

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 793 399**

51 Int. Cl.:

H04N 5/232 (2006.01)

G02B 7/00 (2006.01)

G02B 27/64 (2006.01)

G03B 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.10.2010 PCT/EP2010/065278**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.04.2011 WO11047990**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2010 E 10763375 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2020 EP 2491712**

54 Título: **Dispositivo de formación de imágenes con un módulo estabilizador**

30 Prioridad:

21.10.2009 GB 0918453

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

13.11.2020

73 Titular/es:

**LEONARDO MW LTD (100.0%)
Christopher Martin Road
Basildon, Essex SS14 3EL , GB**

72 Inventor/es:

WEBB, DUNCAN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 793 399 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

Dispositivo de formación de imágenes con un módulo estabilizador

- 5 La invención se refiere a dispositivos de formación de imágenes. Más específicamente, pero no exclusivamente, se refiere a dispositivos de formación de imágenes que incluyen un módulo estabilizador de imágenes que puede ser aplicado como un relé óptico, o totalmente integrado en un diseño de lentes.
- 10 Los dispositivos de formación de imágenes conocidos que incluyen algún tipo de módulo estabilizador de imágenes pueden ser encontrados en muchas cámaras y videocámaras comercialmente disponibles. Tales dispositivos usan giroscopios para determinar el movimiento angular del cuerpo de la cámara en un espacio inercial, y mecanismos optomecánicos que mueven uno o más elementos de lentes dentro de un camino óptico para compensar el desplazamiento de la imagen en la matriz del plano focal (FPA).
- 15 Cuando un sistema de formación de imágenes es estacionario, cada píxel de la FPA recibe un flujo de fotones desde un área especializada dentro de una escena. La carga acumulada en cada píxel durante un tiempo de estado es proporcional al flujo de fotones recibido. La difracción a través de la óptica del sistema de formación de imágenes resultará en un pequeño porcentaje de participación en los límites de los píxeles (conocido como el efecto de disco de Airy). No obstante, cuando el movimiento angular del sistema de formación de imágenes es introducido, los píxeles son expuestos a características sustancialmente más allá de su área de cobertura prevista. El flujo de las características vecinas en la escena es promediado con el tiempo a través de múltiples píxeles, reduciendo la Función de Transferencia de Modulación (MTF). Desde una perspectiva del observador se hace cada vez más difícil resolver detalles finos dentro de la escena y detectar, reconocer e identificar objetivos pequeños de bajo contraste.
- 20
- 25 La perturbación oscilatoria angular de la línea de visión angular es un factor importante de pérdida de MTF del sistema para los dispositivos de formación de imágenes de la matriz del plano focal (FPA). A medida que aumenta la longitud focal, el ángulo general de visión y por lo tanto la cuerda de arco angular por píxel disminuye en el espacio del objeto. Generalmente, una vez que el movimiento de la línea de visión supera aproximadamente el 25% del tamaño del píxel durante el tiempo de observación del detector, puede provocar una reducción en la MTF que potencialmente afecte al funcionamiento general del sistema, reduciendo la capacidad de distinguir características de bajo contraste.
- 30
- La perturbación oscilatoria lineal tiene un efecto menor en los dispositivos de formación de imágenes a largas distancias. Cada píxel dentro de la FPA subtiende un ángulo en el espacio del objeto, a medida que la distancia al objeto aumenta; el área representada por cada píxel en el objetivo también aumenta. Por ejemplo, si un generador de imágenes usa un detector de 640x512 FPA y tiene 1°HFoV, cada píxel cubrirá ~27 mm a 1 Km y ~270 mm a 10 Km. Incluso con una perturbación de 5 mm pico a pico, el movimiento relativo de la imagen comparada con las dimensiones de un píxel sería menor que el 20% a 1 Km y menor que el 2% a 10 Km.
- 35
- 40 Se debería tener en cuenta que la estabilización de imágenes optomecánica y la estabilización electrónica son fundamentalmente diferentes. La estabilización de imágenes optomecánicas elimina la perturbación oscilatoria de la línea de visión antes de que el flujo de fotones llegue al detector. Si una imagen estable es mantenida en la FPA durante todo el tiempo de observación del detector, la carga acumulada en cada píxel corresponde exactamente al área de cobertura prevista dentro de la escena. No hay corrupción de la señal debido a las características no relacionadas que se mueven a través de un campo de visión del píxel. La estabilización electrónica de la imagen ocurre después de que el flujo de fotones haya sido detectado. Es una función de postprocesamiento que proporciona una mejora visual a un observador corrigiendo el registro de tramas de TV secuencialmente desplazadas en la pantalla. La estabilización electrónica puede compensar el movimiento de la escena de baja frecuencia desde la trama de TV visualizada, aunque sin embargo la presente imagen pueda aparecer estable, la MTF de los datos de trama sin procesar es probable que sea pobre.
- 45
- 50 Se pretende generalmente que la cámara/lentes estabilizadas de la imagen comercial estén destinadas a un uso manual. Aunque efectiva en la eliminación de la baja frecuencia, la baja aceleración, la fluctuación angular, las limitaciones en la construcción de la lente, la configuración y la servo anchura de banda las hace no apropiadas para los difíciles entornos dinámicos asociados con situaciones más exigentes.
- 55
- Típicamente, aunque no exclusivamente, los elementos estabilizadores dentro de las lentes comerciales se trasladan al eje óptico para compensar el movimiento angular del cuerpo de la cámara. El elemento estabilizador puede ser montado en un escenario de traslación biaxial con cada eje impulsado por un accionador lineal, usualmente en la forma de un motor de bobina de voz (VCM) personalizado. Significativamente, el elemento estabilizador y la armadura se mueven en la misma dirección. Para un sistema de cámara normal cuya lente está enfocada al infinito, que no contiene un mecanismo de estabilización de la imagen, la perturbación lineal es generalmente indetectable en la imagen. Como se ha descrito anteriormente, esto es porque la cuerda angular en el espacio del objeto de un único píxel de FPA representa una gran área en el objetivo y el área aumenta con el alcance. Los desplazamientos asociados con la vibración lineal son pequeños en comparación.
- 60
- 65

- 5 En el caso de lentes estabilizadas disponibles comercialmente, si una aceleración lineal se aplica al cuerpo de la cámara/lente a través del eje óptico, la fuerza perturbadora es transmitida al elemento estabilizador por fricción dentro de los deslizamientos de la etapa de traslación, y del acoplamiento magnético a través del VCM. Opuesto a la fuerza perturbadora está la inercia combinada del elemento estabilizador y la armadura del VCM, la cual tiende a mantenerlas todavía en el espacio. Si la fuerza inercial supera la fuerza de acoplamiento del VCM, la FPA y los elementos fijos del conjunto de lente se mueven con respecto al elemento estabilizador haciendo que la imagen sea desplazada en la FPA. Esto da la apariencia de una perturbación angular y por lo tanto afecta al rendimiento de la imagen.
- 10 Las lentes comerciales de imagen estabilizada son generalmente de una anchura de banda baja, no muy consistentes, y susceptibles de la degradación del rendimiento cuando son sometidas a aceleraciones lineales a través de la línea de visión. La celda de la lente desliza hacia arriba y abajo de los carriles y estas interfaces de deslizamiento requieren unas holguras mecánicas que hacen que el conjunto se desgaste, sobre todo si están sometidas a unos entornos difíciles.
- 15 El documento US2005/276588 describe una disposición para impulsar una lente correctora de un mecanismo corrector del movimiento de una cámara óptica.
- 20 De acuerdo con la invención se ha dispuesto un dispositivo de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1.
- 25 La imagen estabilizada (IS) propuesta tiene la capacidad de trasladar la imagen final a través de la FPA aproximadamente $\pm 2,5\%$ del FoV (es decir, ± 16 píxeles), con una deflexión a escala completa anticipada hasta 150 Hz o mayor, rodando desde $\pm 0,5$ píxeles a ~ 850 Hz. Es preferiblemente conseguida trasladando un único elemento de lente de poco peso a través de un eje óptico que usa un servo de bucle cerrado. Los sensores inerciales montados en el cuerpo de la lente determinan el movimiento del cuerpo, y los sensores de posición miden la relación entre la celda de traslación y el cuerpo de la lente para obtener la dirección de la línea de visión. La capacidad de gestionar un entorno dinámico es dependiente de la longitud focal, con los sistemas FoV siendo inherentemente más tolerantes al movimiento del cuerpo que los sistemas FoV estrechos debido a la cuerda del píxel aumentada.
- 30 La inclusión de tal geometría del sistema de impulsión, que elimina la sensibilidad a la perturbación lineal, permite que el mecanismo estabilizador de la imagen opere en una anchura de banda mayor y al hacerlo, soporte una gama de prestaciones que mejoren las funciones del sistema. Esto, por lo tanto, aborda las limitaciones de las lentes comerciales y su susceptibilidad al daño y la degradación del funcionamiento cuando se opera en entornos de vibración difíciles.
- 35 A continuación, se describirá la invención con referencia a los dibujos diagramáticos que se acompañan, en los que:
- 40 La Figura 1 es un dibujo esquemático de un dispositivo de formación de imágenes de acuerdo con una forma de la invención que muestra un elemento de lente montado en un bisel para formar una celda traslacional, estando la celda soportada por una serie de miembros en un conjunto de lente principal;
- 45 la Figura 2 es un dibujo esquemático que muestra los miembros de soporte para soportar el elemento de la lente dentro del dispositivo de formación de imágenes de la Figura 1;
- la Figura 3 es un dibujo esquemático que muestra el movimiento de los miembros de la Figura 2;
- la Figura 4 es un dibujo esquemático que muestra un motor de bobina de voz acoplado por medio de un mecanismo para la celda de la Figura 1; y
- la Figura 5 es un dibujo esquemático que muestra una vista en despiece ordenado de uno de los miembros de la Figura 2.
- 50 La Figura 1 muestra una forma del dispositivo 1 (IS). El dispositivo IS trabaja trasladando un único elemento 2 de lente ligera en la dirección X&Y a través del eje óptico 3. El elemento 2 de la lente está unido en un bisel ligero 4 de aluminio (u otro material ligero adecuado) para formar una celda de traslación 5.
- 55 Los conjuntos de lentes y/o conjuntos de relés son típicamente unos dispositivos compuestos que comprenden un cuerpo de lente y un número de elementos de lente que conjuntamente forman la prescripción óptica. El elemento 2 de la lente es uno de los elementos en ese conjunto general. En la realización de la invención aquí descrita el elemento estabilizador es el último elemento en la cadena óptica; es decir el cercano a la FPA, ya que ésta es generalmente la más pequeña y ligera. Sin embargo, se apreciará que cualquiera de los elementos de la lente en el ensamblaje de la lente puede ser estabilizado de la manera que se describe más adelante.
- 60 La celda 5 está suspendida del cuerpo del ensamblaje de la lente principal por tres miembros 6 de soporte flexible capaces de deformarse en una forma de 'S' como se muestra en las Figuras 2 y 3. La vista superior de la Figura 2 muestra una construcción de miembros rectos, mientras que la vista inferior muestra el miembro 6 desviado en dos posiciones (hacia arriba & hacia abajo). La Figura 3 muestra la envoltura del cuerpo de la lente hacia la derecha y la celda de traslación 5 montada fuera de ella hacia la izquierda, y desplazada en dos posiciones. Como puede en
- 65

estas Figuras, el desplazamiento es un paralelogramo y la ortogonalidad de la celda 5 de la lente se mantiene con respecto al eje óptico.

5 Los miembros 6 están fabricados a partir de un alambre elástico de acero inoxidable, rigidizado localmente con capas de un tubo 7 de acero inoxidable, soldadas o unidas conjuntamente con un adhesivo de alta resistencia. Se apreciará que los miembros 6 y el tubo 7 pueden ser fabricados a partir de cualesquiera otros materiales apropiados que tengan las propiedades materiales requeridas. El tubo 7 crea unos elementos rígidos a cada lado de las flexiones del alambre y resulta en un conjunto de peso ligero con una rigidez axial muy alta para retener el foco, pero la baja rigidez a la flexión permite que la celda se traslade libremente. La configuración del miembro de soporte se deforma como un paralelogramo y mantiene la celda de traslación ortogonalmente al eje óptico cuando es desplazada lateralmente.

10 La impulsión X&Y es proporcionada por dos motores 8 de bobina de voz (VCMs) acoplados a la celda de traslación 5 por unos miembros de impulsión (60) a través de un sistema de palancas 9. Los VCMs8 proporcionan una impulsión independiente en las direcciones X&Y, la combinación de las cuales permite que la celda de la lente se traslade a cualquier sitio en el plano X-Y.

15 La construcción y las características de los miembros de impulsión (60) es similar a los miembros de soporte (6); es decir, que tienen una alta rigidez axial y una baja rigidez de flexión. Esto proporciona un acoplamiento rígido en las direcciones de impulsión requeridas, pero la deformación en las direcciones laterales permite que cada VCM 8 impulse la celda de traslación 5 sin influir en el otro.

20 El concepto de lente IS es requerido para ser compatible con una amplia gama de entornos operativos. Los entornos de vibración típicos imponen seis grados de libertad, es decir los espectros de vibración contienen unos componentes lineales (desplazamientos en X, Y & Z) y unos componentes angulares (rotaciones alrededor de X, Y & Z).

25 Como se ha fijado previamente, la lente IS está diseñada solamente para corregir los errores angulares de la línea de visión, y esto se consigue haciendo los desplazamientos lineales de la celda de traslación 5.

30 Si la celda 5 fuera a ser acoplada directamente a la armadura del VCM 8, de modo que la celda 5 y la armadura movidas conjuntamente en la misma dirección, la aceleración lineal debida al movimiento del cuerpo interactuarían con sus masas combinadas y generarían una fuerza de reacción igual a la masa x la aceleración. El VCM 8 tendría no solamente que superar la fuerza de reacción, sino también aplicar una fuerza adicional para compensar el movimiento angular de la línea de visión, que hace que los componentes de impulsión sean grandes y deseosos de potencia.

35 El sistema de palanca 9 crea un estado en el que la célula de traslación 5 y la armadura del VCM 8 se mueven en direcciones opuestas (véase la Figura 4). La posición del punto de articulación de la palanca es calculada de modo que los momentos de la celda 5 y la armadura consigan un estado equilibrado. Con una aceleración lineal las fuerzas de reacción se anulan, y toda la fuerza generada por el VCM 8 es hecha disponible para compensar los errores de visión angular.

40 Se debería tener en cuenta que la construcción general del soporte y los miembros de impulsión 6, puede ser común aunque las longitudes y las dimensiones específicas puedan cambiar, por ejemplo todas usan un núcleo de alambre elástico rigidizado localmente con un tubo. Cuando el alambre no tiene un rigidizador actúa como elemento de flexión. Esta construcción proporciona una gran rigidez en las direcciones axiales en donde es importante; es decir sin reacción en compresión y tensión, pero con baja rigidez en flexión.

45 El diseño del miembro de flexión 6 tiene diversas características que el ingeniero de diseño puede alterar para optimizar las características de rigidez del sistema. Incluyen el diámetro del alambre, el diámetro de los miembros rigidizados (número de capas de tubo 7), las propiedades mecánicas del alambre, la longitud del elemento de flexión y la longitud total del miembro.

50 Se apreciará que la invención puede ser aplicada en sistemas de longitud de onda media e infrarroja (MWVIR) y longitud de onda infrarroja (LWIR) pero que las técnicas de construcción pueden igualmente ser aplicadas a IR sin enfriar y a imágenes visuales.

55 Además, se apreciará que la realización antes descrita usa unas flexiones que no contienen holguras y están naturalmente apropiadas para entornos que tienen una gran cantidad de vibración presente. Además, se apreciará que la construcción de la flexión usa unos materiales de construcción que tienen una consistencia dimensional y unas propiedades mecánicas, pero que estos materiales no necesitan ser limitados a los antes expuestos y que se puede usar cualesquiera materiales apropiados.

En la realización antes descrita se tendrá en cuenta que el sistema de palanca descrito crea un estado de equilibrio inercial y elimina los problemas de funcionamiento asociados con la vibración lineal. Se apreciará que cualquier mecanismo capaz de proporcionar tal estado puede ser sustituido por el sistema de palanca exacto descrito.

5 Se apreciará que el estabilizador de imagen puede ser usado como un medio primario de estabilización de imagen en el que el movimiento del cuerpo de la cámara es $\pm 2,5\%$ de su FoV. No obstante, el mecanismo descrito podría fácilmente ser aplicable a porcentajes mayores si lo permite una combinación apropiada de parámetros ópticos y del sistema.

10 Se apreciará que la vibración de alta frecuencia puede ser atenuada por el uso de monturas antivibración en puntos apropiados del dispositivo de formación de imágenes.

15 Además, se apreciará que el estabilizador de imagen descrito en adelante puede ser usado como un subestabilizador dentro de las plataformas estabilizadas de bajo o alto rendimiento. Además, los giróscopos de la lente antes descritos pueden ser usados para controlar la lente y la plataforma compensando por lo tanto un coste significativo del componente. Se anticipa que el enfoque del subestabilizador soportará imágenes de alto rendimiento desde una plataforma de bajo rendimiento para reducir el coste, los bienes raíces y la masa y otras propiedades del sistema.

20 Además, los giróscopos de la lente pueden ser usados para controlar otros sensores estabilizados dentro de un material científico.

25 A partir de la anterior descripción, se apreciará que el estabilizador de imagen es compatible con una óptica recta o plegada y puede ser usado en conjunción con los prismas de Risley para producir una cámara/lente en línea con la dirección y estabilización. Además, el estabilizador de imagen antes descrito puede ser usado para corregir errores de visión de pequeño calibre.

30 El estabilizador de imagen puede también ser usado para soportar la reunión de datos de imagen polarimétricos usando FPAs no homogéneas.

Además, el estabilizador de imagen puede ser usado para difuminar la imagen para recoger datos reales y eliminar la necesidad de interpolación para compensar los píxeles muertos dentro de la FPA.

35 La combinación del método de construcción y el uso de componentes de alta calidad tales los giroscopios de fibra óptica y los sensores de posición DVRT permiten que la anchura de banda operativa del sistema se extienda mientras que proporcionan un control de la línea de visión altamente precisa. Esto hace que el sistema sea potencialmente compatible con diversas funciones de mejora del sistema que incluyen, pero no están limitadas a microexploración y a referencia basada en la escena. La microexploración requiere desplazamientos de imagen en pasos controlados de medio píxel hasta 4 veces por trama de TV, y la referencia basada en escena requiere desplazamientos de la imagen en pasos controlados de píxeles completos de una trama de TV a otra trama de TV.

40 Se ha anticipado que combinando los algoritmos de estabilización electrónica y de registro de imagen con una lente IS optomecánica digitalmente controlada podría proporcionar unas ventajas reales a un sistema. Funcionalmente tal como microexploración y referencia basada en escenas podrían ser hechas disponibles desde el mismo dispositivo con las tres funciones operando cada una de forma independiente o simultánea. La microexploración puede proporcionar unas mejoras significativas en la resolución cuando se ven escenas estáticas, sin embargo si la cámara es panorámica (incluso lentamente), la combinación de movimiento y separación temporal de las muestras de subcampo de microexploración hace que la información contenida en cada píxel sea exhibida fuera de contexto cuando la imagen sea reconstruida en la pantalla. La única manera de eliminar el problema es asegurar que la imagen permanezca estacionaria durante el muestreo de todas las posiciones subcampo que forman una trama de TV. Un enfoque de lente IS potencialmente supera el problema.

45 En una realización posterior de la invención, la modificación del patrón de exploración de microexploración de un cuadrado de dos por dos hasta una figura de ocho y un registro de nuevo de las tramas de TV desplazadas permite que la estabilización de la imagen, la microexploración y las funciones de referencia basadas en escenas operen de forma independiente o simultánea.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de formación de imágenes para captar una imagen de una escena que comprende:
 - 5 un módulo estabilizador que incluye una celda de traslación (5) que comprende un elemento de lente; unos miembros de soporte flexibles (6) que soportan el elemento de lente y se extienden a lo largo de un eje óptico del elemento de lente; y
 - 10 **caracterizado por que** el módulo estabilizador comprende además un mecanismo de acoplamiento (9, 60) y unos medios de impulsión (8), el mecanismo de acoplamiento (9, 60) interpuesto entre el elemento de lente y los medios de impulsión (8) para mover el elemento de lente linealmente en una dirección opuesta a la de los medios de impulsión (8) cuando el elemento de lente está sometido a un movimiento, comprendiendo el mecanismo de acoplamiento (9, 60) unos medios de impulsión flexibles (60) que soportan la celda de traslación (5) y que se acoplan a la celda de traslación (5) y a los medios de impulsión (8), extendiéndose los miembros de impulsión flexibles (60) en una dirección ortogonal al eje óptico del elemento de lente, trasladando el mecanismo de acoplamiento (9, 60) el movimiento desde los medios de impulsión (8) al elemento de lente a través de los miembros de impulsión flexibles (60).
2. Un dispositivo de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los miembros de impulsión flexibles (60) están dispuestos en un sistema de palancas de modo que dichas palancas crean un estado de equilibrio inercial para eliminar un efecto de vibración lineal.
3. Un dispositivo de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 en el que una posición de un punto de articulación de la palanca se calcula de modo que los momentos del elemento de lente y los medios de impulsión (8) consigan un estado equilibrado de modo que con una aceleración lineal, las fuerzas de reacción se anulen, y todas las fuerzas generadas por los medios de impulsión (8) son hechas disponibles para compensar los errores de la línea de visión en el dispositivo de formación de imágenes.
4. Un dispositivo de formación de imágenes de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en el que el elemento de lente es uno de una pluralidad de elementos de lente en el dispositivo de formación de imágenes que forman un conjunto de lente, estando dicho elemento de lente suspendido de un cuerpo del conjunto de lente en una serie de miembros de soporte flexibles (6) que se deformarán en una forma de 'S' durante la operación.
5. Un dispositivo de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 4 en el que la configuración del miembro de soporte flexible (6) se deforma como un paralelogramo manteniendo de este modo la ortogonalidad del elemento de lente con un eje óptico cuando es desplazado lateralmente.
6. Un dispositivo de formación de imágenes de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en el que los miembros de soporte flexibles (6) y los miembros de impulsión flexibles (60) comprenden un alambre elástico, rigidizado localmente con capas de tubos soldados o unidos conjuntamente con un adhesivo de alta resistencia.
7. Un dispositivo de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 6 en el que el alambre elástico y el tubo están formados a partir de acero inoxidable.
8. Un dispositivo de formación de imágenes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7 en el que las palancas (9) están formadas a partir de acero inoxidable unido o con articulaciones conjuntamente.
9. Un dispositivo de formación de imágenes de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en el que el medio de impulsión (8) comprende: dos motores (8) de bobina de voz montados ortogonalmente, proporcionando los motores (8) de bobina de voz una impulsión independiente en las direcciones X e Y, una combinación de las cuales permite que el elemento de lente se traslade a cualquier sitio en un plano X-Y.
10. Un dispositivo de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1 en combinación con una cámara.
11. Un dispositivo de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 2, en donde el sistema de palancas (9) está separado en dos conjuntos de palancas (9) conectadas en serie, estando un primer conjunto de palancas conectado en serie entre el medio de impulsión (8) y un punto de un borde del elemento de lente, y estando un segundo conjunto de palancas (9) conectado en serie entre el medio de impulsión (8) y un punto de un borde opuesto del elemento de lente.

60

FIGURA 1

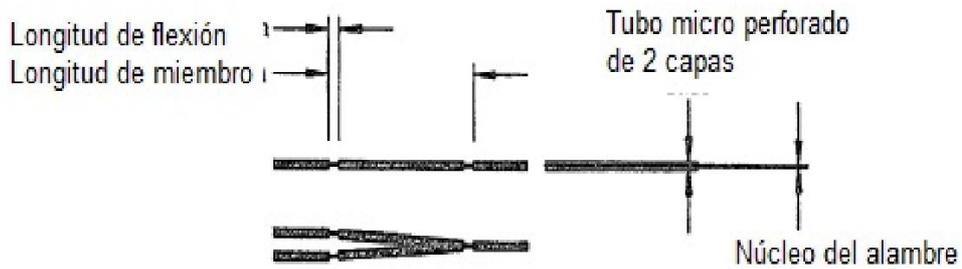
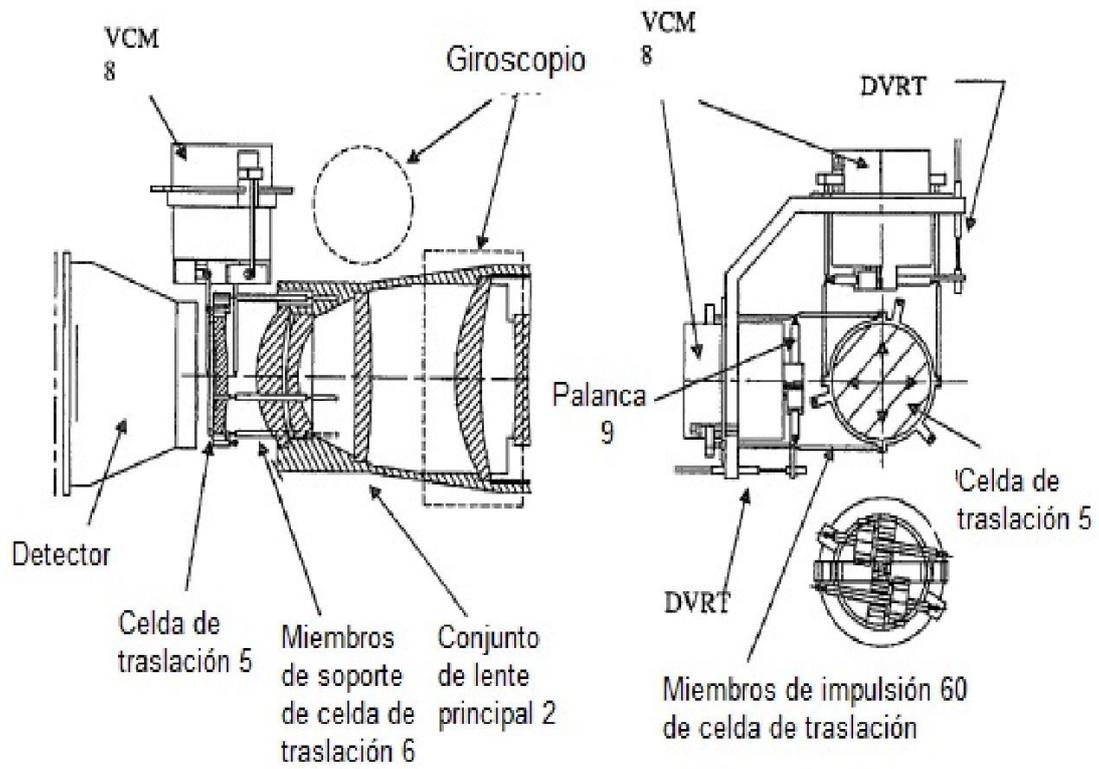


FIGURA 2

FIGURA 3

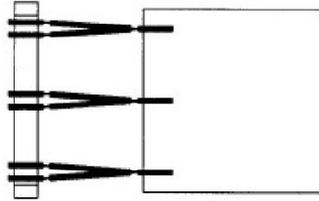


FIGURA 4

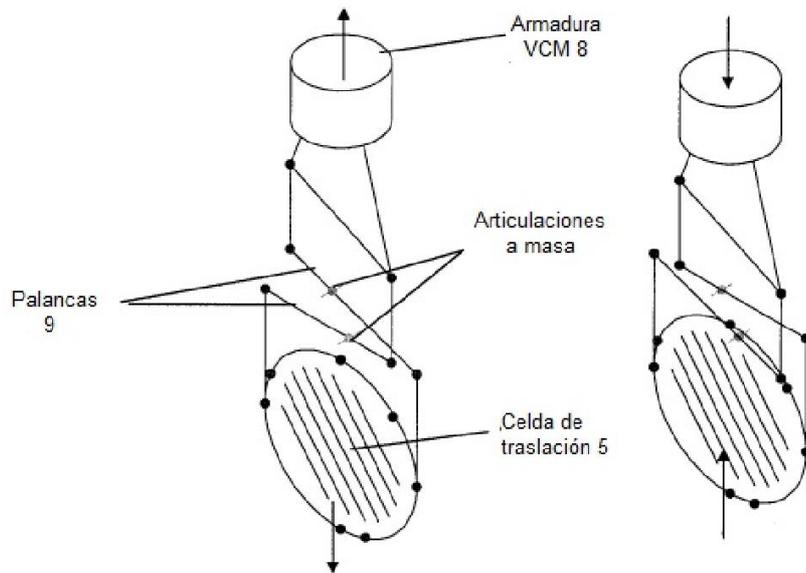


FIGURA 5

