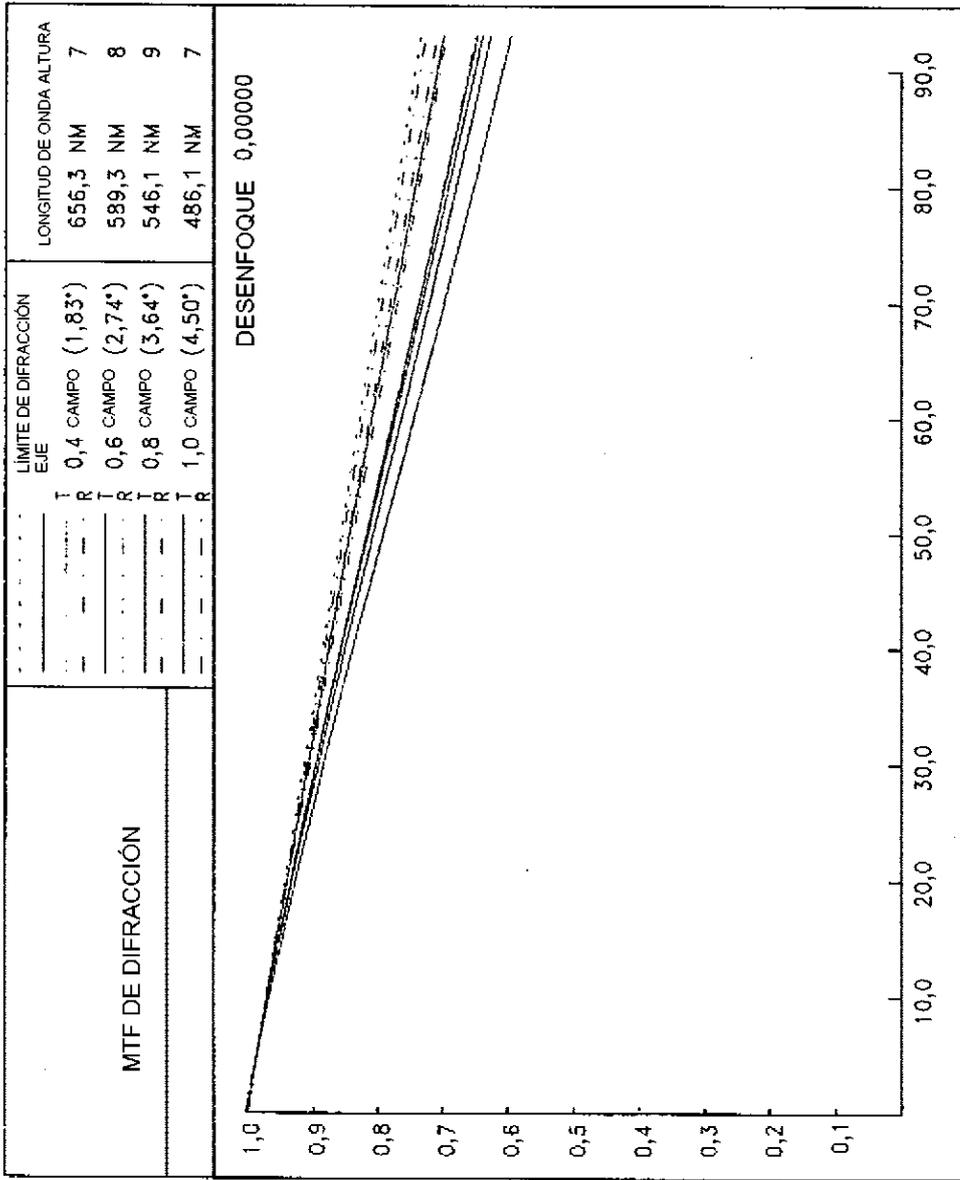
MODULACIÓN



FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS/MM)

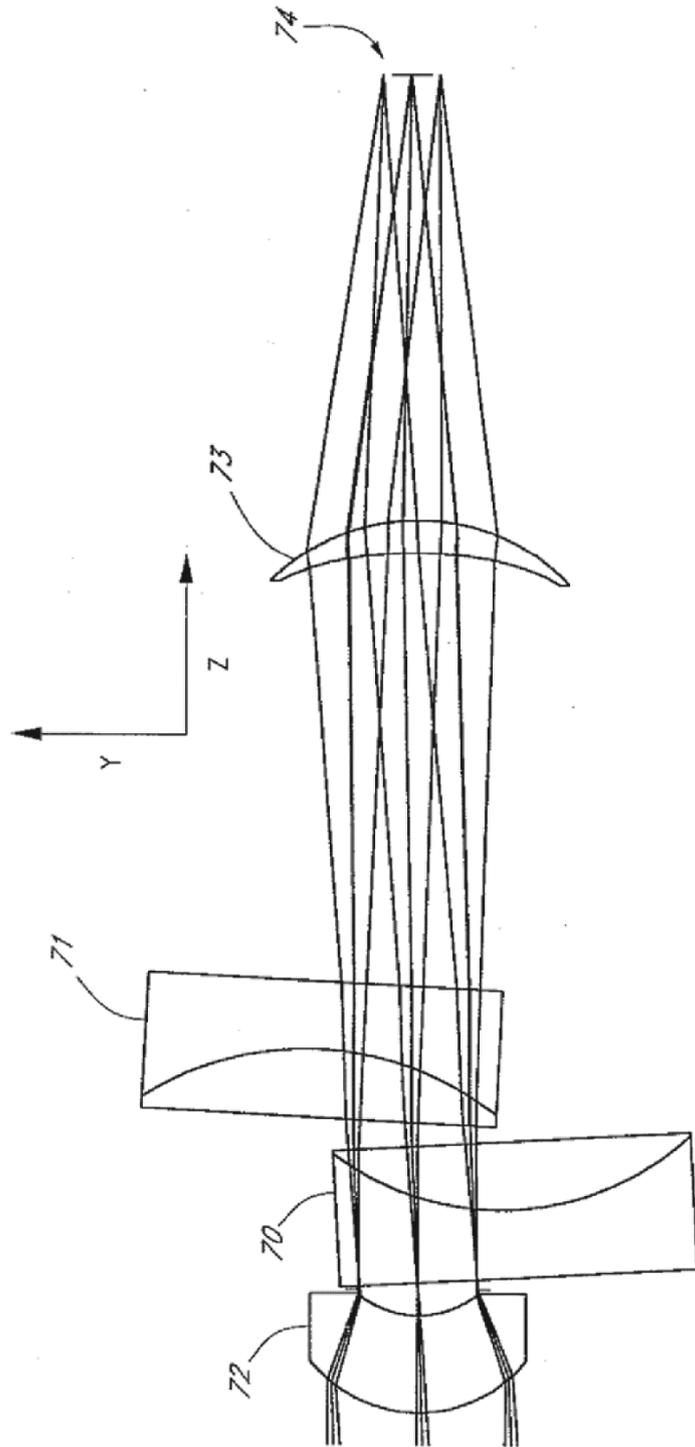
FIG. 5B

M O D U L A C I O N

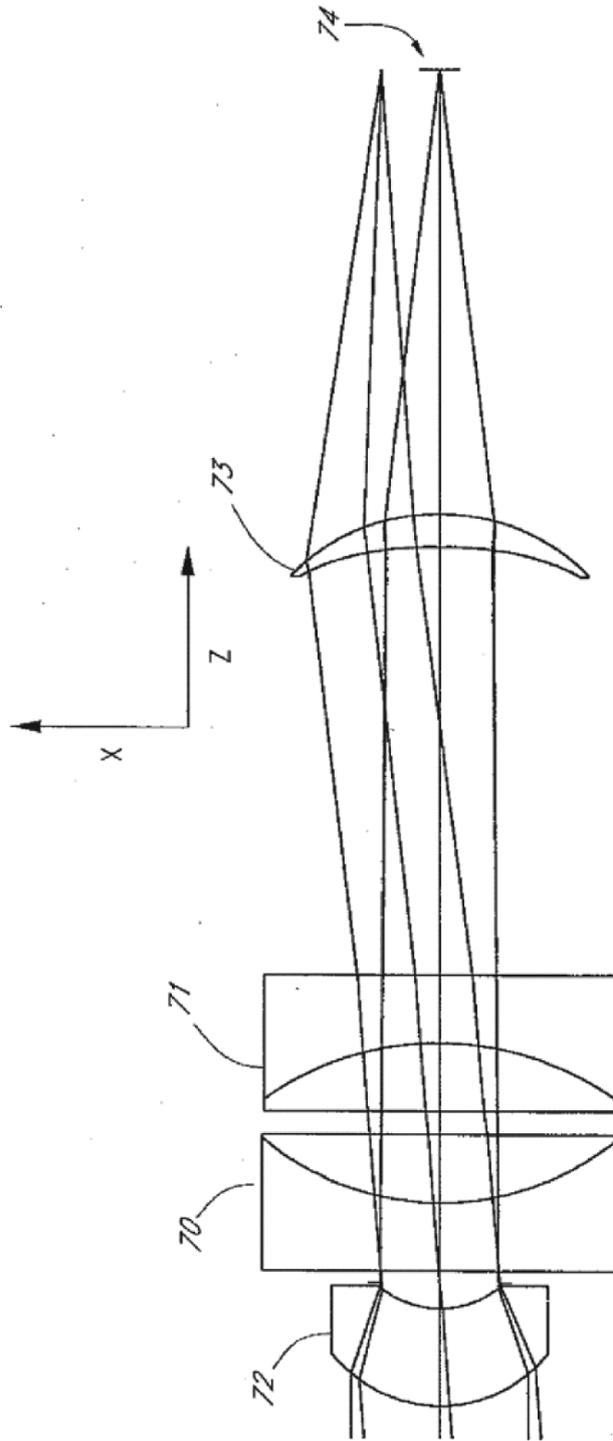


*FIG.5C*

**M O D U L A C I Ó N**



*FIG. 6A*



*FIG. 6B*

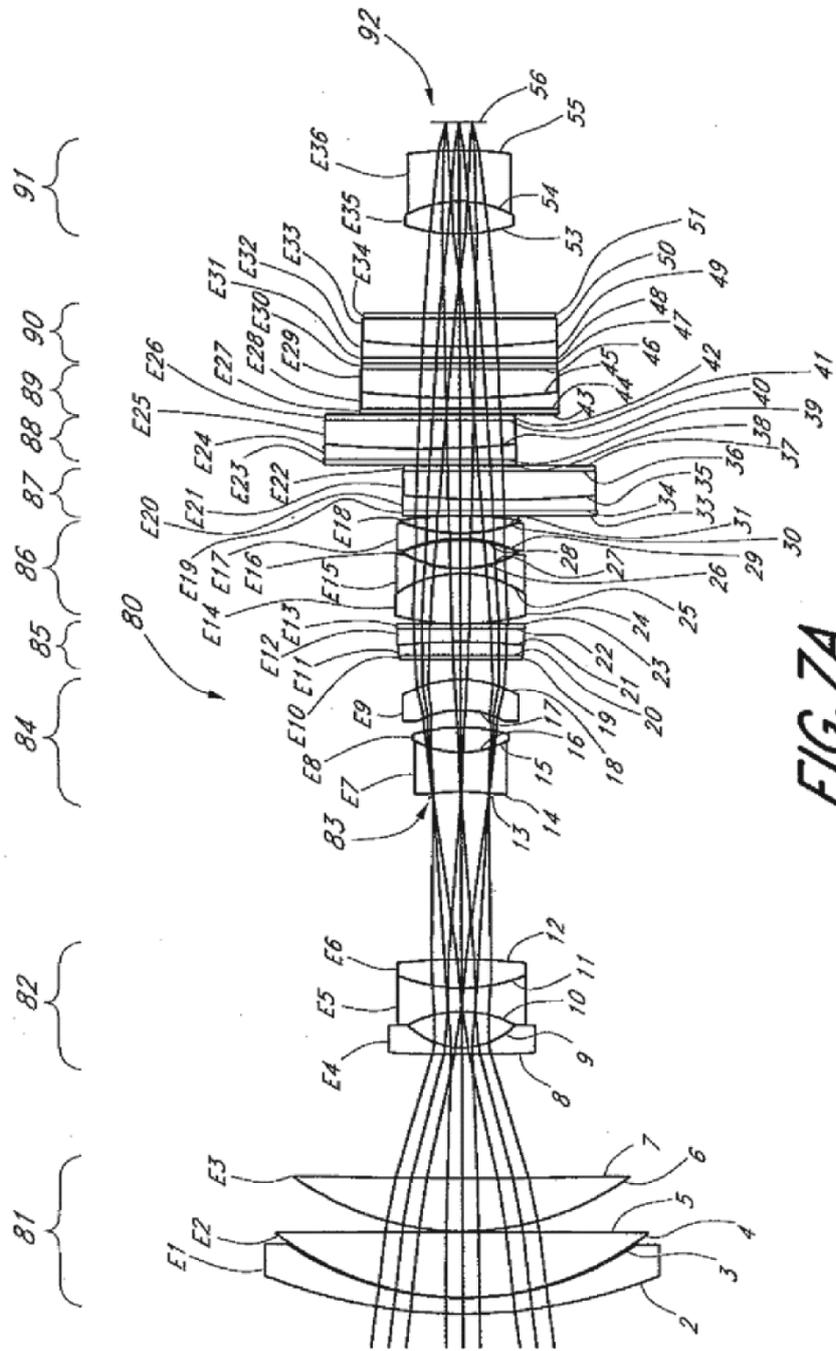


FIG. 7A

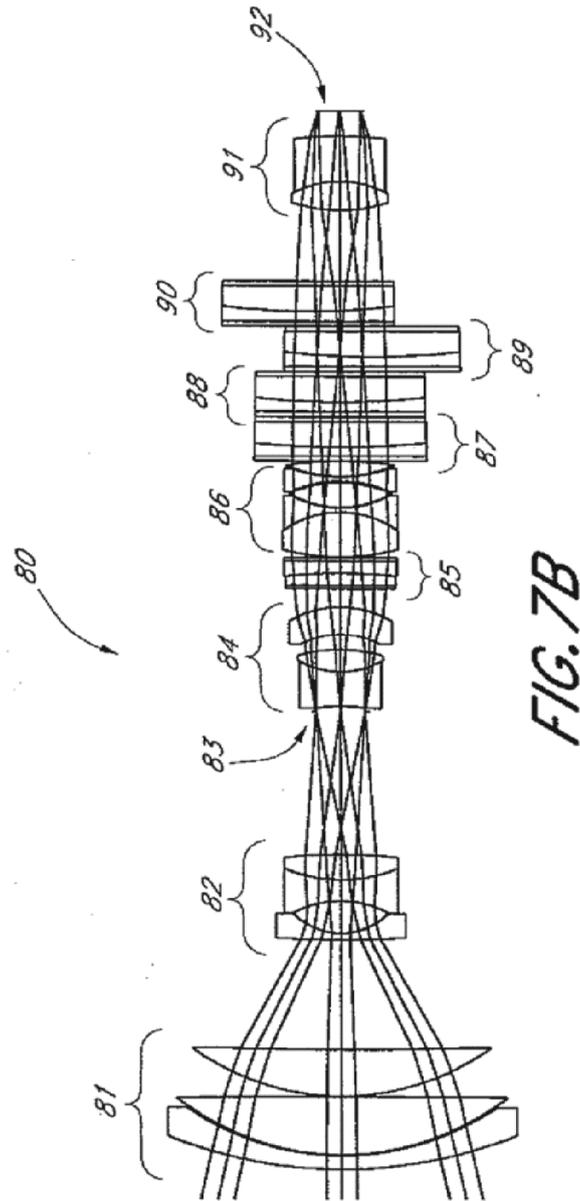


FIG. 7B

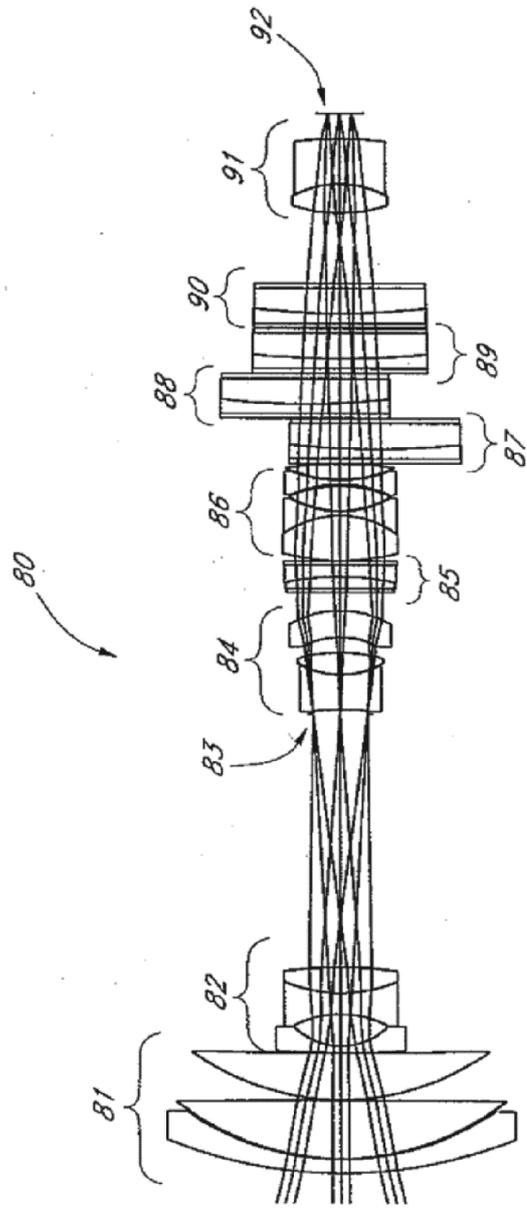


FIG. 8A

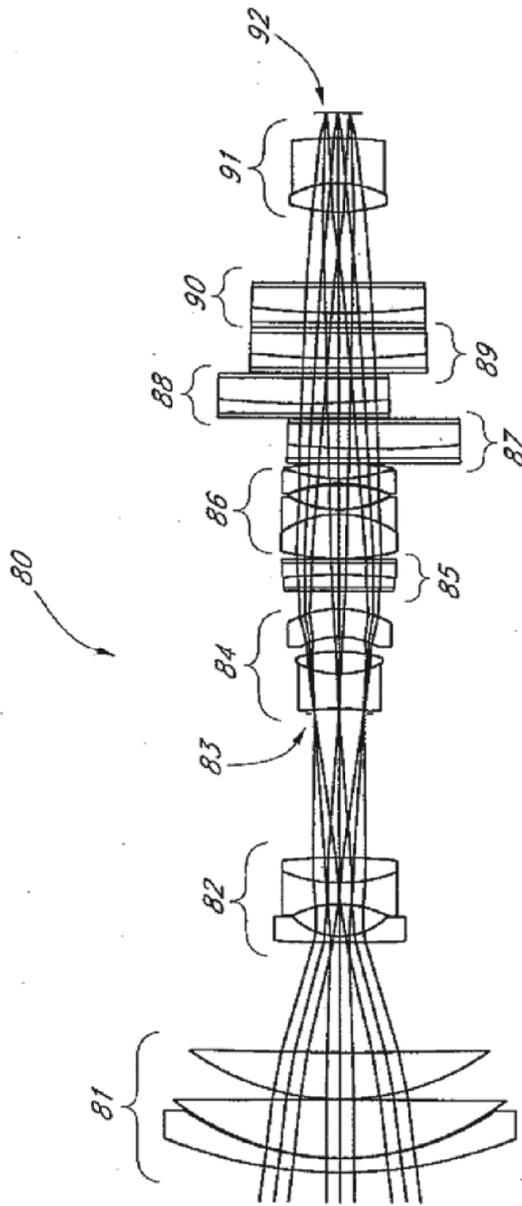


FIG. 8B

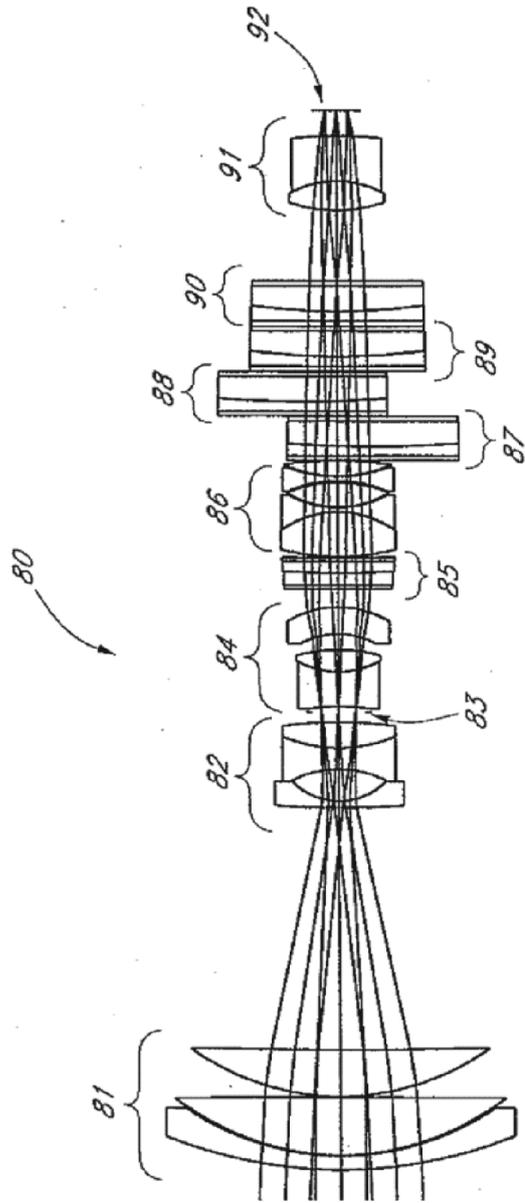


FIG. 8C

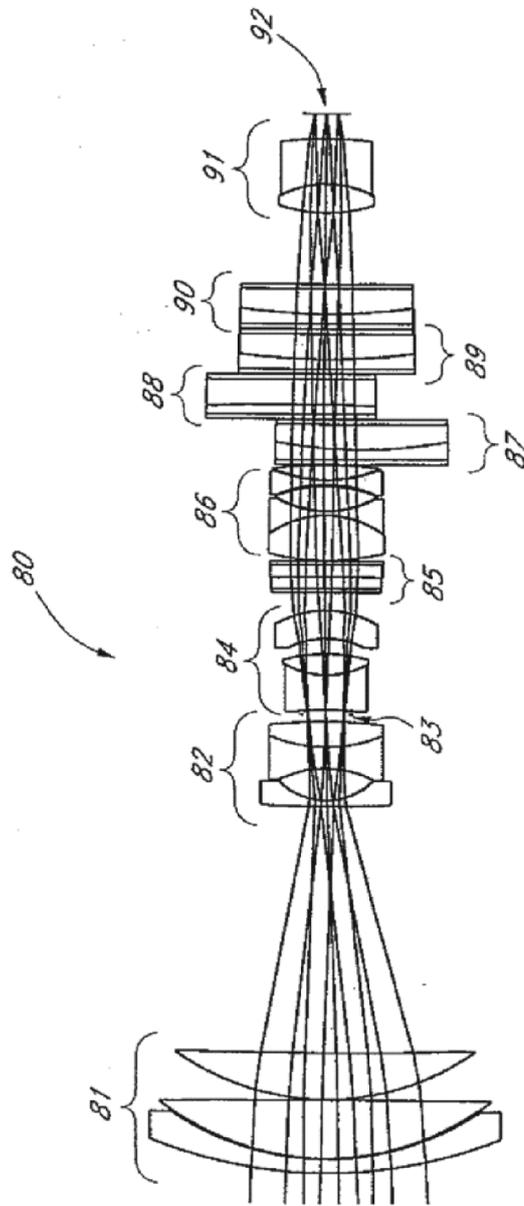
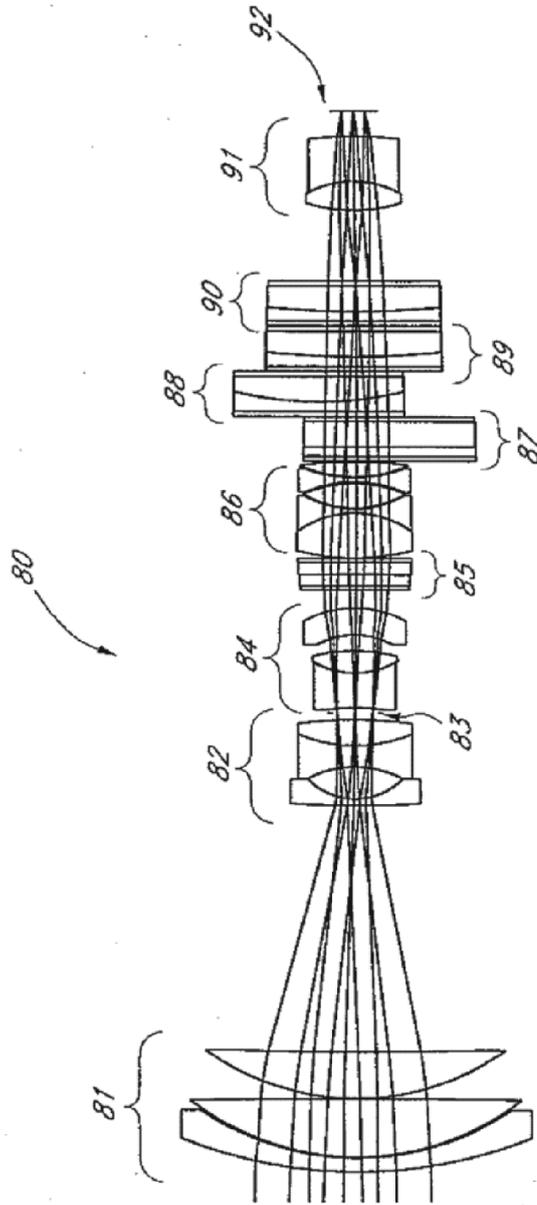


FIG. 9A



*FIG. 9B*

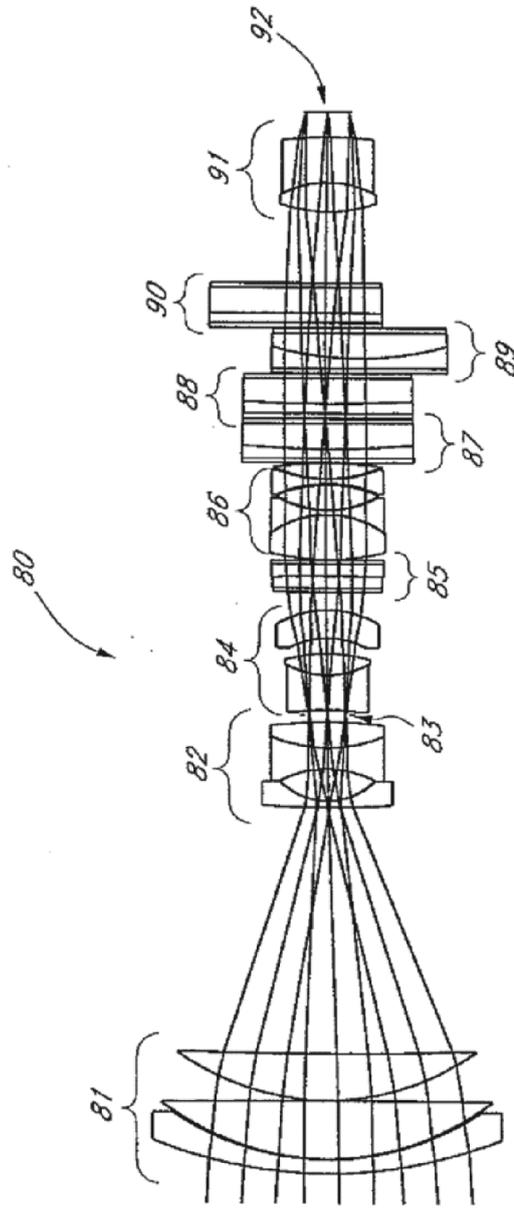


FIG. 9C

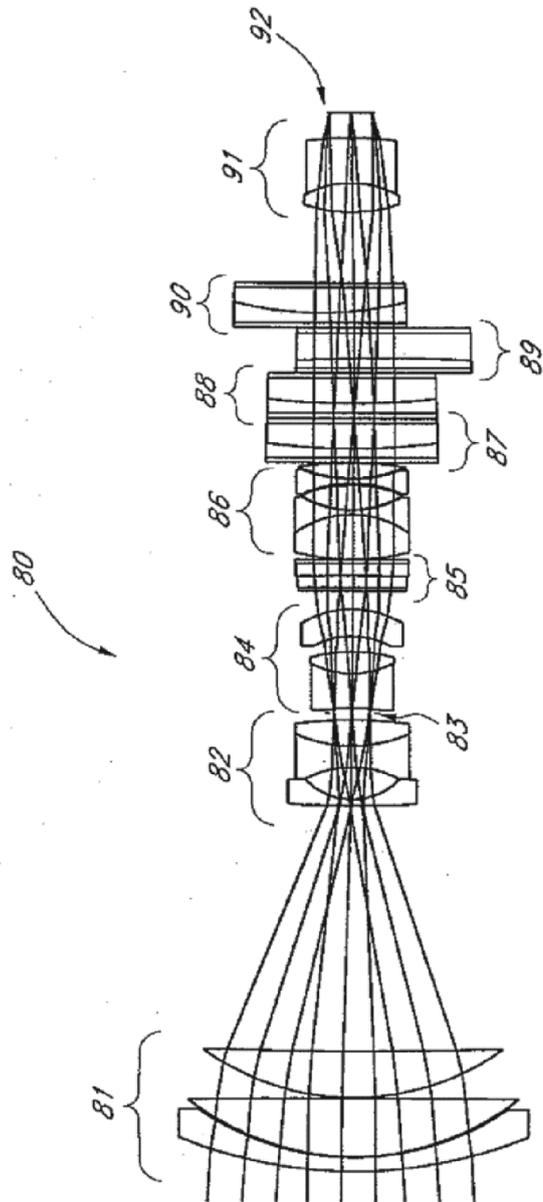


FIG. 9D

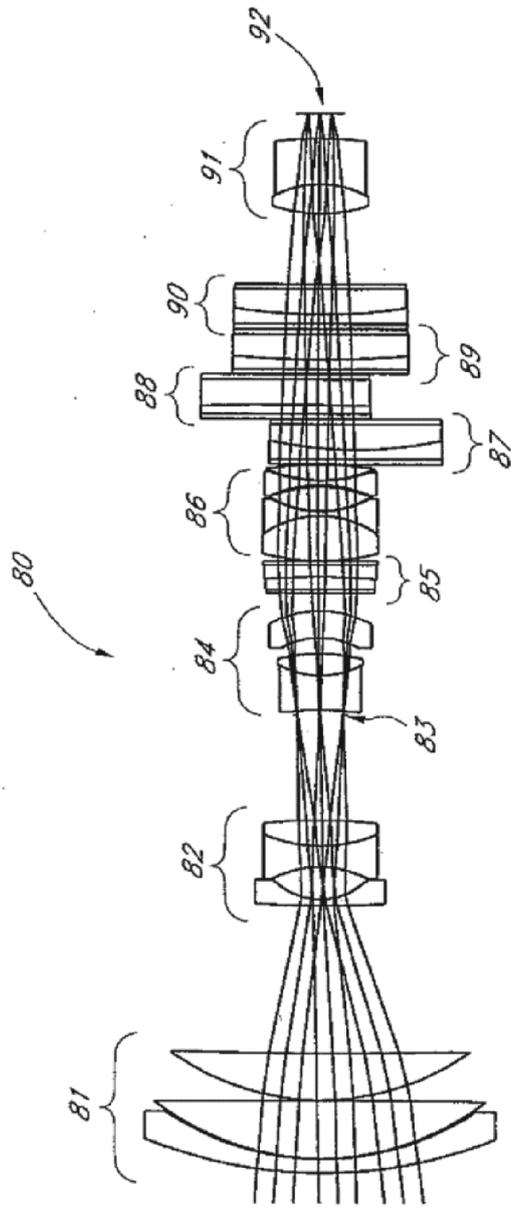


FIG. 10A

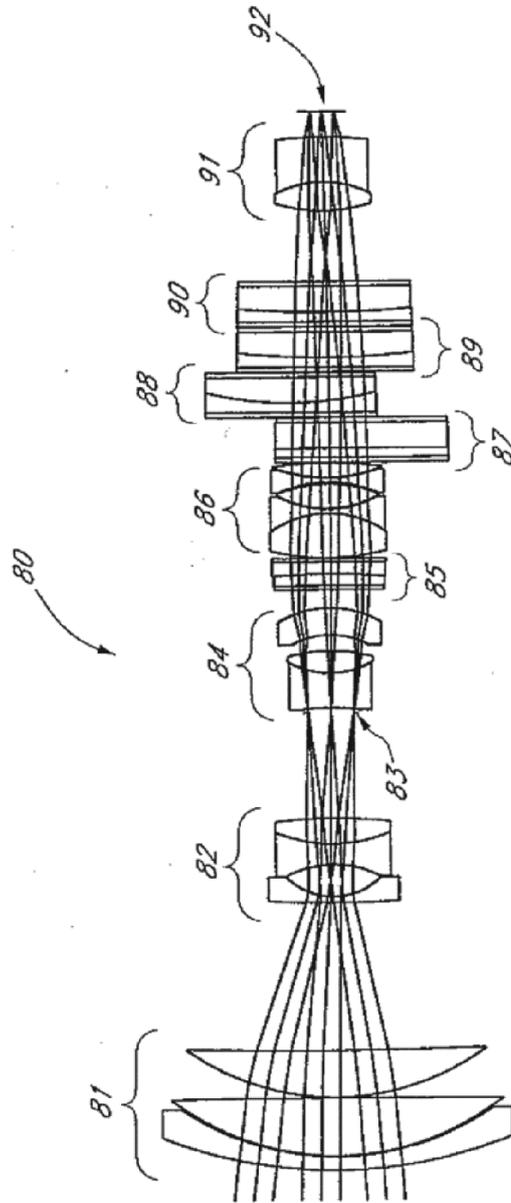
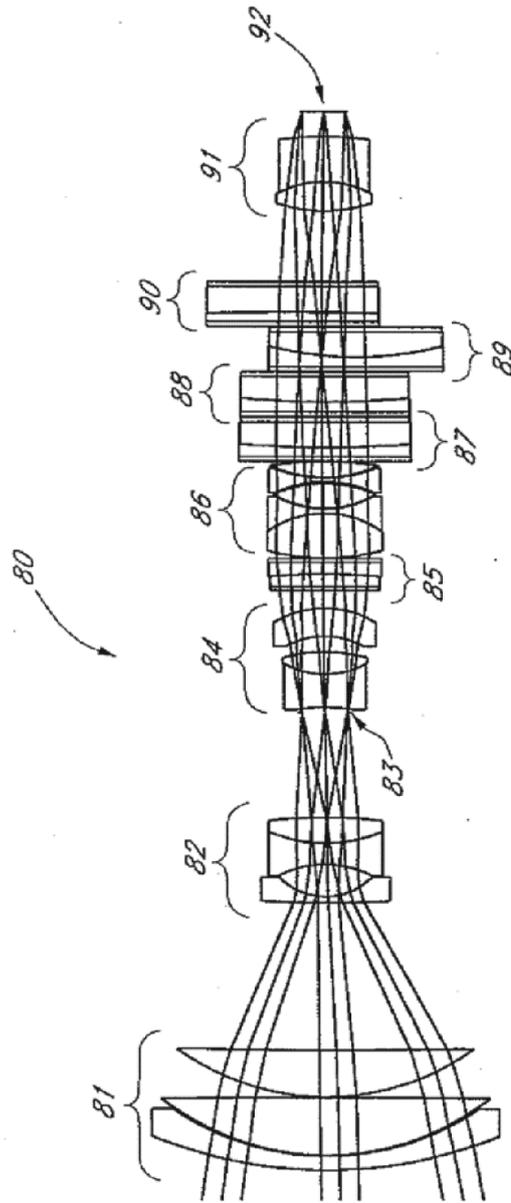


FIG. 10B



*FIG. 10C*

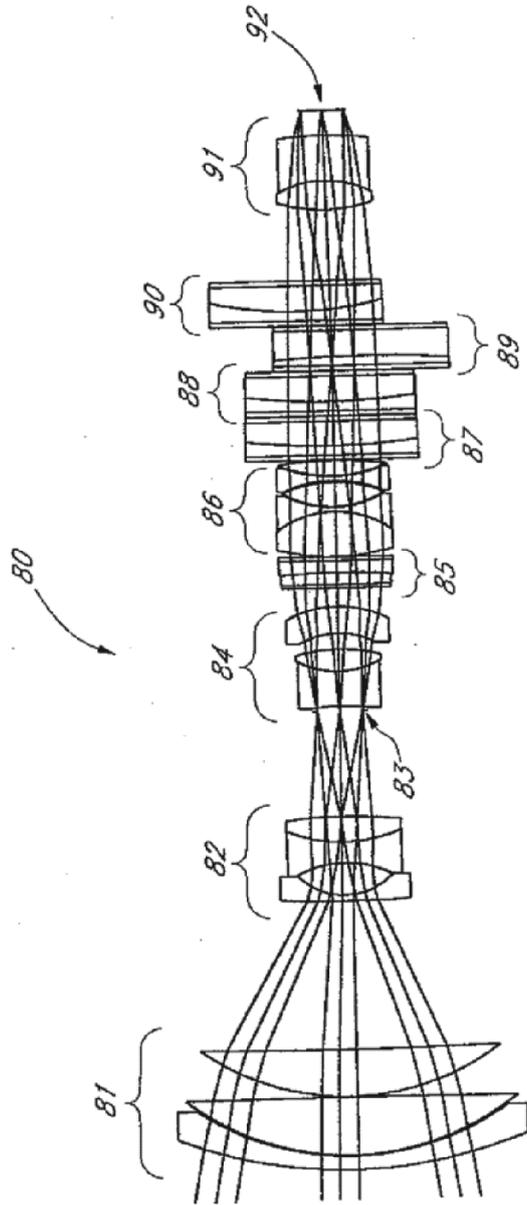
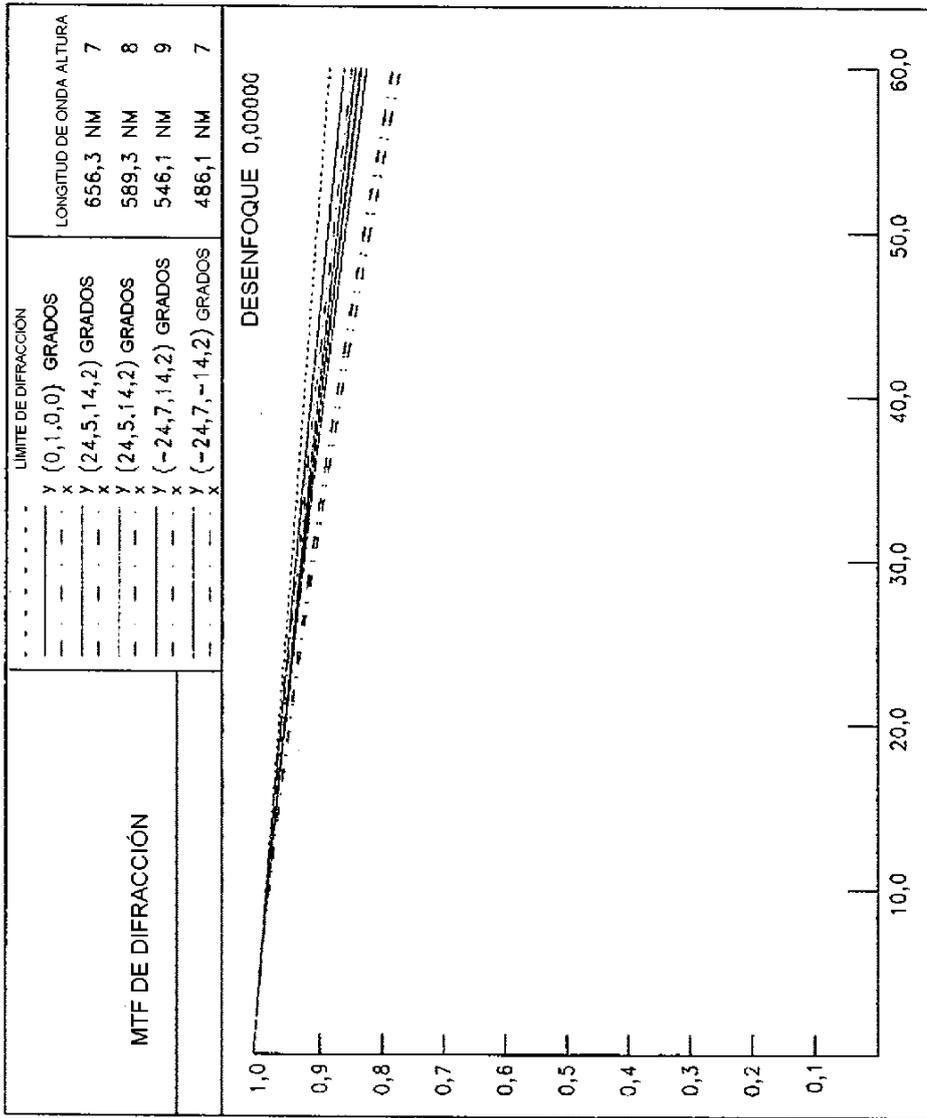


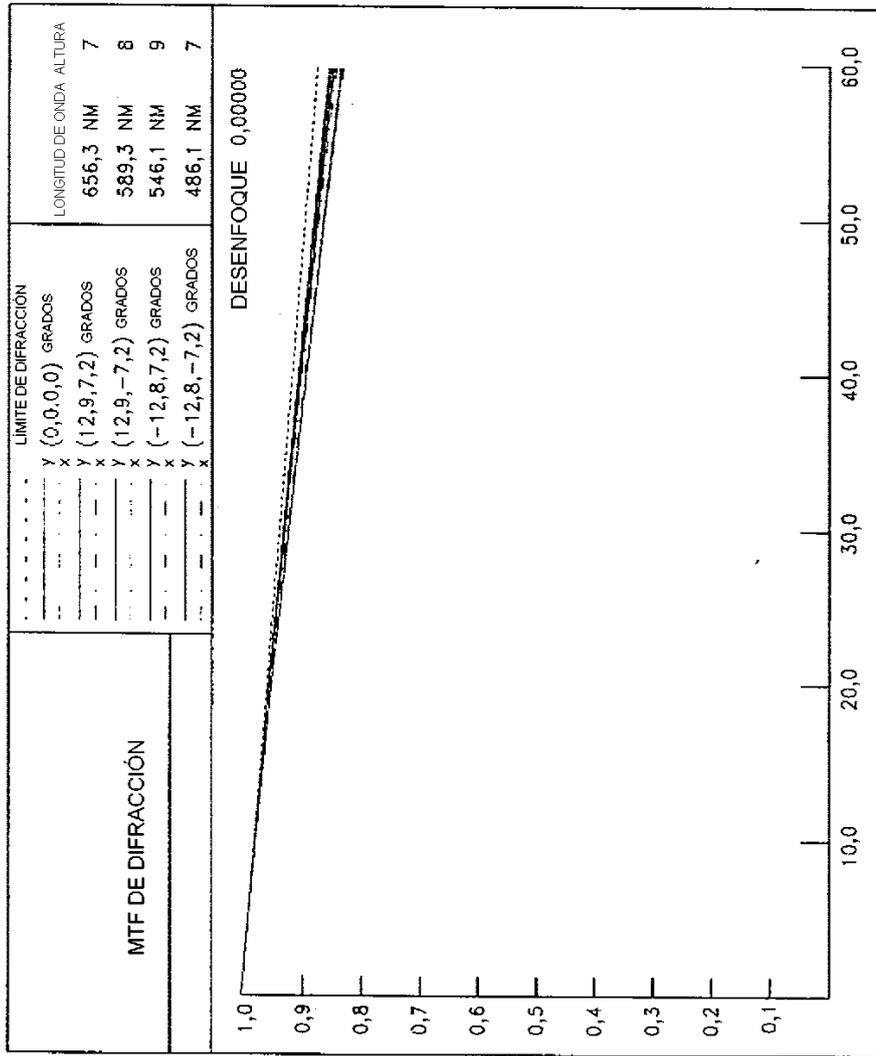
FIG. 10D



FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS/MM)

FIG. 11A

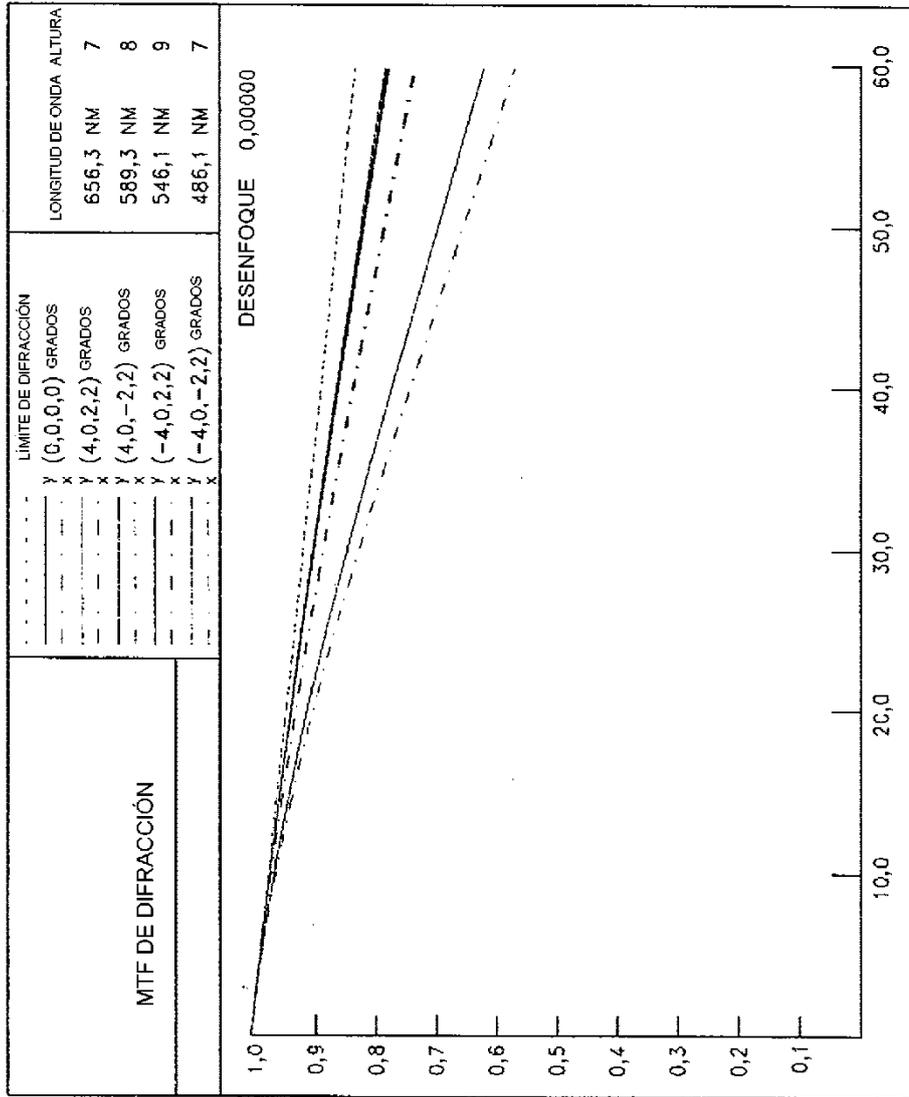
M O D U L A C I Ó N



FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS/MM)

FIG. 11B

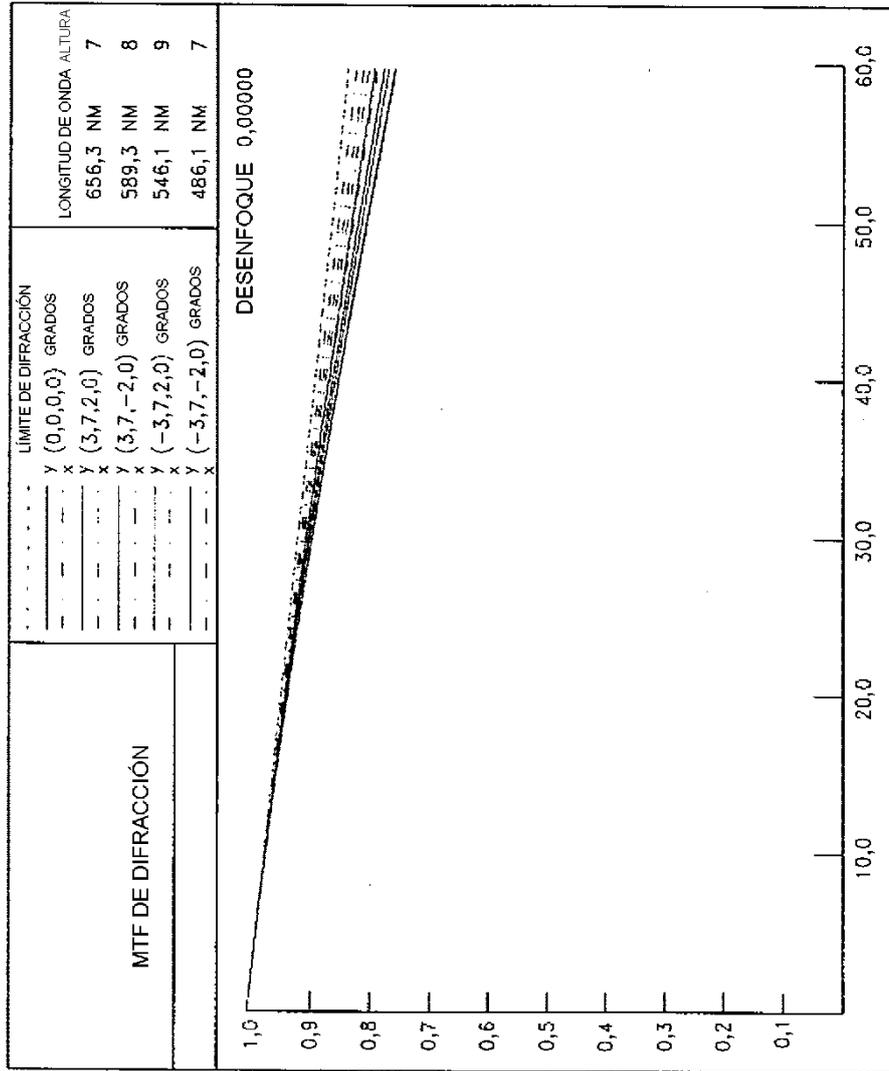
MODULACIÓN



FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS/MM)

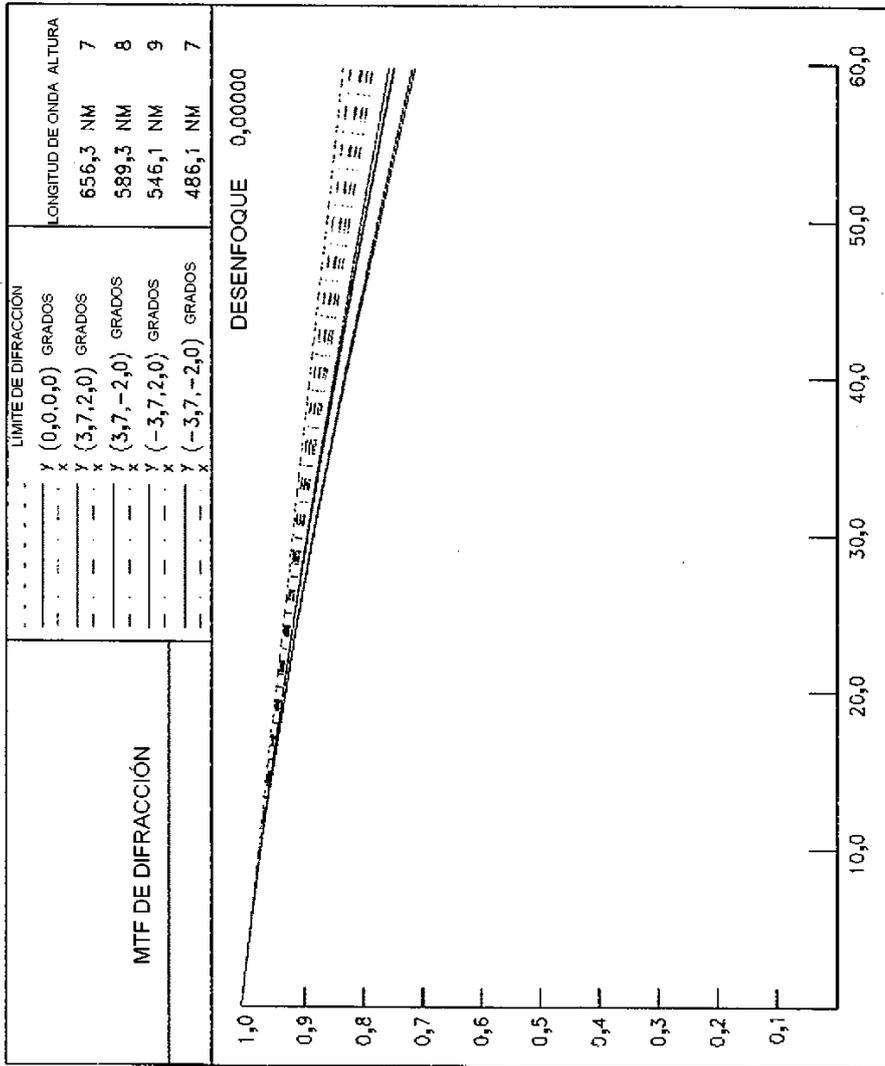
*FIG. 11C*

M O D U L A C I O N



*FIG. 12A*

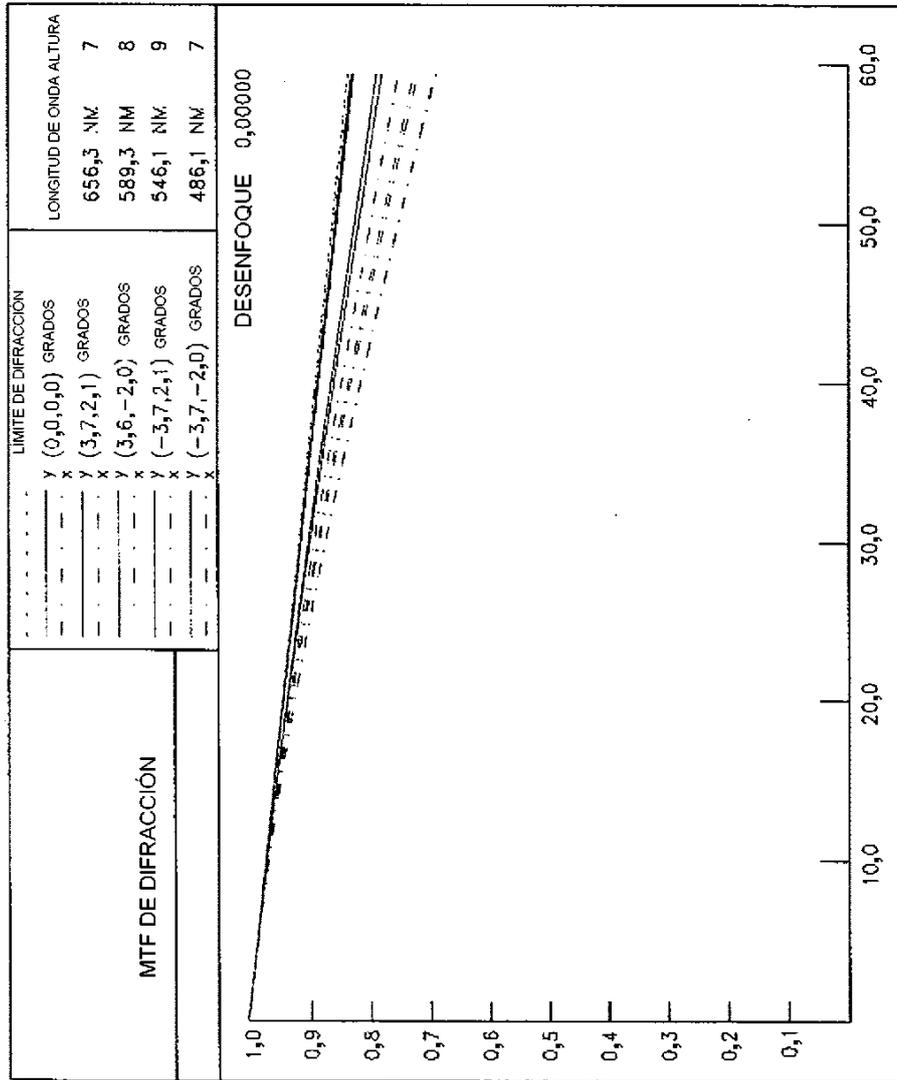
M O D U L A C I O N



FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS/MM)

*FIG. 12B*

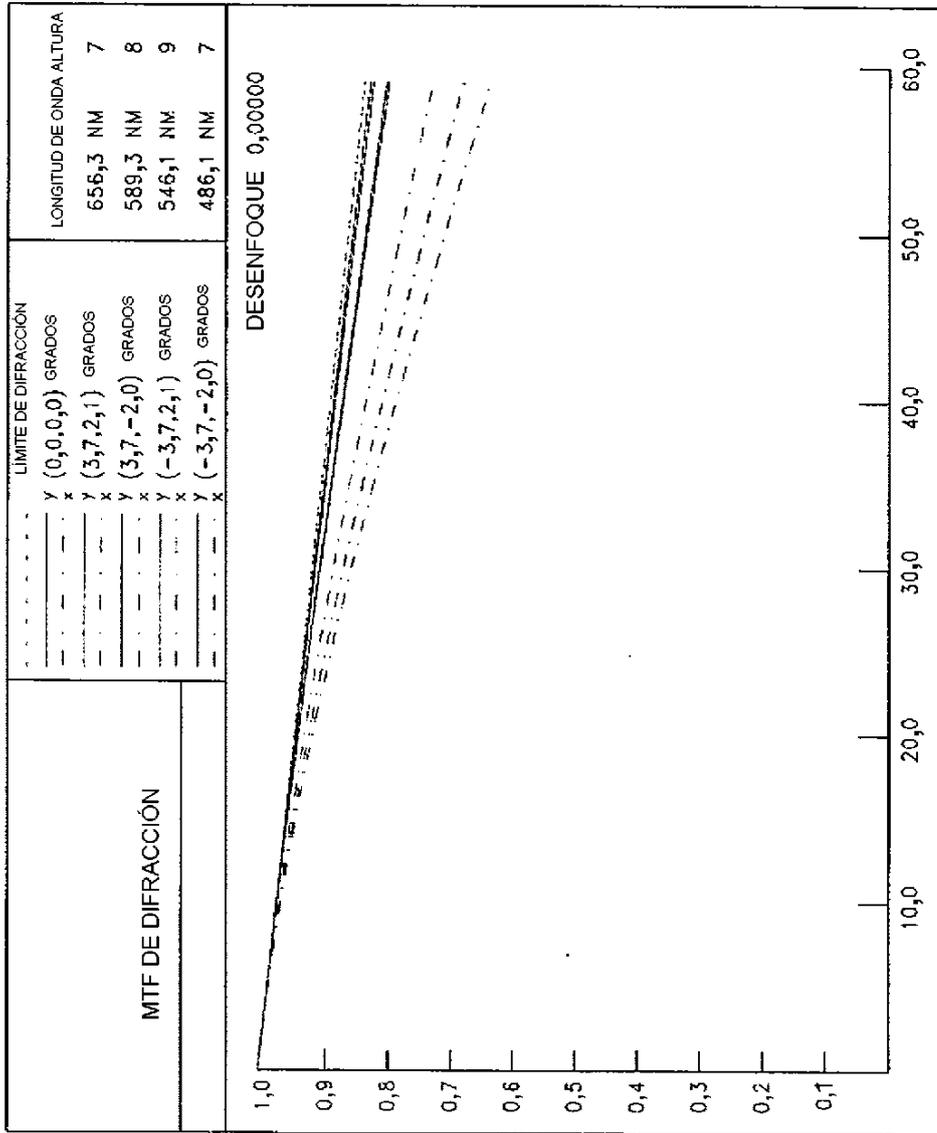
**MODULACIÓN**



FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS/MM)

FIG. 12C

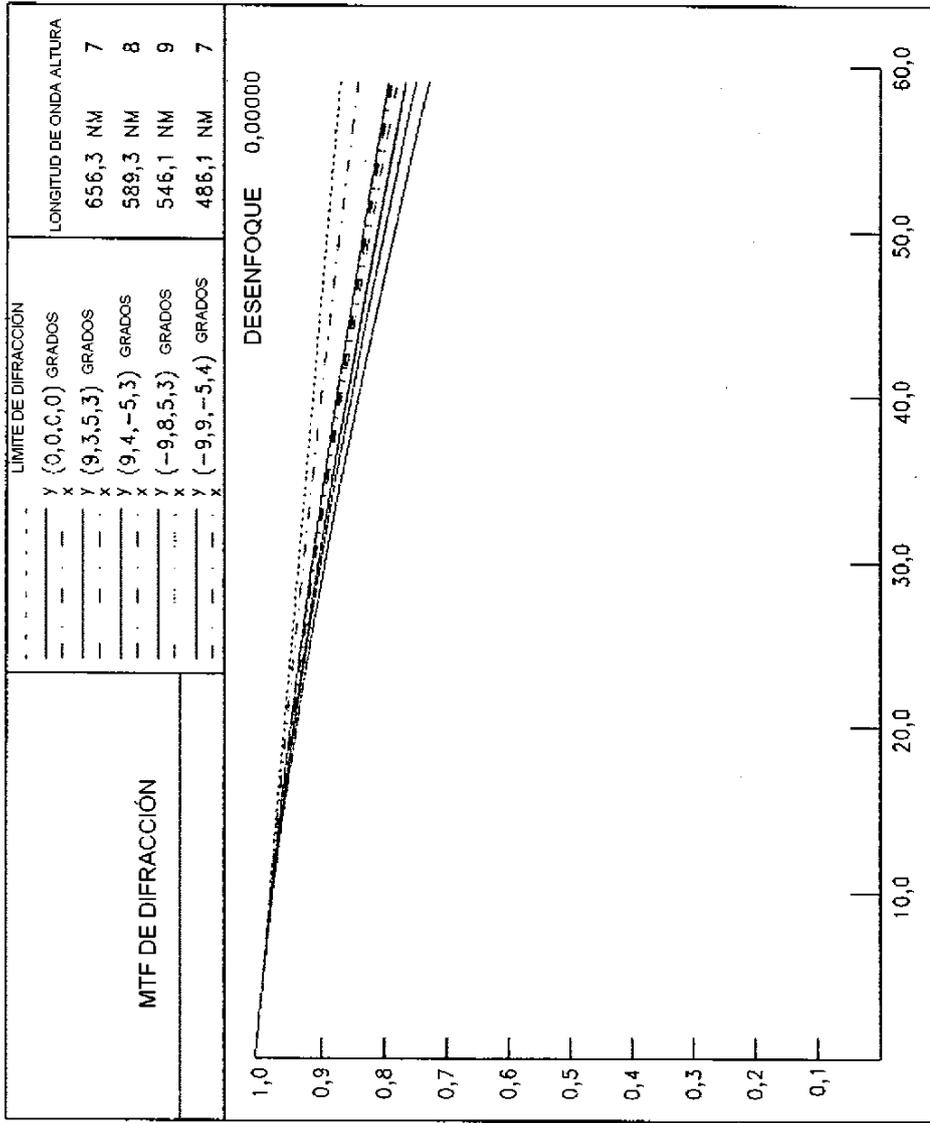
MODULACIÓN



FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS/MM)

FIG. 12D

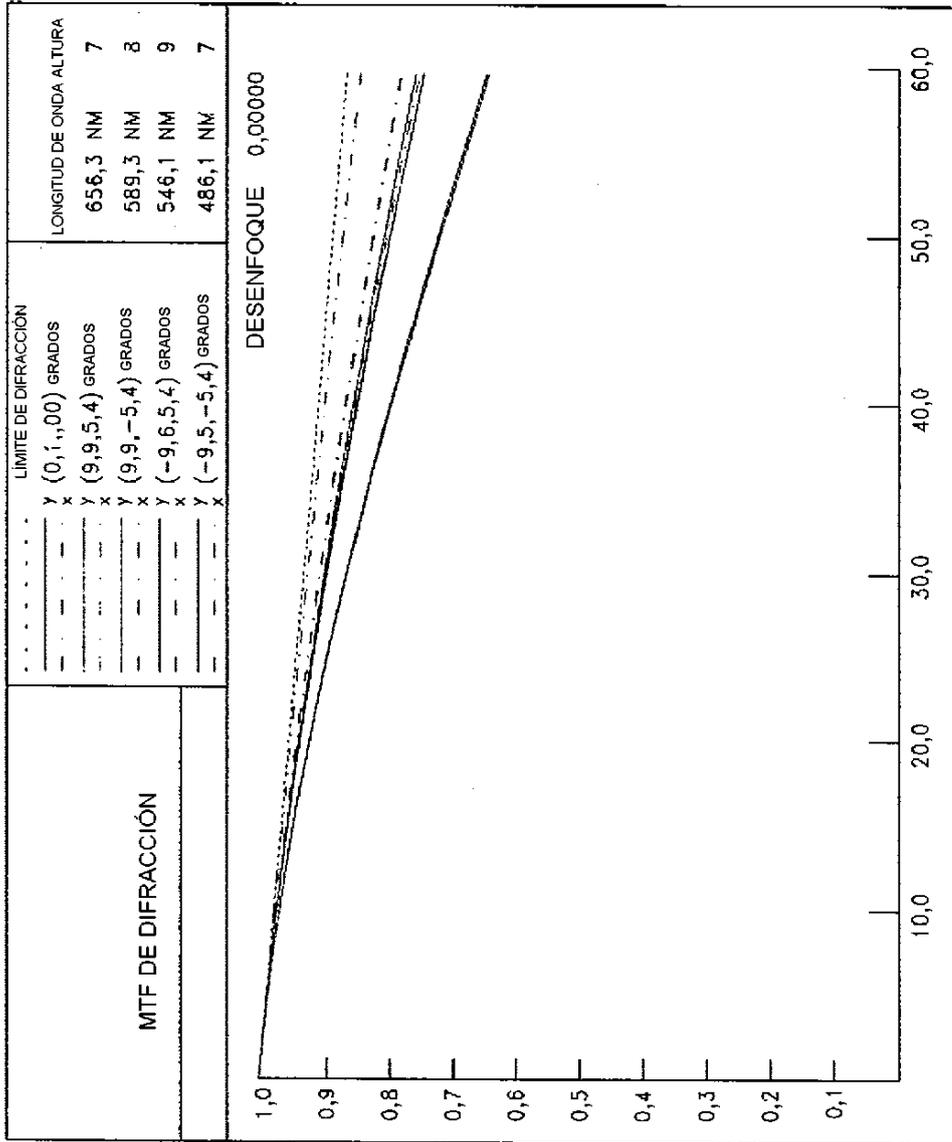
MODULACIÓN



FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS/MM)

FIG. 13A

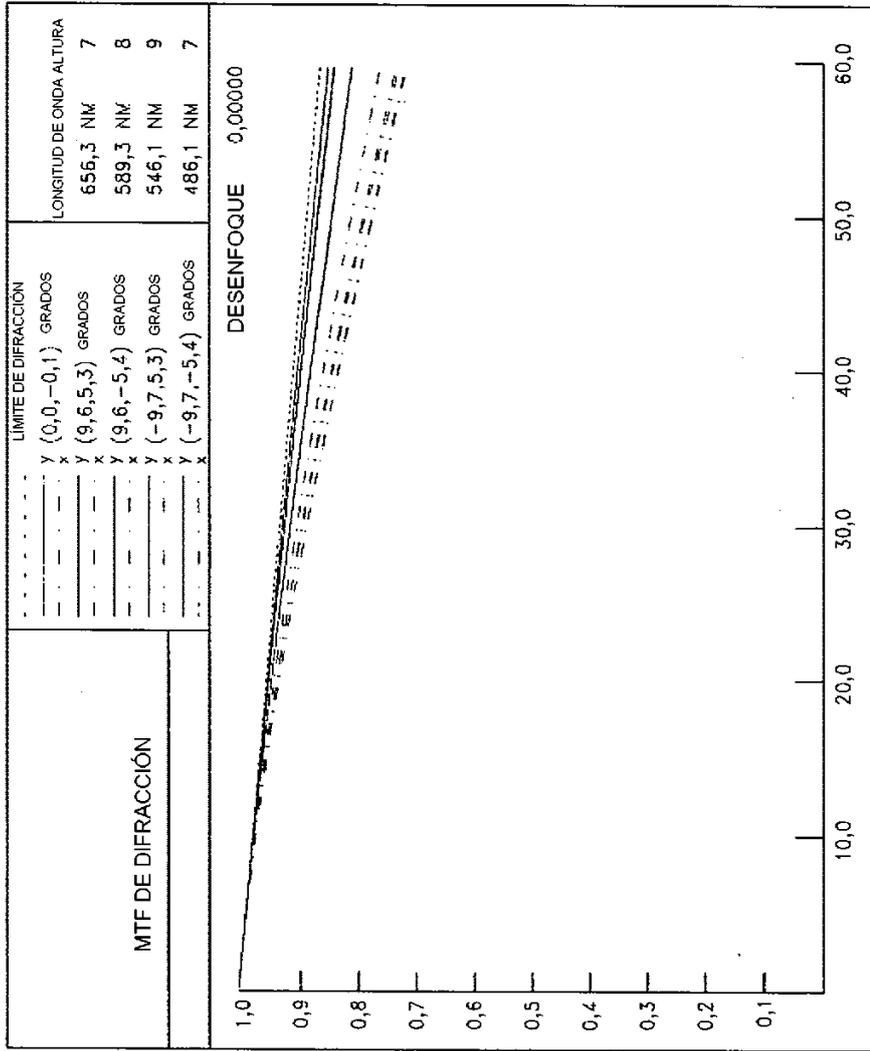
MODULACIÓN



FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS/MM)

*FIG. 1.3B*

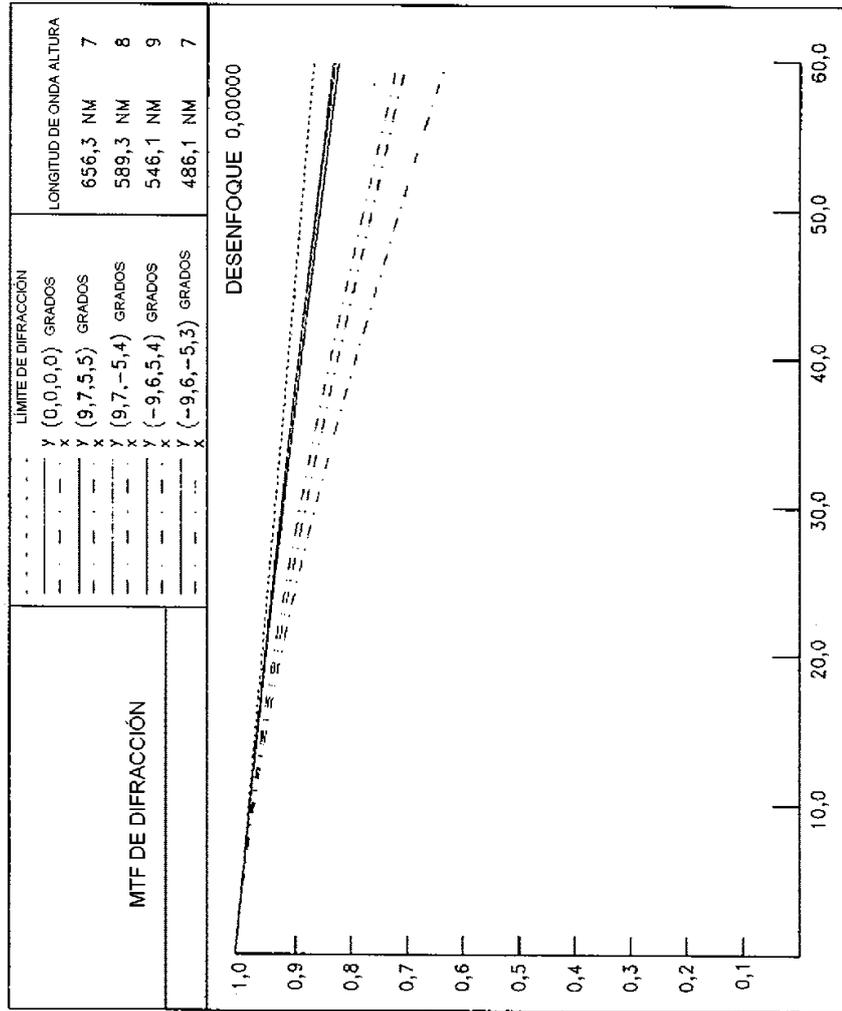
**MODULACIÓN**



FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS/MM)

*FIG. 1.3C*

MODULACIÓN



FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS/MM)

FIG. 13D

MODULACIÓN