

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 322**

51 Int. Cl.:  
**F16M 11/18** (2006.01)  
**G01C 21/18** (2006.01)  
**G03B 37/00** (2006.01)  
**G03B 15/00** (2006.01)  
**G01C 11/00** (2006.01)  
**G02B 27/64** (2006.01)  
**F16M 11/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **04702181 .1**  
96 Fecha de presentación: **14.01.2004**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1595095**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.11.2005**

54 Título: **Procedimiento y aparato para la estabilización de cargas útiles, incluyendo cámaras aéreas**

30 Prioridad:  
**17.01.2003 US 440977 P**  
**18.12.2003 US 742578**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**20.12.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**20.12.2012**

73 Titular/es:  
**THE INSITU GROUP (100.0%)**  
**154-D EAST BINGEN POINT WAY**  
**BINGEN, WASHINGTON 98605, US**

72 Inventor/es:  
**MERCADAL, MATHIEU y**  
**VONFLOTOW, ANDREAS, H.**

74 Agente/Representante:  
**MILTENYI, Peter**

ES 2 393 322 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**

Procedimiento y aparato para la estabilización de cargas útiles, incluyendo cámaras aéreas.

**5 CAMPO TÉCNICO**

La presente invención se refiere en general a procedimientos y aparatos para la estabilización de cámaras aéreas.

**ANTECEDENTES**

10 Los aviones o vehículos aéreos no tripulados (UAVs) proporcionan un acceso mejor y económico a zonas en las que las operaciones de vuelo tripulado son inaceptablemente costosas y/o peligrosas. Por ejemplo, los aviones no tripulados equipados con cámaras de control remoto pueden realizar una gran variedad de misiones de vigilancia, incluyendo la localización de bancos de peces para la industria pesquera, la monitorización de condiciones meteorológicas, la disposición de patrullas fronterizas para gobiernos nacionales, y la disposición de vigilancia militar antes, durante y/o después de operaciones militares.

20 Para llevar a cabo una misión de vigilancia, un avión no tripulado típicamente lleva una cámara móvil accionada a distancia. Si no se estabiliza, la dirección de orientación de la cámara aérea oscila a medida que el avión maniobra. La práctica habitual es montar una cámara dentro de un sistema de cardán y accionar el cardán de manera que el eje de orientación se estabilice. Este enfoque puede proporcionar una orientación estabilizada de alta calidad, pero típicamente implica sistemas mecánicos grandes y pesados para sostener la cámara aérea. Dichos sistemas son el objeto de la patente US 5.897.223, la patente US 3.638.502, la patente US 4.989.466, la patente US 4.643.539 y la patente US 5.184.521.

25 Para estabilizar completamente una cámara aérea se requieren típicamente por lo menos tres ejes de libertad de balanceo. Cada una de las patentes mencionadas anteriormente describe un sistema de 3 ejes, mientras que la patente US 5.897.223 describe también un sistema de 2 ejes. Incluso con tres ejes de libertad de balanceo, la estabilización se degrada en algunas direcciones de orientación. Esto ocurre cuando dos de los ejes mecánicos se vuelven colineales, y se conoce como "bloqueo del cardán". El rendimiento de la estabilización puede degradarse notablemente cuando se trabaja cerca de esta configuración de "bloqueo del cardán". En la figura 1A de la patente US 5.897.223, por ejemplo, el bloqueo del cardán puede producirse cuando el eje del "horizonte" se encuentra girado  $\pm 90$  grados de la configuración dibujada. La figura 1B de la misma patente US 5.897.223 muestra un sistema cardán de 2 ejes en el que la estabilización de los ejes exteriores puede degradarse siempre que la dirección de orientación sea hacia el nadir del vehículo de vuelo.

35 Para evitar esta degradación de la estabilización, los sistemas existentes han incluido ejes de estabilización adicionales en el interior de los ejes de cardán de amplio movimiento. Un inconveniente asociado a esta propuesta es que los ejes interiores adicionales pueden aumentar el peso, el tamaño, la complejidad y el consumo de energía de todo el sistema de estabilización.

40 US-A-3 085 354 describe un simulador de múltiples cardanes que se lleva a cabo para simular movimientos de un vuelo y que puede proporcionar un equipo de vuelo para aviones con simulación rápida de una actitud de vuelo. El sistema de cardán descrito utiliza tres actuadores para producir movimientos de giro alrededor de tres ejes.

45 US-A-3 464 116 describe un soporte para el seguimiento de satélites que utiliza un sistema de cardán que tiene cuatro ejes para el seguimiento de satélites. El soporte para el seguimiento de satélites presenta un elemento de base, una horquilla colocada de manera regulable sobre dicho elemento de base, un cardán exterior montado para girar sobre dicho elemento de horquilla, un cardán interior montado giratorio dentro de dicho cardán exterior, y un instrumento de detección o transmisión principal dispuesto para girar dentro de dicho cardán interior y respecto al mismo hacia una posición desplazada.

50 El objetivo de la presente invención es disponer un aparato y un procedimiento mejorados para estabilizar cámaras aéreas utilizando tres ejes.

55 El objetivo se soluciona mediante el contenido de las reivindicaciones independientes.

En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones preferidas.

**60 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

La figura 1 ilustra un avión que tiene una cámara configurada e instalada de acuerdo con una realización de la invención.

65 Las figuras 2A-2C ilustran una cámara montada en un sistema de cardán que se desplaza de acuerdo con una realización de la invención.

Las figuras 3A-3C ilustran la cámara y el sistema de cardán mostrados en las figuras 2A-2C inclinados a tres posiciones diferentes de acuerdo con una realización de la invención.

5 Las figuras 4A-4C ilustran la cámara y el sistema de cardán mostrados en las figuras 2A-2C explorados a tres posiciones diferentes de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 4D es una ilustración parcialmente esquemática de una imagen de la cámara alineada respecto a dos ejes perpendiculares de acuerdo con una realización de la invención.

10 Las figuras 5A-5C son diagramas de bloques que ilustran unos procedimientos para controlar el movimiento de la cámara de acuerdo con varias realizaciones de la invención.

15 La figura 6 ilustra una cámara montada en un sistema de cardán que lleva una carcasa de protección accionada por desplazamiento de acuerdo con una realización de la invención.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA

20 La presente descripción describe unos sistemas de soporte para cargas útiles, incluyendo cámaras, que pueden incorporarse en un avión, incluyendo un avión no tripulado. Muchos detalles específicos de ciertas realizaciones de la invención se exponen en la siguiente descripción y en las figuras 1-6 para proporcionar una comprensión completa de estas realizaciones. Los expertos en la materia, sin embargo, comprenderán que la presente invención puede tener realizaciones adicionales, y que la invención puede llevarse a la práctica sin varios de los detalles que se describen a continuación.

25 Aspectos de la presente invención incluyen un aparato para estabilizar la dirección de orientación de una cámara aérea. El aparato puede incluir un sistema de cardán en el cual va montada la cámara, junto con unos motores apropiados para orientar la cámara mediante el accionamiento del sistema de cardán, y unos sensores adecuados para producir una señal para accionar los motores del cardán. Otros aspectos de la invención pueden incluir una secuencia de actuaciones sobre los ejes de cardán que consigan la estabilización de la cámara. Esta secuencia de actuaciones puede reducir la complejidad del sistema, evitar el bloqueo del cardán y proporcionar una mejor redundancia y rendimiento.

30 Todavía otros aspectos de la presente invención pueden incluir una cámara montada en un sistema de cardán que incluye dos ejes de cardán de gran recorrido, incrementado por un único eje interior de menor recorrido. Los ejes pueden disponerse como desplazamiento (exterior) sobre inclinación (intermedio) sobre exploración (interior). El eje de exploración puede estar dispuesto de modo que quede paralelo al eje de desplazamiento cuando la carga útil quede orientada horizontalmente (por ejemplo, cuando la cámara apunte directamente al frente). Cuando la carga útil apunta hacia el nadir del avión (por ejemplo, cuando la cámara apunta hacia abajo), el eje de exploración puede permitir la estabilización, lo cual de otra manera no es posible con un sistema de dos ejes debido al bloqueo del cardán.

35 Una característica de la disposición anterior es que puede resultar en una configuración muy compacta de un sistema de cardán estabilizado para una cámara aérea. Las ventajas de esta disposición pueden incluir un tamaño, un peso, una complejidad y unos requisitos de energía reducidos.

40 Tal como se ha descrito anteriormente, una disposición de cardán de acuerdo con una realización de la invención puede proporcionar una actuación redundante cuando el eje de inclinación apunta a la línea de visión de la cámara horizontalmente. En esta configuración, los ejes de desplazamiento y de exploración son paralelos o colineales. Esta redundancia disminuye gradualmente hacia cero a medida que el eje de inclinación apunta a la línea de visión del nadir. En un aspecto de esta realización, el movimiento a lo largo del eje de desplazamiento puede estar sincronizado con el movimiento a lo largo del eje de exploración, de manera que actuador de desplazamiento se mueve con una respuesta de una frecuencia (relativamente) más lenta para mantener el ángulo del cardán de exploración casi a cero. Este enfoque permite utilizar un actuador de desplazamiento menos ágil y menos preciso, el cual puede realizar un "volteo" de 180 grados alrededor del eje de desplazamiento siempre que el objetivo pase a través del nadir o cerca de éste. En otra realización, el uso de un actuador de desplazamiento (relativamente) menos ágil, y menos preciso puede permitir que el sistema de cardán lleve una carcasa meteorológica de accionamiento en desplazamiento sin penalizaciones de coste, peso y complejidad adicionales típicamente asociadas a un actuador adicional para esta carcasa.

45 50 55 60 65 La figura 1 es una vista isométrica parcialmente esquemática de un avión no tripulado 100 configurado para soportar un aparato aéreo 110 de acuerdo con una realización de la invención. En un aspecto de esta realización, el avión no tripulado 100 puede incluir un fuselaje 101, un par de alas 102 que se extienden hacia afuera desde el fuselaje 101, y una hélice 104 dispuesta en el extremo de popa del fuselaje 101 para propulsar el avión durante el vuelo 100. Cada ala 102 puede incluir una aleta que se extienda hacia arriba 103 para estabilidad y control lateral.

El aparato 110 puede incluir una cámara 111 u otra carga útil sostenida por un aparato de cardán 120. El aparato 110 puede colocarse detrás de una cúpula de vigilancia 140 en una parte de la punta 105 del avión 100. La cámara 111 puede desplazarse respecto al avión 100 para capturar y/o seguir un objetivo situado en el suelo, en el mar, o en el aire. A continuación se describen, con referencia a las figuras 2A-6, otros detalles de las maneras en las que el aparato de cardán 120 controla el movimiento de la cámara 111.

La figura 2A es una ilustración isométrica parcialmente esquemática de un aparato 110 substancialmente similar al mostrado esquemáticamente antes en la figura 1. Tal como se ha descrito anteriormente, el aparato 110 puede incluir la cámara 111 sostenida por el aparato de cardán 120. En una realización, el aparato de cardán 120 puede incluir un primer soporte o carro 121 que lleva un segundo soporte o base 122. La cámara 111 puede disponerse en la base 122. Tal como se describe en mayor detalle a continuación, el aparato de cardán 120 puede configurarse para mover la cámara 111 alrededor de tres ejes respecto al avión 100 (figura 1).

En un aspecto de una realización mostrada en la figura 2A, el carro 121 puede acoplarse a un actuador de desplazamiento 123 para girar alrededor de un eje de giro de desplazamiento 124, tal como se indica mediante la flecha "P". La base 122 puede acoplarse a un actuador de inclinación 127 para girar alrededor de un eje de giro de inclinación 128, tal como se indica mediante la flecha "T". El carro 121 puede sostener el actuador de inclinación 127 y por lo tanto éste puede moverse con el carro 121 a medida que el carro 121 se desplace. El aparato de cardán 120 puede incluir, además, un actuador de exploración 130 que esté acoplado operativamente a la cámara 111 con una manivela 131 u otra unión. El actuador de exploración 130 puede girar la cámara 111 respecto a la base 122 alrededor de un eje de giro de exploración 132, tal como se indica mediante la flecha "S". En una realización, los actuadores 123, 127, 130 pueden incluir unos motores AM1524-A, disponibles de *MicroMo Electronics, Inc.*, de Clearwater, FL. En otras realizaciones, los actuadores 123, 127, 130 puede incluir otros dispositivos.

La cámara 111 puede incluir una apertura de cámara 113 que tenga una línea de visión "L." En una realización, la cámara 111 puede incluir una cámara de vídeo configurada para capturar imágenes formadas por radiación en el espectro visible. Por ejemplo, la cámara 111 puede incluir un modelo FCB 780, disponible de *Sony Corp.* de Tokio, Japón. En otras realizaciones, la cámara 111 puede configurarse para capturar imágenes formadas por radiación que presenten otras longitudes de onda, por ejemplo, imágenes de infrarrojos. Por ejemplo, la cámara 111 puede incluir una unidad de infrarrojos disponible de *Indigo Systems Corp.* de Santa Barbara, CA o una unidad de *Cam-Noir®* disponible de *Irvine Sensors Corp.* de Costa Mesa, CA. Todavía en otras realizaciones, la cámara 111 puede incluir una cámara fotográfica y/o puede configurarse para capturar imágenes fijas. La imagen capturada por la cámara 111 puede almacenarse a bordo del avión 100 y/o transmitirse a una posición remota, por ejemplo, un monitor de base en tierra o en el mar.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, el movimiento de la cámara 111 respecto al avión 100 puede tener por lo menos dos aspectos. En un aspecto, la cámara 111 puede moverse para capturar un objetivo o seguir el objetivo una vez que se capture el objetivo. Este movimiento tiende a ser relativamente intencionado, puesto que el avión 100 normalmente no experimenta maniobras extremas mientras realiza la captura o el seguimiento de un objetivo.

Otro aspecto del movimiento de la cámara va dirigido a mantener la imagen grabada por la cámara 111 relativamente estable, a pesar de las perturbaciones de frecuencia relativamente alta que puede experimentar la cámara 111. Estas perturbaciones pueden deberse a ráfagas de viento, turbulencias, movimiento de vibración del avión 100 producido por su sistema de propulsión, y/u otras fuentes. Para corregir temblores y/u otro ruido de la imagen que resulte de dichas perturbaciones, la cámara 111 puede estabilizarse respecto a dos ejes perpendiculares por los movimientos de por lo menos dos de los actuadores. Por ejemplo, en una realización, el actuador de inclinación 127 y el actuador de exploración 130 pueden moverse a frecuencias relativamente altas para controlar perturbaciones de frecuencia relativamente alta experimentadas por la cámara 111. El actuador de desplazamiento 123 puede configurarse para aplicar un movimiento de frecuencia relativamente baja a la cámara 111. Por ejemplo, en una realización, el actuador de exploración 130 y el actuador de inclinación 127 pueden tener una frecuencia de ancho de banda de bucle cerrado de aproximadamente 5 Hz, y el actuador de desplazamiento 123 puede tener una frecuencia de ancho de banda de bucle cerrado de aproximadamente 1 Hz. En otras realizaciones, estos actuadores pueden tener distintas frecuencias de respuesta. En cualquiera de estas realizaciones, el actuador de desplazamiento 123 puede tener una primera respuesta de frecuencia (por ejemplo, para la captura y/o el seguimiento del objetivo), y el actuador de inclinación 127 y el actuador de exploración 130 pueden tener una segunda frecuencia de respuesta (por ejemplo, para la estabilización de imagen), siendo la segunda frecuencia de respuesta mayor que la primera frecuencia de respuesta. El rango máximo para los actuadores 123, 127, 130 puede ser el mismo (por ejemplo, 90 grados/segundo) o distinto.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, el eje de giro de exploración 132 puede ser inicialmente paralelo al eje de giro de desplazamiento 124, tal como se muestra en la figura 2A. A medida que la cámara 111 se inclina alrededor del eje de giro de inclinación 128, el eje de giro de exploración 132 puede desviarse de su alineamiento paralelo al eje de giro de desplazamiento 124. Tal como se describe en mayor detalle a continuación con referencia a las figuras 3A-4D, esta disposición puede permitir que la cámara 111 capture y siga objetivos mientras controla las perturbaciones de alta frecuencia en una amplia gama de ángulos de giro e inclinación, todo con un mecanismo relativamente sencillo.

El aparato de cardán 120 puede incluir, además, giroscopios u otros dispositivos para el seguimiento de la velocidad a la que la cámara 111 gira alrededor de los ejes de giro 124, 128, y/o 132. Por ejemplo, en una realización, el aparato de cardán 120 puede incluir un giroscopio de inclinación 129 configurado para seguir la velocidad angular alrededor del eje de giro de inclinación 128 y un giroscopio de exploración 133 configurado para seguir la velocidad a la que la cámara 111 gira alrededor del eje de giro de exploración 132. Un giroscopio de desplazamiento opcional (no visible en la figura 2A) puede realizar un seguimiento de la velocidad a la que la cámara 111 gira alrededor del eje de giro de desplazamiento 124. En una realización, los giroscopios pueden incluir unidades modelo CRS03-02, disponibles de *Silicon Sensing Systems* de Plymouth, UK. En otras realizaciones, los giroscopios pueden incluir otros dispositivos.

Unas placas de circuito 126 pueden incluir circuitos que proporcionen comunicación eléctrica entre la cámara 111, los giroscopios 129, 133 y los actuadores 123, 127, y 130. Las placas de circuito 126 también pueden permitir la comunicación entre estos componentes y otros componentes situados dentro del avión 100 (figura 1). Pueden disponerse unos procesadores (no visibles en la figura 2A) montados en placas de circuito 126 o alejados de las mismas. En una realización, los procesadores pueden incluir un procesador maestro conectado a tres procesadores individuales, estando conectados cada uno de los tres procesadores individuales a uno de los actuadores 123, 127, 130. En un aspecto adicional de esta realización, los procesadores anteriores pueden incluir unidades modelo MSP430, disponible de *Texas Instruments* de Dallas, TX. En otras realizaciones, los procesadores pueden incluir diferentes unidades y/o pueden disponerse en diferentes configuraciones.

La figura 2B ilustra la cámara 111 después de haber girado alrededor del eje de giro de desplazamiento 124 (tal como se indica mediante la flecha P) de manera que la línea de visión L está orientada en una dirección distinta a la mostrada en la figura 2A. Desde este ángulo es visible un giroscopio de desplazamiento 125 (que puede realizar un seguimiento de la velocidad a la que la cámara 111 gira alrededor del eje de giro de desplazamiento 124). La cámara 111 puede continuar girando alrededor del eje de giro de desplazamiento 124, por ejemplo, hacia la orientación mostrada en la figura 2C. En esta orientación son visibles otros aspectos del aparato de cardán 120, incluyendo un cable flexible 134. El cable flexible 134 puede proporcionar comunicación eléctrica a, desde y entre los componentes del aparato 110.

Las figuras 3A-3C ilustran la cámara 111 a medida que gira alrededor del eje de inclinación 128 de acuerdo con una realización de la invención. Comenzando con la figura 3A, la cámara 111 puede girar alrededor del eje de inclinación 128, tal como se indica mediante la flecha T, de manera que la línea de visión L queda orientada hacia arriba, por ejemplo, si el avión 100 (figura 1) cae en picado o está siguiendo un objetivo aéreo. Si el avión 100 cabecea hacia arriba, o si el objetivo empieza a pasar por debajo del avión, la cámara 111 puede inclinarse hacia abajo alrededor del eje de giro de inclinación 128, tal como se muestra en la figura 3B, de manera que la línea de visión L queda orientada hacia abajo. A medida que el avión 100 pasa sobre el objetivo, la línea de visión L puede pasar a través de la vertical (tal como se indica por la línea de trazos V en la figura 3C), de manera que queda orientada hacia atrás, todavía hacia el objetivo. A medida que la línea de visión L pasa a través de la vertical, la cámara 111 puede girar 180° alrededor del eje de giro de desplazamiento 124 (tal como se indica por la flecha P) desde la orientación mostrada en la figura 3C de modo que la imagen resultante transmitida por la cámara 111 no aparece al revés para el observador. La cámara 111 puede entonces continuar inclinándose alejándose del eje vertical V a medida que el avión 100 se aleja del objetivo, con la imagen transmitida en posición vertical. En otro aspecto de esta realización, la cámara 111 puede girar automáticamente 180° alrededor del eje de giro de desplazamiento 124. Por ejemplo, un sensor en el eje del actuador de inclinación 127 (figura 1A) puede detectar cuándo la línea de visión L de la cámara 111 pasa a través de la vertical, y puede transmitir instrucciones (por ejemplo, a través de los procesadores descritos anteriormente) al actuador de desplazamiento 123 para realizar el giro de 180°. Una ventaja de esta disposición es que la carga de trabajo del operario puede reducirse realizando automáticamente una operación que de otro modo se realizaría manualmente.

Las figuras 4A-4C ilustran la cámara 111 a medida que gira alrededor del eje de giro de exploración 132 (perpendicular al plano de las figuras 4A-4C) de acuerdo con una realización de la invención. Comenzando con la figura 4A, la cámara 111 se muestra apuntando por lo menos aproximadamente hacia abajo, con la línea de visión L aproximadamente alineada con la vertical V. El actuador de exploración 130 puede girar la cámara 111 alrededor del eje de giro de exploración 132 a una velocidad relativamente elevada en sentido horario (tal como se muestra en la figura 4B) y en sentido antihorario (tal como se muestra en la figura 4C). Por lo tanto, el actuador de exploración 130 puede proporcionar un movimiento de frecuencia relativamente alta alineado con un eje de la imagen de la imagen proporcionada por la cámara 111. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 4D, una imagen 150 proporcionada por la cámara 111 puede tener un primer eje de la imagen 151 y un segundo eje de la imagen 152. El actuador de exploración 130 puede proporcionar estabilidad de la imagen 150 a lo largo del primer eje de la imagen 151. El actuador de inclinación 127 puede girar (también a una velocidad relativamente elevada) para mover la cámara 111 en una dirección perpendicular a la dirección de movimiento aplicado por el actuador de exploración 130. En consecuencia, el actuador de inclinación 127 puede proporcionar estabilidad a la imagen 150 a lo largo del segundo eje de la imagen 152. Por consiguiente, el actuador de exploración 130 y el actuador de inclinación 127 juntos pueden corregir perturbaciones de alta frecuencia que experimente la cámara 111 a medida que el avión 100 sobrevuela su objetivo. En una realización, el giróscopo de inclinación 129 puede proporcionar información de la

velocidad angular que corrige el actuador de inclinación 127, y el giroscopio de exploración 133 (figura 1A) puede proporcionar la información de velocidad angular que corrige el actuador de exploración 130. En otras realizaciones, las entradas para los actuadores pueden ser proporcionadas por otras fuentes. En cualquiera de estas realizaciones, el (los) procesador(es) descrito(s) anteriormente puede(n) coordinar la comunicación desde y hacia los actuadores.

En una realización, el actuador de exploración 130 puede mover la cámara 111 respecto al eje de giro de exploración 132 en un rango de ángulos relativamente limitado. En un aspecto de esta realización, el rango de ángulos puede ser de  $\pm 20$  (respecto a la posición cero mostrada en la figura 4A). En otras realizaciones, este rango puede ser de aproximadamente  $\pm 10$ , o este rango puede tener otros valores menores de, por ejemplo,  $\pm 180^\circ$  o  $\pm 90^\circ$ . Una ventaja de esta característica es que el actuador de exploración 130 y la manivela 131 (figura 1A) pueden ser relativamente simples y no es necesario accionar la cámara 111 a velocidades elevadas en grandes rangos de ángulos.

Un posible inconveniente con la disposición del anterior rango de ángulos es que el estrecho rango de movimientos angular alrededor del eje de giro de exploración 132 puede ser limitativo. Una característica del aparato de cardán 120 de acuerdo con una realización de la invención puede superar este inconveniente. En un aspecto de esta realización, el actuador de desplazamiento 123 puede sincronizarse con el actuador de exploración 130. En consecuencia, el actuador de desplazamiento 123 puede recibir información sobre la posición de la cámara 111 respecto al eje de giro de exploración 132 (por ejemplo, desde un sensor en el eje del actuador de exploración 130) y puede moverse para colocar la cámara 111 a la mitad de su rango de movimientos disponible alrededor del eje de giro de desplazamiento 132 (es decir, en la posición cero mostrada en la figura 4A). Por ejemplo, haciendo referencia ahora a la figura 2A, el actuador de desplazamiento 123 puede proporcionar un movimiento de poca precisión alrededor del eje de giro de desplazamiento 124, y el actuador de exploración 130 puede proporcionar un movimiento de precisión y de alta frecuencia alrededor del eje de giro de exploración (paralelo) 132. Cuando la cámara 111 no está inclinada, tal como se muestra en las figuras 2A-2C, el actuador de desplazamiento 123 puede girar la cámara 111 hacia la orientación correcta para la captura y/o seguimiento del objetivo, y el actuador de exploración 130 y el actuador de inclinación 127 juntos pueden permitir un movimiento de frecuencia relativamente alta de la cámara 111 a lo largo de los dos ejes de la imagen 151, 152 (figura 4D) para corregir las vibraciones y otras perturbaciones. A medida que la cámara 111 se inclina hacia la orientación mostrada en las figuras 4A-4C, la redundancia entre el eje de giro de exploración 132 y el eje de giro de desplazamiento 124 desaparece. En consecuencia, el actuador de desplazamiento 123 se vuelve cada vez menos capaz de poner a cero la posición de la cámara 111 respecto al eje de giro de exploración 132. Sin embargo, el actuador de exploración 130 y el actuador de inclinación 127 todavía pueden funcionar para estabilizar la cámara contra perturbaciones de alta frecuencia en dos direcciones perpendiculares sin encontrarse con el problema del "bloqueo del cardán" descrito anteriormente.

Las figuras 5A-5C ilustran procedimientos para controlar el movimiento de la cámara 111 descrito anteriormente, de acuerdo con varias realizaciones de la invención. En un aspecto de estas realizaciones, los procesos o etapas pueden completarse mediante un ordenador u otro procesador numérico tal como los procesadores descritos anteriormente. Haciendo referencia primero a la figura 5A, un procedimiento 500 de acuerdo con una realización de la invención puede incluir la recepción de información relativa a la posición angular de la cámara alrededor del eje de giro de exploración (parte de proceso 501). En la parte de proceso 502, el actuador de desplazamiento puede activarse hasta que la posición angular de la cámara respecto al eje de exploración sea cero, en base a la información recibida en la parte de proceso 501. El proceso 500 puede repetirse de manera continua para volver a alinear la cámara respecto al eje de exploración (a través del actuador de exploración) en una disposición sincronizada, tal como se ha descrito anteriormente. La posición angular de la cámara alrededor del eje de giro de exploración puede enviarse al actuador de desplazamiento, con una ganancia que puede depender de la posición actual de la cámara respecto al eje de giro de inclinación.

Haciendo ahora referencia a la figura 5B, un proceso 505 puede incluir la estabilización de la imagen creada por la cámara de acuerdo con una realización de la invención. Una parte de proceso 503a puede incluir la recepción de información acerca del movimiento inercial (por ejemplo, velocidad angular) de la cámara respecto al primer eje de la imagen. Esta información puede ser recibida desde los giroscopios, tal como se ha descrito anteriormente. En una parte de proceso 504a, el actuador de exploración puede activarse para controlar el movimiento inercial. En consecuencia, la imagen transmitida por la cámara puede estabilizarse respecto al primer eje de la imagen. Una parte de proceso 503b puede incluir la recepción de información acerca del movimiento inercial (por ejemplo, velocidad angular) de la cámara respecto al segundo eje de la imagen, y una parte de proceso 504b puede incluir la activación del actuador de inclinación para corregir el movimiento inercial respecto al segundo eje de la imagen. En consecuencia, la imagen transmitida por la cámara puede estabilizarse en dos ejes perpendiculares. Un aspecto de una realización del proceso 505 mostrado en la figura 5B es que la imagen puede estabilizarse en dos direcciones, ya sea simultáneamente o secuencialmente, sin acoplamiento cruzado entre instrucciones relativas al movimiento respecto al primer eje de la imagen, e instrucciones relativas al segundo movimiento del eje de la imagen.

Haciendo ahora referencia a la figura 5C, un proceso 509 de acuerdo con otra realización de la invención puede incluir hacer girar  $180^\circ$  la cámara 111 para reorientar la imagen de la cámara, por ejemplo, a medida que el avión sobrevuela su objetivo. La parte de proceso 510 puede incluir la recepción de información relativa a la posición angular de la cámara respecto al eje de inclinación. La parte de proceso 511 puede incluir determinar si la posición

angular relativa al eje de inclinación se encuentra aproximadamente en el nadir del avión. En caso negativo, el proceso puede volver a la parte de proceso 510. En caso positivo, la parte de proceso 512 puede incluir la activación del actuador de desplazamiento para girar 180° la cámara respecto al eje de giro de desplazamiento.

5 En una realización, pueden combinarse aspectos de los procedimientos descritos anteriormente con referencia a las figuras 5A-5C. Por ejemplo, un proceso puede incluir la comprobación de la posición angular de la cámara respecto al eje de giro de exploración mientras se controla al mismo tiempo la posición de la cámara respecto al eje de giro de inclinación. El actuador de desplazamiento puede activarse simultáneamente tanto para poner a cero la posición de la cámara respecto al eje de giro de exploración como para invertir la cámara respecto al eje de giro de desplazamiento para mantener la imagen de la cámara en posición vertical.

10 La figura 6 es una ilustración isométrica parcialmente esquemática de una parte del avión 100 descrito anteriormente con referencia a la figura 1, que tiene una punta 605 configurada de acuerdo con otra realización de la invención. En un aspecto de esta realización, la punta del avión 605 puede incluir una sección cónica 606 que presente un extremo cóncavo orientado hacia adelante 607. El extremo cóncavo 607 puede recibir una cúpula de vigilancia 640 que presente la forma general de una parte de una esfera. La cúpula de vigilancia 640 puede estar acoplada operativamente al carro 121 del aparato de cardán 120 (o directamente al actuador de desplazamiento 123 mostrado en la figura 2A), situado dentro de la cúpula de vigilancia 640. En consecuencia, la cúpula de vigilancia 640 puede girar junto con el carro 121 alrededor del eje de giro de desplazamiento 124, tal como se indica mediante la flecha P.

15 En un aspecto de una realización mostrada en la figura 6, la cúpula de vigilancia 640 puede incluir una ventana en forma de tira 641 alineada con la abertura 113 de la cámara 111. La ventana 641 puede ser transparente a la radiación a la cual es sensible la cámara 111, mientras que el resto de la cúpula de vigilancia 640 puede ser traslúcida y/u opaca a esta radiación. Por ejemplo, si la cámara 111 es sensible a la radiación infrarroja, la ventana 641 puede ser transparente a la radiación infrarroja. La forma de la ventana 641 puede configurarse para adaptarse al movimiento de la línea de visión L de la cámara 111 a medida que la cámara 111 se inclina alrededor del eje de giro de inclinación 128, tal como se indica mediante la flecha T.

20 Una característica de una realización de la disposición descrita anteriormente con referencia a la figura 6 es que la cúpula de vigilancia 640 puede configurarse para girar alrededor del eje de giro de desplazamiento 124. Una ventaja de esta característica es que la cúpula de vigilancia 640 sólo requiere el giro alrededor de un eje, y en consecuencia puede tener un sistema de accionamiento relativamente simple que se "superponga" a la disposición de activación existente para el eje de desplazamiento 124. Una ventaja adicional de esta característica es que el eje de desplazamiento 124 alrededor del cual gira la cúpula de vigilancia 640 sólo necesita proporcionar un giro relativamente lento, tal como se ha descrito anteriormente con referencia a las figuras 2A-4C. Por consiguiente, no es necesario que el actuador de desplazamiento 123 (figura 2A) tenga un tamaño (y por lo tanto un peso) significativamente mayor para adaptarse al movimiento de la cúpula de vigilancia 640.

25 Otra característica de una realización de la disposición descrita anteriormente con referencia a la figura 6 es que la cúpula de vigilancia 640 puede incluir una ventana 641 que ocupe menos de la totalidad de la superficie de la cúpula de vigilancia 640. En una realización, la ventana 641 puede incluir una ranura física en forma de tira en la cúpula de vigilancia 640. Esta realización puede ser adecuada para un avión 100 (figura 1) que pueda superar el aumento sustancial de resistencia resultante de dicha configuración. En otras realizaciones, la ventana 641 puede incluir un material sólido distinto del material que forma el resto de la cúpula de vigilancia 640. Una ventaja de esta disposición es que puede reducirse la cantidad de material transparente (que puede ser costoso) requerido para la cúpula de vigilancia 640 en comparación con otras disposiciones. Una ventaja adicional es que puede ser difícil que el material que forma la ventana 641 se forme en configuraciones complejas. Formando la ventana a partir de una única pieza plana de material en forma de tira, la ventana 641 puede doblarse o curvarse en una sola dirección (por ejemplo, alrededor del eje de giro de inclinación 128) en lugar de curvarse de una manera compuesta. En cualquiera de estas realizaciones, la ventana 641 puede formarse a partir de un único vidrio o múltiples vidrios.

30 A partir de lo anterior, se apreciará que se han descrito aquí realizaciones específicas de la invención para fines ilustrativos, pero que pueden realizarse diversas modificaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato aéreo de vigilancia (110), que comprende:

5 una cámara (111) que tiene una apertura de cámara configurada para recibir radiación a lo largo de una línea de visión, presentando la cámara, además, un campo de imagen con un primer eje de la imagen y un segundo eje de la imagen substancialmente transversal al primer eje de la imagen;

10 un sistema de cardán (120) que sostiene la cámara, incluyendo el sistema de cardán:

un primer soporte (121) acoplado a un primer actuador (123) para girar alrededor de un primer eje (124), presentando el primer actuador (123) una primera capacidad de velocidad de actuación;

15 un segundo soporte (122) dispuesto en el primer soporte y acoplado a un segundo actuador (127) para girar alrededor de un segundo eje (128) transversal al primer eje, sosteniendo el segundo soporte la cámara, presentando el segundo actuador una segunda capacidad de velocidad de actuación;

20 un tercer actuador (131) dispuesto en el segundo soporte para girar alrededor de un tercer eje (132), pudiéndose acoplar el tercer actuador operativamente a la cámara para girar la cámara respecto al segundo soporte, siendo el tercer eje substancialmente paralelo al primer eje cuando el segundo soporte se encuentra en una primera posición angular respecto al segundo eje, siendo el tercer eje no paralelo al primer eje cuando el segundo soporte se encuentra en una segunda posición angular respecto al segundo eje, presentando el tercer actuador una tercera capacidad de velocidad de actuación mayor que la primera capacidad de velocidad de actuación; y

25 un controlador acoplado operativamente al primer, al segundo y al tercer actuador (123, 127, 131) y estando configurado para dirigir el movimiento de los actuadores de manera que:

30 cuando el segundo soporte (122) se encuentra en la primera posición angular, el primer actuador mueve la línea de visión a lo largo del primer eje de la imagen (151) y el segundo actuador mueve la línea de visión a lo largo del segundo eje de la imagen (152); y

35 cuando el segundo soporte (122) se encuentra en la segunda posición angular, el tercer actuador mueve la línea de visión a lo largo del primer eje de la imagen y el segundo actuador mueve la línea de visión a lo largo del segundo eje de la imagen.

40 2. Aparato (110) según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el primer actuador (123) está situado para mover el primer soporte (121) a través de un primer rango de ángulos, el segundo actuador (127) está colocado para mover el segundo soporte (122) a través de un segundo rango de ángulos, y el tercer actuador (131) está colocado para mover la cámara a través un tercer rango de ángulos, siendo el tercer rango de ángulos menor que el primer y el segundo rango de ángulos.

45 3. Aparato (110) según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el primer actuador (123) está situado para mover el primer soporte (121) a través de un rango de ángulos total de aproximadamente 360 grados, el segundo actuador (127) está situado para mover el segundo soporte (122) a través de un rango de ángulos total de aproximadamente 180 grados, y el tercer actuador (131) está situado para mover la cámara un rango de ángulos total de aproximadamente 20 grados.

50 4. Aparato (110) según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el controlador está configurado para dirigir el primer actuador para girar el primer soporte 180 grados cuando el segundo actuador gira la cámara para orientarla hacia abajo.

55 5. Aparato (110) según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que comprende, además, una carcasa acoplada al primer soporte (121) para moverse con el primer soporte.

6. Aparato (110) según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el primer eje (124) incluye un eje de desplazamiento, el segundo eje (128) incluye un eje de inclinación y el tercer eje (132) incluye un eje de exploración.

60 7. Aparato (110) según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el segundo y el tercer actuador (123, 127) están configurados para estabilizar la cámara contra vibraciones.

8. Aparato (110) según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el controlador está configurado para automáticamente:

65 recibir una señal correspondiente a una posición del tercer actuador (131) respecto a un rango de movimientos para el tercer actuador cuando el primer soporte (121) tiene una primera orientación;

dirigir una señal al primer actuador (123) para girar el primer soporte a una segunda orientación; y

dirigir una señal al tercer actuador para moverse hacia un centro del rango de movimientos para el tercer actuador mientras mueve el primer soporte para que tenga una tercera orientación por lo menos aproximadamente igual que la primera orientación.

5 9. Aparato (110) según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que por lo menos uno del segundo y el tercer actuador (127, 131) incluye un motor paso a paso.

10 10. Aparato (110) según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que comprende, además, una carcasa dispuesta en el primer soporte (121) para girar con el primer soporte, presentando la carcasa una ventana en forma substancialmente de tira alineada con la apertura de la cámara, siendo la ventana en forma substancialmente de tira por lo menos aproximadamente transparente a la radiación.

15 11. Aparato (110) para el seguimiento de un objetivo desde el aire, que comprende el aparato aéreo de vigilancia (110) de la reivindicación 1.

12. Aparato (110) según la reivindicación 10, en el que la ventana está posicionada para pasar radiación a la cámara.

20 13. Aparato (110) según la reivindicación 10, caracterizado por el hecho de que la carcasa incluye una parte curva en forma de cúpula dispuesta hacia fuera de la ventana, y en el que la parte en forma de cúpula incluye un primer material y la ventana (641) incluye un segundo material diferente del primer material.

25 14. Aparato (110) según la reivindicación 12, caracterizado por el hecho de que la ventana (641) tiene un único radio de curvatura que se extiende hacia fuera desde el segundo eje (128).

15. Procedimiento para el seguimiento de un objetivo desde el aire, que comprende:

30 girar un primer soporte (121) alrededor de un primer eje (124) activando un primer actuador (123) a una primera frecuencia para seguir el objetivo;

35 girar un segundo soporte (122) respecto al primer soporte alrededor de un segundo eje (128) transversal al primer eje activando un segundo actuador (127) a una segunda frecuencia para seguir el objetivo, llevando el segundo soporte una carga útil de seguimiento que incluye una cámara (111) que tiene una línea de visión y un campo de imagen, presentando el campo de imagen un primer eje de la imagen y un segundo eje de la imagen transversal al primer eje de la imagen; y

40 girar la carga útil de seguimiento alrededor de un tercer eje (132) activando un tercer actuador (131) a una tercera frecuencia mayor que la primera frecuencia para seguir el objetivo y corregir por lo menos parcialmente la vibración de la carga útil, siendo el tercer eje substancialmente paralelo al primer eje cuando el segundo soporte se encuentra en una primera posición angular respecto al segundo eje, siendo el tercer eje substancialmente inclinado respecto al primer eje cuando el segundo soporte se encuentra en una segunda posición angular respecto al segundo eje, en el que

45 cuando el segundo soporte se encuentra en la primera posición angular, activar el primer actuador para mover la línea de visión a lo largo del primer eje de la imagen y activar el segundo actuador para mover la línea de visión a lo largo del segundo eje de la imagen; y

50 cuando el segundo soporte se encuentra en la segunda posición angular, activar el tercer actuador para mover la línea de visión a lo largo del primer eje de la imagen y activar el segundo actuador para mover la línea de visión a lo largo del segundo eje de la imagen.

55 16. Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado por el hecho de que girar la carga útil de seguimiento alrededor del segundo y el tercer eje (128, 132) incluye estabilizar la carga útil de seguimiento contra vibraciones.

17. Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado por el hecho de que comprende, además, girar la carga útil de seguimiento 180 grados alrededor del primer eje (124) con el primer actuador (123) cuando el segundo actuador (127) inclina la carga útil para orientarla hacia abajo.

60 18. Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado por el hecho de que comprende:

recibir una señal correspondiente a una posición del tercer actuador (131) respecto a un rango de movimientos para el tercer actuador cuando el primer soporte (121) tiene una primera orientación;

65 dirigir una señal al primer actuador (123) para girar el primer soporte hacia una segunda orientación; y

dirigir una señal al tercer actuador para moverse hacia un centro del rango de movimientos para el tercer actuador mientras mueve el primer soporte para que tenga una tercera orientación por lo menos aproximadamente la misma que la primera orientación.

- 5 19. Procedimiento implementado por ordenador para el seguimiento de un objetivo desde el aire según el procedimiento de la reivindicación 15.
- 20. Procedimiento para operar una cámara aérea según el procedimiento de la reivindicación 15.
- 10 21. Procedimiento según la reivindicación 15, que comprende, además, girar la cámara (111) 180 grados alrededor del eje de desplazamiento a medida que la línea de visión que se observa se inclina a través de una línea vertical.

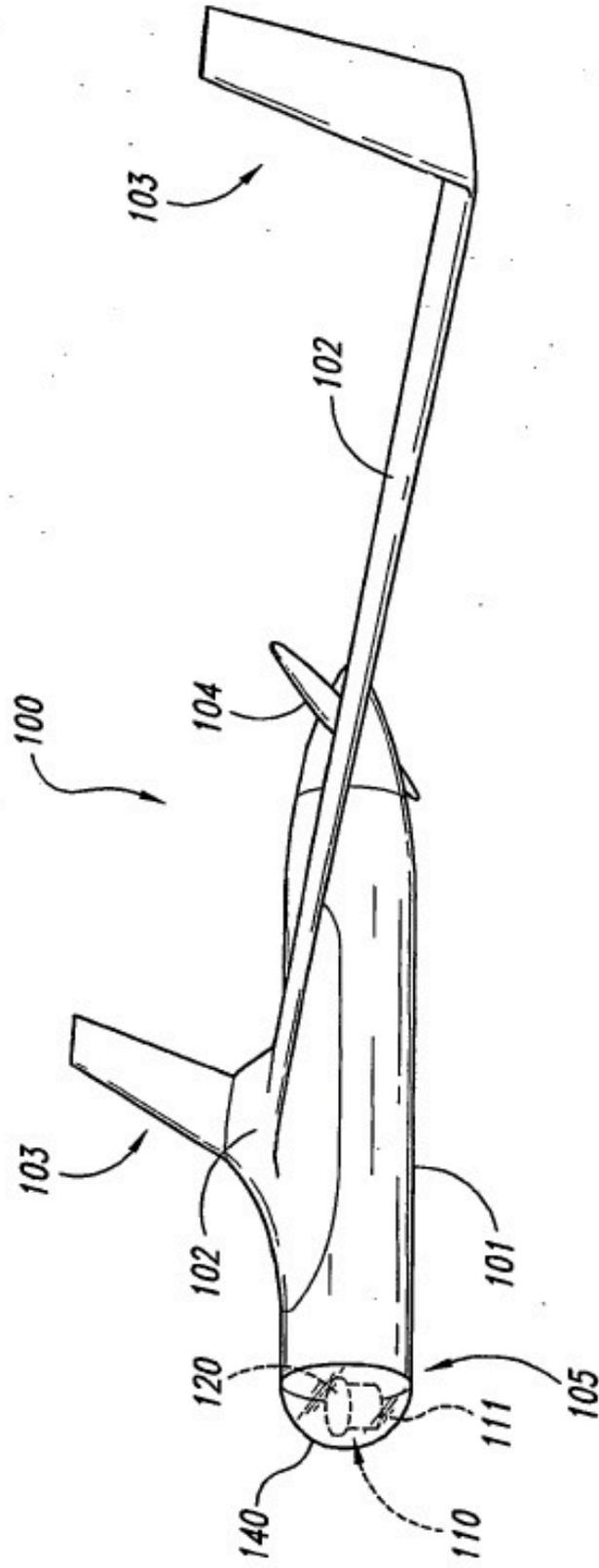


Fig. 1

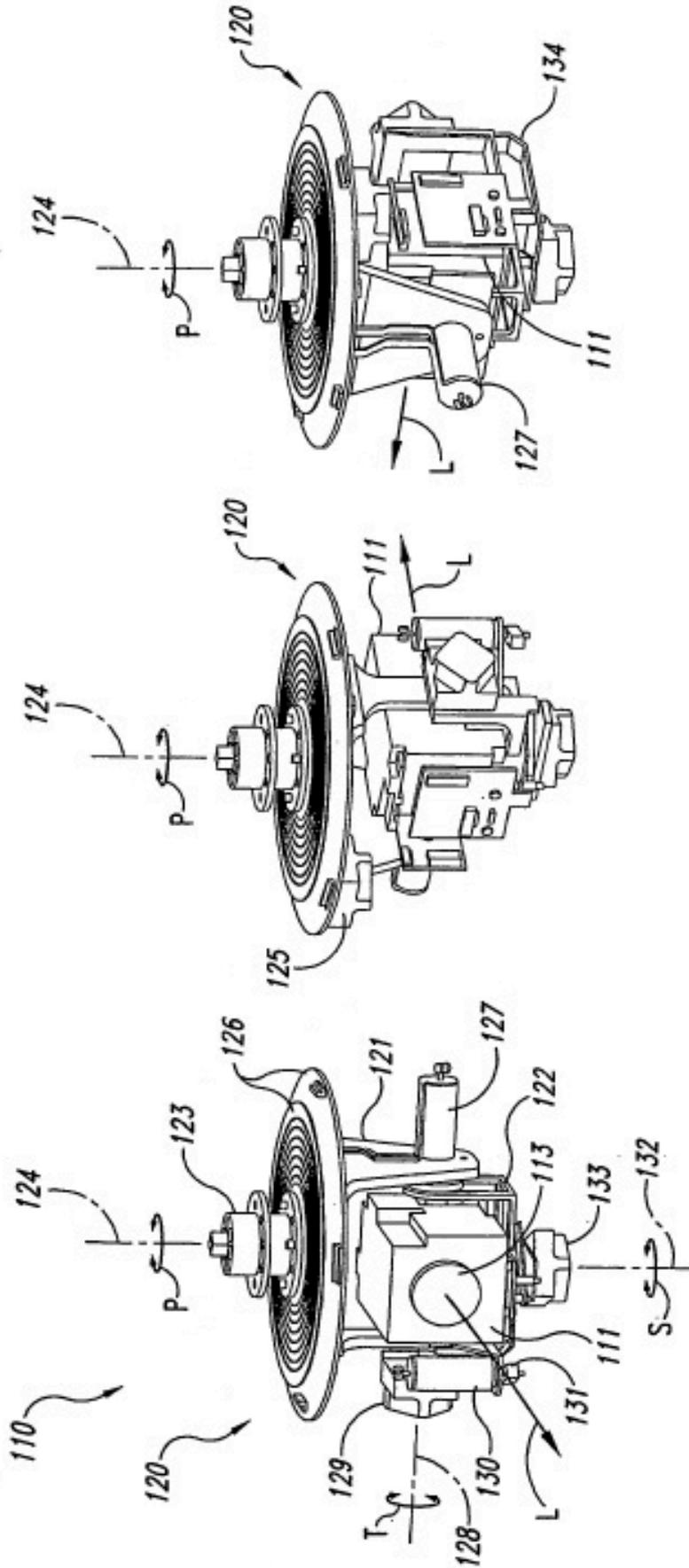
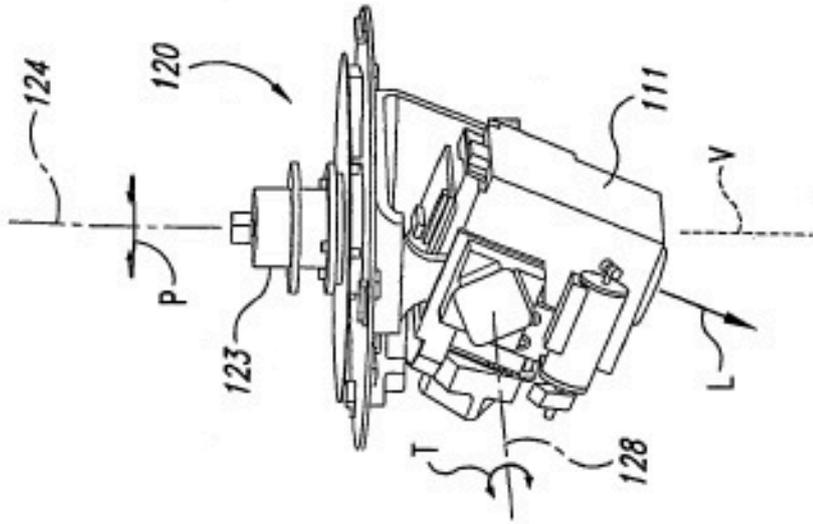


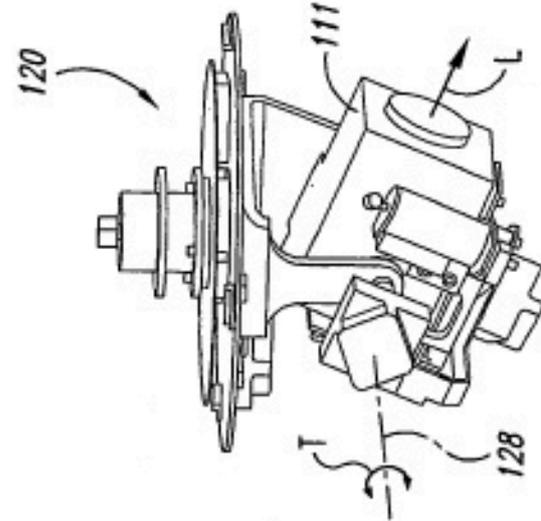
Fig. 2C

Fig. 2B

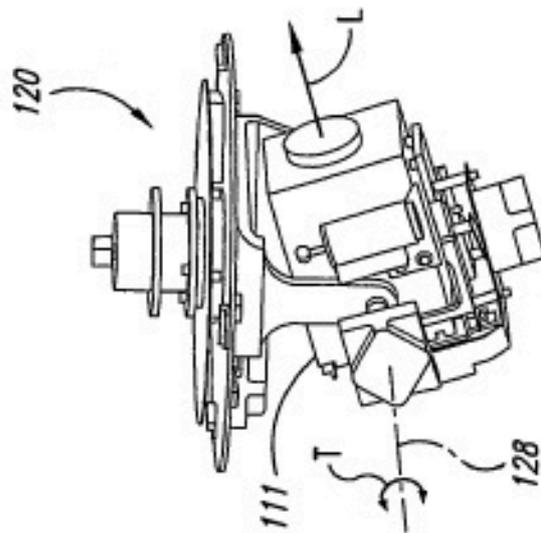
Fig. 2A



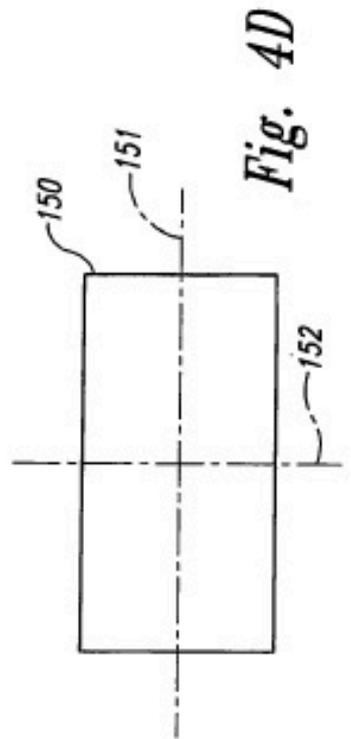
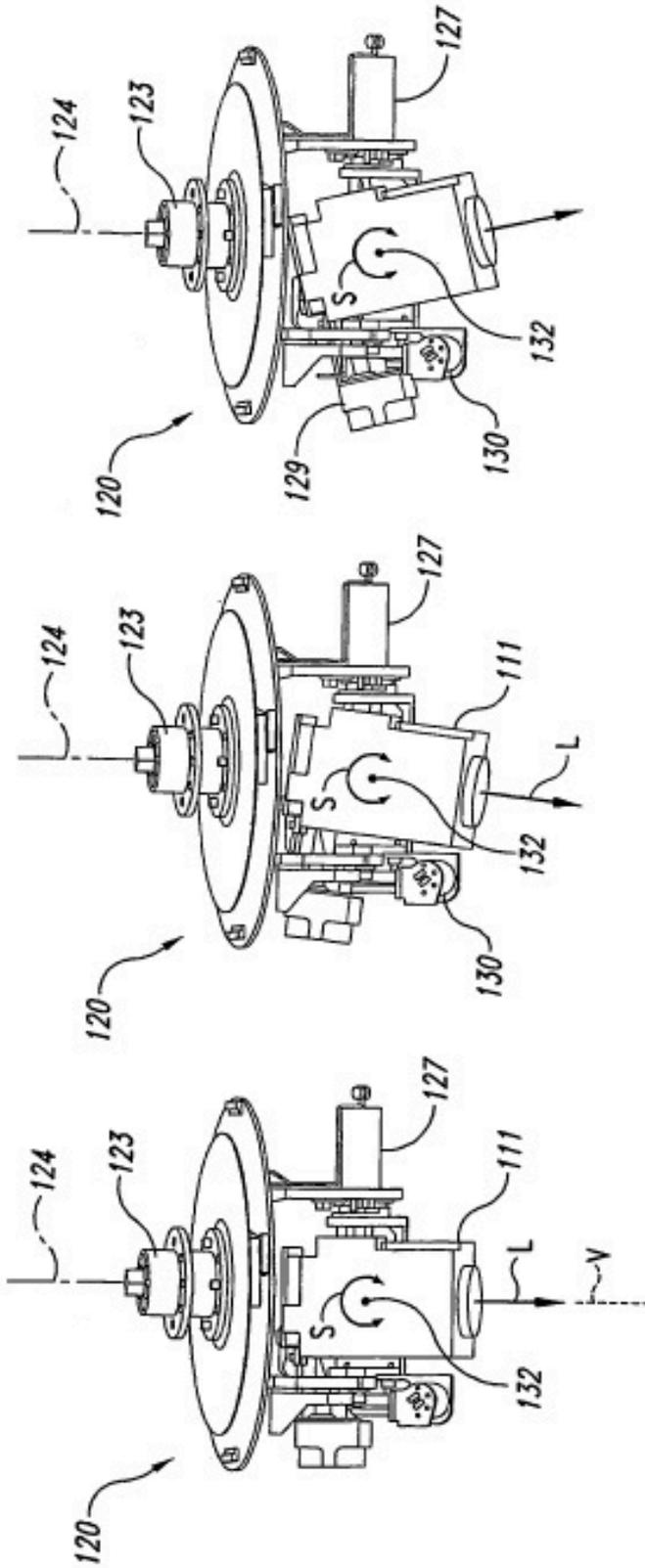
*Fig. 3C*

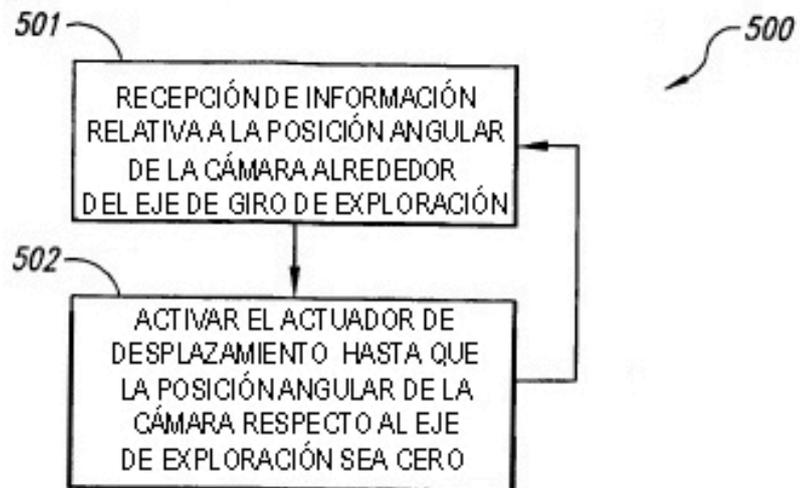


*Fig. 3B*

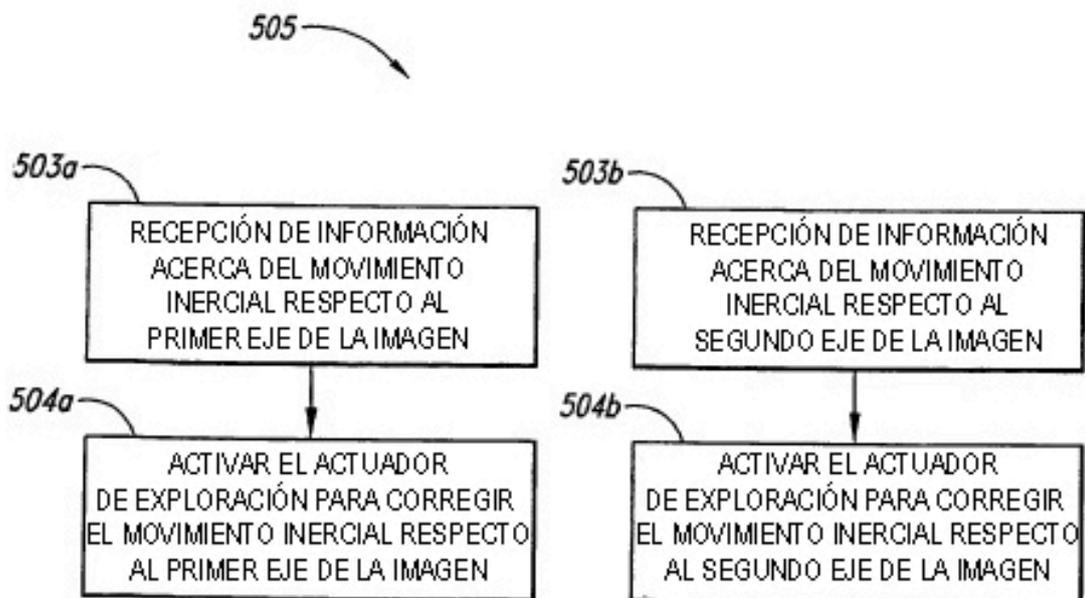


*Fig. 3A*





*Fig. 5A*



*Fig. 5B*

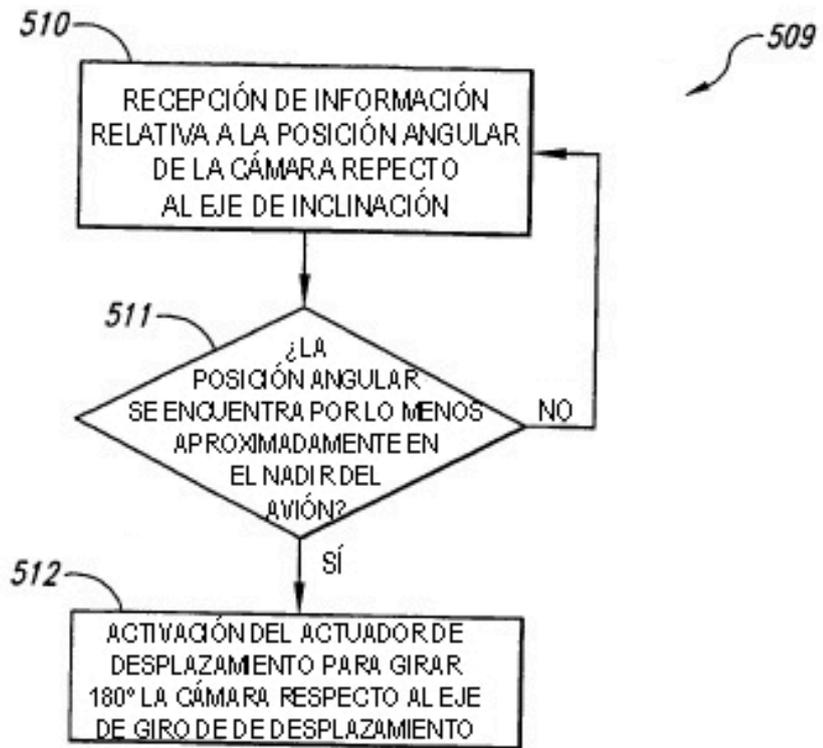


Fig. 5C

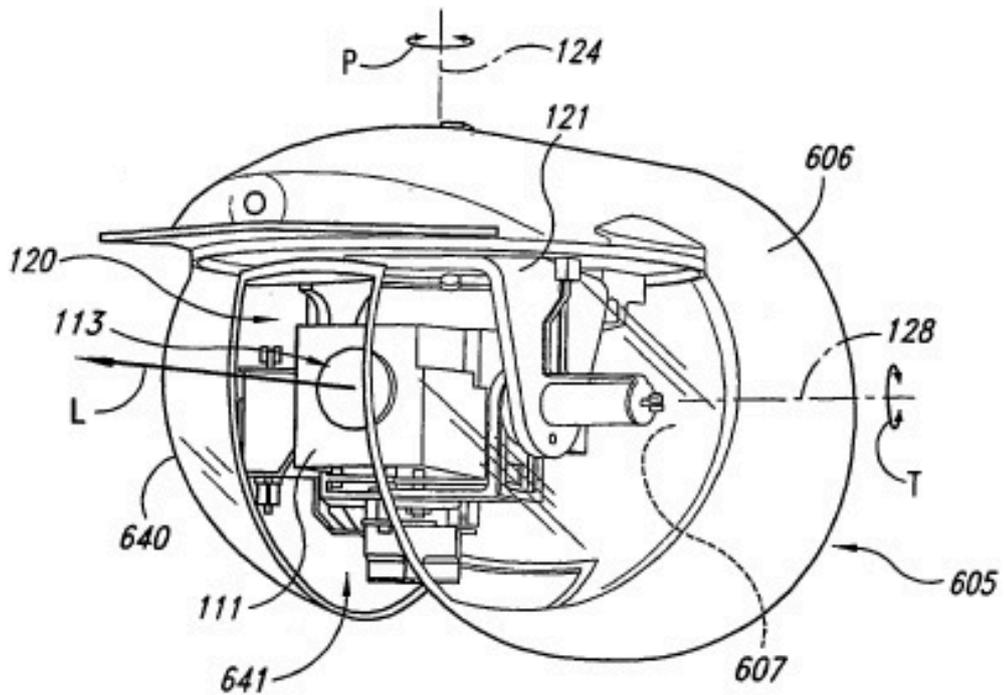


Fig. 6