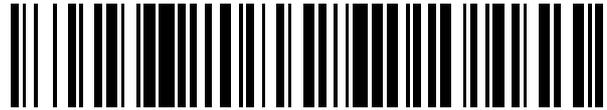


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 537 279**

51 Int. Cl.:

G01C 21/18 (2006.01)

G01C 19/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.11.2011** **E 11797370 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.02.2015** **EP 2638360**

54 Título: **Sistema y método para encontrar el norte**

30 Prioridad:

11.11.2010 IL 20926110

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

05.06.2015

73 Titular/es:

**ISRAEL AEROSPACE INDUSTRIES LTD. (100.0%)
Ben Gurion International Airport
70100 Lod, IL**

72 Inventor/es:

**KAGAN, AVRAHAM y
BENISTY, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

RIZZO, Sergio

ES 2 537 279 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 y método para encontrar el norte.

CAMPO DE LA INVENCION

- 5 **[0001]** Esta invención hace referencia al campo de los sistemas y métodos para encontrar el norte.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 **[0002]** Se enumeran a continuación las referencias de la técnica anterior consideradas relevantes como antecedentes de la invención. La mención de las referencias en esta memoria no debe deducirse que implique que estas son relevantes en modo alguno para la patentabilidad de la invención aquí descrita. El documento US 4945647 revela un sistema de girocompás destinado a equipos de tierra que requieren información de referencia de norte e incluye una implementación de girocompás novedosa que permite la utilización de sensores inerciales de alta calidad mientras se logra el objetivo deseado de un coste moderado. El sistema para encontrar el norte se diseña para proporcionar alta precisión con un tiempo de reacción rápido en un amplio margen de temperatura sin la ayuda de calentadores u otro equipamiento auxiliar. El mecanismo está configurado específicamente para tolerar el asentamiento y/o el movimiento de base oscilatorio sin tiempo de reacción adicional o degradación de la precisión del girocompás.

20 **[0003]** El documento US 5.060.392 revela un sistema de girocompás destinado a equipo de tierra que requiere información de referencia de norte, e incluye una implementación de girocompás novedosa que permite la utilización de sensores inerciales de alta calidad mientras se logra el objetivo deseado de un coste moderado. El sistema para encontrar el norte está diseñado para proporcionar una alta precisión con un tiempo de reacción rápido en un amplio margen de temperaturas sin la ayuda de calentadores u otro equipamiento auxiliar. El mecanismo está configurado específicamente para tolerar el asentamiento y/o el movimiento de base oscilatorio sin tiempo de reacción adicional o degradación de la precisión del girocompás. El eje de entrada de un giroscopio usado en el sistema es sesgado, de manera que puede medir un componente de rotación de suspensión cardán, eliminando así la necesidad de medir de manera independiente el ángulo de cardán. La alineación de posición absoluta entre la suspensión cardán y la caja del sistema, como se requiere, se logra mediante un mecanismo de parada adecuado, que es una tarea más fácil que medir el ángulo de cardán relativo como se ha mencionado anteriormente.

30 **[0004]** El documento US 5.272.922 revela un sistema de sensor de velocidad angular de elemento vibratorio y giroscopio para encontrar el norte. Un sistema de sensor de velocidad angular comprende preferiblemente elementos sensores y de accionamiento vibratorios espaciados en proximidad entre sí en una configuración de diapason emparejado montado para rotar sobre un eje rotacional orientado perpendicular a los ejes sensibles. El ensamblaje de accionamiento rotacional incluye un codificador para modular la orientación del elemento sensible y medios de acoplamiento para transmitir las señales de salida y accionamiento a y desde los elementos giratorios. Cada par de elementos sensores y de accionamiento se dispone en oposición uno al lado del otro paralelos no alineados a través del eje de rotación. Los elementos pueden portarse en masas torsionales que incluyen un acoplamiento elástico entre ellas. El sistema sensor de velocidad angular puede utilizarse como giroscopio para buscar el norte en aplicaciones como la minería, prospección o artillería. La fase de señal de salida del sensor sinusoidal corresponde a la orientación entre el eje sensible de los elementos sensores y el vector de velocidad angular de la tierra para producir una referencia al norte geográfico. El filtro electrónico incluye un generador de señal, dos bucles de enganche de fase, amplificadores de CA, filtro paso banda, comparador, contador-divisor, y bloqueo para iterar una lectura de fase estable. Se requiere un tiempo de estabilización de aproximadamente 30-60 segunda para resolver una referencia de rumbo dentro de +0,1 grado de norte geográfico. Un modo de realización de sesgo bajo de dos ejes del sistema sensor de velocidad angular puede utilizarse solo o en combinación con un sistema similar para proporcionar percepción de velocidad angular completa a lo largo de un eje común deseado, o con un segundo sensor de velocidad angular estacionario para mejorar el ancho de banda y respuesta CC del sensor de velocidad angular estacionario.

50 **[0005]** El documento US 5.272.922 revela un sistema giroscópico de alta resolución para la medición angular precisa. El sistema incluye para las mediciones angulares planas un giroscopio, preferiblemente, un giroscopio láser, y un codificador de ángulo montado con sus ejes sensibles de manera coaxial sobre un árbol de plataforma giratoria, que se monta de manera rotatable en una caja y es accionado a velocidad constante con respecto a la caja. La velocidad angular debería ser lo suficientemente elevada para operar el giroscopio láser por encima de la velocidad de bloqueo. Para la navegación y mediciones angulares espaciales se montan tres giroscopios con sus ejes sensibles dispuestos espacialmente con respecto al árbol de plataforma giratoria para percibir el mismo componente de su velocidad angular. Para los errores de media debidos al factor de escala del giroscopio y desviación, la plataforma giratoria se monta sobre un segundo árbol con su eje perpendicular a la plataforma giratoria. El segundo árbol se proporciona con un segundo codificador y un motor que gira el segundo árbol. El

procesamiento de la lectura de señal del giroscopio o giroscopios y codificadores permite aumentar la precisión, resolución y ancho de banda de las mediciones angulares con respecto a la base fijada de manera local o el espacio inercial.

5 **[0006]** El documento US 5.703.293 revela un sensor de velocidad rotacional con dos sensores de aceleración. Un sensor rotacional tiene un peso vibratorio con dos sensores de aceleración montados sobre el mismo. Los dos sensores de aceleración se diseñan para detectar fuerzas que actúan en un ángulo recto unas con otras. El peso vibratorio se pone en vibración por medio de dispositivos de accionamiento, y la rotación de los sensores rotacionales sobre dos ejes de rotación que son normales entre sí se detecta con la ayuda de los sensores de aceleración. Las fuerzas de Coriolis en un plano se determinan de este modo.

10 **[0007]** El documento US 6.502.055 revela un método y aparato para determinar el rumbo geográfico de un cuerpo, y un método para determinar una orientación de un cuerpo. El método incluye las fases de medir una aceleración del cuerpo en una primera dirección, medir una aceleración del cuerpo en una segunda dirección diferente de la primera dirección, definiendo la primera dirección y la segunda dirección un plano, medir una aceleración perpendicular al plano en un sistema de coordenadas que gira sobre un eje perpendicular al plano e inferir la orientación del cuerpo a partir de las tres mediciones.

15 **[0008]** El documento US 6.621.460 revela dispositivos de alineación de instrumentos y métodos para determinar el rumbo de referencia de alineación óptica del instrumento. El aparato comprende un instrumento que tiene una referencia de alineación óptica, un posicionador de elevación para posicionar la elevación de la referencia de alineación óptica del instrumento que tiene un eje de elevación, un posicionador de azimut para posicionar el azimut de la referencia de alineación óptica del instrumento que tiene un eje de azimut y un sensor que incluye un giroscopio que tiene un eje sensible. El método comprende registrar una primera salida de un giroscopio de un posicionador de azimut que tiene un rumbo de azimut de la referencia de alineación óptica del instrumento en una primera posición, girar el posicionador de azimut a una segunda posición, registrar una segunda salida del giroscopio y girar el posicionador de azimut a una tercera posición, registrar una tercera salida del giroscopio y determinar el rumbo de azimut relativo al norte geográfico a partir de la primera, segunda y tercera salida.

20 **[0009]** El documento US 7.412.775 revela un sistema buscador del norte de giroscopio y método que incluye un sistema sensor y método para determinar una dirección relativa al norte geográfico. El sistema comprende al menos un sensor de velocidad angular, como un sensor MEMS, que tiene un eje de entrada y un eje de rotación. El sensor comprende una estructura de accionamiento de motor, una salida de señal del motor desde la estructura de accionamiento de motor, un giroscopio, y una salida de velocidad del sensor a partir del giroscopio para una señal de velocidad del sensor. Un divisor de frecuencia está en comunicación operativa con la salida de señal del motor, y se acopla un dispositivo de giro al sensor de velocidad angular. Un motor del dispositivo de giro se acopla al dispositivo de giro y está en comunicación operativa con el divisor de frecuencia. El motor del dispositivo de giro tiene un eje de rotación que es sustancialmente perpendicular al eje de entrada del sensor. El motor del dispositivo de giro está configurado para accionarse mediante una señal periódica del sensor. Una posición del dispositivo de giro se sincroniza con la señal periódica para generar una señal de posición del dispositivo de giro. Un detector de fase está en comunicación operativa con el motor del dispositivo de giro y con la salida de velocidad del sensor. La dirección relativa al norte geográfico se determina a partir de un diferencial de fase entre la señal de posición del dispositivo de giro y la señal de velocidad del sensor.

30 **[0010]** El documento US 3813788 de Johnston, J. titulado "Dynamic Pendulum North-Seeking Gyro Apparatus" revela un giroscopio que está libre en su eje vertical y es portado en una suspensión cardán estabilizada vertical. La suspensión cardán es la más interior (interna) de tres suspensiones cardán, y es soportada para su rotación sobre un eje horizontal en búsqueda del norte por una suspensión cardán media. La suspensión cardán media es soportada para su rotación sobre un eje de azimut por la suspensión cardán más exterior (externa). La suspensión cardán exterior es capaz de rotar sobre un eje horizontal primario y es soportado por una carcasa. La carcasa puede estar fijada a tierra o ser portada por un vehículo de manera que los registros de los ejes primarios presenten un nivel estabilizado y aproximadamente E-O. Los ejes designados no son necesariamente los mismos que los ejes del vehículo, sino que se usan únicamente para mostrar ejes del sistema de búsqueda del norte. El sistema puede aislarse de los ejes de vehículo. El giroscopio libre tiende a alinearse con una línea norte-sur. Se toma una salida como indicativa de las posiciones relativas de la suspensión cardán del giroscopio libre y el eje de búsqueda del norte. Esta salida se usa como una entrada tanto para un giroscopio de eje sencillo que integra una variación de azimut para la suspensión cardán interna, y como entrada a un sumador analógico que alimenta el motor de par de un giroscopio de eje sencillo que integra una velocidad de inclinación N-S en la suspensión cardán interna. La otra entrada al sumador analógico es proporcionada por un sensor de inclinación N-S portado por la suspensión cardán exterior. La salida del giroscopio azimutal se alimenta a un motor de par entre la suspensión cardán exterior y la suspensión cardán media. La salida del giroscopio que integra velocidad de inclinación N-S se alimenta a un motor de par entre la carcasa y la suspensión cardán exterior. Con este mecanismo general, el giroscopio libre actúa como un péndulo y su eje de rotación describe una elipse alrededor de una línea norte-sur. Por lo tanto, la dirección media del eje de rotación del giroscopio libre es una línea norte-sur, y el eje de soporte horizontal de la suspensión cardán interna busca la dirección norte-sur.

[0011] El documento GB791556A de Beach Lennox Frederick, titulado "Gyroscopic Apparatus" revela un aparato giroscópico en el que cada giroscopio se monta con libertad de movimiento angular sobre sus dos ejes de suspensión cardán en una carcasa, las dos carcasas estando montadas de manera desmontable como unidades en alineación vertical sobre la plataforma, una encima y otra por debajo de los ejes de suspensión cardán. Un par de suspensiones cardán son soportadas sobre una base para la rotación sobre los ejes. Una plataforma, giratoria sobre el rodamiento de bolas en el anillo de suspensión cardán interna, soporta los giroscopios uno encima y otro debajo. La plataforma tiene engranajes montados en la misma; un motor de seguimiento acopla el engranaje para accionar la plataforma, el segundo engranaje bajo el engranaje accionando los transmisores de la brújula toscos y finos. Los motores de seguimiento también se proporcionan para accionar los anillos de suspensión cardán. El rumbo del barco se muestra en una esfera anular grande en la parte superior de la carcasa, y se obtienen lecturas finas y toscas del cabeceo y balanceo a partir de los transmisores toscos y finos. El rotor de giroscopio se monta en una esfera que es soportada por suspensiones cardanes y flota en un líquido en una carcasa. La esfera está parcialmente llena con helio a baja presión, y contiene el rotor de giroscopio que es de construcción de jaula de ardilla y es accionada por un estator montado sobre un árbol fijo. Las partes y bobinados del rotor son simétricas y se producirán expansiones térmicas igualmente en ambas direcciones desde el centro de los mismos. Se imparten propiedades de búsqueda del meridiano al girocompás mediante un dispositivo de nivel de líquido fijado al anillo para ser inclinado con el giroscopio sobre su eje horizontal. El nivel de líquido está lleno, excepto por una burbuja de aire, con un fluido conductor o electrolito de viscosidad suficiente para evitar el oleaje del líquido en fase con el balanceo y cabeceo del barco. La salida del nivel es lineal dentro de los límites permitidos, es decir, grado, de manera que los errores de balanceo intercardinales son sustancialmente eliminados, y los motores de par y nivel de líquido se diseñan para dar a la brújula un periodo de aproximadamente 84 minutos, de manera que la desviación balística se reduce a una cantidad despreciable. La salida del nivel de líquido controla uno o más motores de par que pueden ser del tipo E y están montados sobre una parte del marco en lados opuestos del eje horizontal este-oeste. También controlado desde la salida del nivel de líquido se encuentra un motor de par de amortiguación que está montado sobre el anillo horizontal para ejercer un par sobre el eje vertical de la brújula para reducir la inclinación y amortiguarla. Un transductor montado sobre el anillo controla el servomotor azimutal. Un transductor fijado al marco y operado en conjunción con un armazón fijado al anillo, acciona los servomotores de inclinación y balanceo en inclinación relativa del giroscopio sobre su eje horizontal, para mantener el nivel de la plataforma sobre el eje este-oeste. El giroscopio estabilizante tiene motores de par similares a los motores de par azimutales, pero que son controlados no desde el dispositivo de nivel de líquido, sino desde un transductor que actúa para detectar un desplazamiento relativo en el azimut entre el anillo y el giroscopio estabilizante, siendo la disposición tal que el eje de giro del giroscopio estabilizante se mantiene este-oeste; en otras palabras, en ángulos rectos a los ejes de giro del giroscopio de brújula. Del mismo modo, puede proporcionarse un motor de par de nivelación, accionado desde un nivel tipo nivel de líquido pero sensible a la inclinación sobre el eje norte-sur. Se proporciona un separador para resolver la salida de los dos transductores en los componentes de balanceo y cabeceo. Se proporciona un dispositivo de jaula para encerrar cada giroscopio cuando no se esté operando. Se opera un émbolo desde una palanca girada y controlada por un solenoide. Cuando el solenoide es energizado el émbolo es empujado desde la izquierda para pasar a través del orificio en un soporte y engranar una depresión cónica en un anillo. La construcción es tal que cualquier giroscopio puede extraerse del instrumento sin afectar al otro.

[0012] Existe una necesidad en la técnica de proporcionar una técnica nueva para encontrar el norte incorporada en una carga útil.

SUMARIO DE LA INVENCION

[0013] Según un aspecto de la presente materia aquí descrita, se proporciona una carga útil que incluye un ensamblaje de suspensión cardán y ensamblaje de giroscopio asociado, que comprende un control de ensamblaje de giroscopio asociado al ensamblaje de giroscopio y operable para activar el ensamblaje de giroscopio para obtener mediciones de desviación en el plano de azimut y plano de elevación y procesar las mediciones en un primer intervalo dinámico que corresponde a un primer intervalo de velocidad de rotación para estabilizar la carga útil utilizando el ensamblaje de suspensión cardán; el control del ensamblaje de giroscopio siendo operable para activar el ensamblaje de giroscopio para obtener mediciones instantáneas de un girómetro de elevación y procesar las mediciones en un segundo intervalo dinámico que corresponde a un segundo intervalo de velocidad de rotación que tiene más sensibilidad que el primer intervalo dinámico para encontrar la desviación de la carga útil del norte de la Tierra.

[0014] Según un modo de realización de la presente materia aquí descrita, también se proporciona una carga útil, donde el ensamblaje de giroscopio incluye un girómetro azimutal dispuesto de manera perpendicular al girómetro de elevación; el control de ensamblaje de giroscopio siendo operable para accionar el girómetro de elevación para girar sobre el eje azimutal para obtener y registrar mediciones instantáneas durante al menos una rotación de 360°; el control del ensamblaje de giroscopio siendo operable además para derivar un ángulo de deriva representativo de la desviación del norte basándose en las mediciones registradas.

[0015] Según un modo de realización de la presente materia aquí descrita, también se proporciona una carga útil,

donde el control del ensamblaje de giroscopio se configura para calcular una onda senoidal que se adapta a las mediciones y deriva el ángulo de deriva de la onda senoidal.

[0016] Según un modo de realización de la presente materia aquí descrita, se proporciona además una carga útil donde cuanto mayor es la duración t de la rotación sobre el eje azimutal, menor es el error de las mediciones.

5 **[0017]** Según un modo de realización de la presente materia aquí descrita, se proporciona además una carga útil, donde las mediciones producen:

$$\text{mediciones} = \Omega * \cos(\varphi) * \cos(\alpha),$$

donde Ω corresponde a la velocidad de rotación de la tierra

φ corresponde a la latitud

10 α corresponde al ángulo de deriva que cambia según las mediciones instantáneas del girómetro de elevación durante al menos una rotación de 360°,

y donde la desviación es un desplazamiento de fase α de la onda senoidal que se adapta a las mediciones.

15 **[0018]** Según un modo de realización de la presente materia aquí descrita, se proporciona además una carga útil, comprendiendo además un sensor de inclinación para percibir mediciones de inclinación de la carga útil en ambos o cualquiera de los ejes balanceo y cabeceo, y donde el control de ensamblaje de giroscopio se configura para calcular los comandos de compensación para la transmisión al ensamblaje de suspensión cardán para reducir o eliminar las mediciones de inclinación, a través de lo cual se nivela la carga útil.

20 **[0019]** Según un modo de realización de la presente materia aquí descrita, se proporciona además una carga útil donde la carga útil se monta sobre una plataforma móvil que se somete a desviaciones de orientación espacial en uno o ambos del plano de azimut o plano de elevación, y donde las desviaciones espaciales se miden mediante el ensamblaje de giroscopio y donde las mediciones son procesadas por el control de ensamblaje de giroscopio para obtener comandos de compensación para activar el ensamblaje de suspensión cardán para
25 compensar las desviaciones espaciales y estabilizar la carga útil.

[0020] Según un modo de realización de la presente materia aquí descrita, se proporciona además una carga útil, donde la carga útil se monta sobre una plataforma móvil que está sometida a desviaciones de orientación espacial en uno o ambos del plano de azimut o plano de elevación, y donde las desviaciones espaciales en el plano de azimut se miden mediante el girómetro azimutal independientemente de la rotación de 360° y donde las
30 desviaciones espaciales en el plano de elevación se miden mediante el girómetro de elevación independientemente de la rotación de 360° y donde las mediciones son procesadas mediante el control de ensamblaje de giroscopio para obtener los datos para activar el ensamblaje de suspensión cardán para compensar las desviaciones y estabilizar la carga útil.

35 **[0021]** Según un modo de realización de la presente materia aquí descrita, se proporciona además una carga útil, donde la sensibilidad depende de la velocidad de rotación del giroscopio en el modo de operación de estabilización.

[0022] Según un modo de realización de la presente materia aquí descrita, se proporciona además una carga útil, donde la velocidad de rotación es 100[°/s].

40 **[0023]** Según un modo de realización de la presente materia aquí descrita, se proporciona además una carga útil, donde la sensibilidad depende de un parámetro de compensación.

[0024] Según un modo de realización de la presente materia aquí descrita, se proporciona además una carga útil, donde el parámetro de compensación es de 5%.

45 **[0025]** Según un aspecto de la presente materia aquí descrita, se proporciona además un método para la utilización bimodal de una carga útil que incluye un ensamblaje de suspensión cardán y asociado un ensamblaje de giroscopio, comprendiendo:

(i) activar el ensamblaje de giroscopio para obtener mediciones de desviación en el plano de azimut y plano de elevación y procesar las mediciones en un primer intervalo dinámico que corresponde a un primer intervalo de velocidad de rotación, para estabilizar la carga útil utilizando el ensamblaje de suspensión cardán; y

50 (ii) activar el ensamblaje de giroscopio para obtener mediciones instantáneas de un girómetro de elevación y procesar las mediciones en un segundo intervalo dinámico que corresponde a un segundo

intervalo de velocidad de rotación que tiene más sensibilidad que el primer intervalo dinámico, para encontrar la desviación de la carga útil del norte de la tierra.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 **[0026]** Para comprender la invención y ver cómo se puede llevar a cabo en la práctica, se describirán ahora los modos de realización, a modo de ejemplo no limitativo exclusivamente, en relación con los dibujos que acompañan, en los que:

- 10 La **Fig. 1A** ilustra esquemáticamente una representación tridimensional isométrica de una carga útil según determinados modos de realización de la invención;
- La **Fig. 1B** ilustra una representación esquemática de un ensamblaje de suspensión cardán según determinados modos de realización de la invención;
- La **Fig. 2** ilustra esquemáticamente un diagrama de bloque generalizado de un sistema según determinados modos de realización de la invención;
- 15 La **Fig. 3** ilustra gráficos geométricos de manera esquemática de búsqueda del norte, para su uso en un sistema según determinados modos de realización de la invención;
- La **Fig. 4** ilustra un valor senoidal próximo que facilita la extracción del ángulo de deriva α , según determinados modos de realización de la invención;
- La **Fig. 5** ilustra un diagrama de bloque de un sistema de control según determinados modos de realización de la invención; y
- 20 La **Fig. 6** ilustra una secuencia de operaciones de estabilización generalizada usada en un sistema según determinados modos de realización de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS MODOS DE REALIZACIÓN

25 **[0027]** La atención se centra en primer lugar en la **Fig. 1A** que ilustra esquemáticamente una representación tridimensional isométrica de una carga útil **100** según determinados modos de realización de la invención. La carga útil incluye un ensamblaje de suspensión cardán (cuya estructura se describirá en mayor detalle en relación con la **Fig. 1B**) que a su vez está asociado a un ensamblaje de giroscopio. La carga útil **100** presenta una sección de base **101** que está unida de manera fija a la plataforma sobre la cual se monta la carga útil (no mostrado en la **Fig. 1**), p.ej., una plataforma móvil como un vehículo de tierra o marítimo o, a modo de ejemplo adicional, un objeto estacionario.

30 **[0028]** La carga útil **100** incluye además un marco giratorio **102** que tiene un grado de libertad sobre el eje **103** (del ensamblaje de suspensión cardán). El ensamblaje de giroscopio incluye un giroscopio azimutal **104** configurado para medir desviaciones de azimut y un giroscopio de elevación **105** estando dispuesto de manera normal al girómetro azimutal **104**, configurado para medir la desviación en el plano de elevación, y también configurado para obtener mediciones que facilitan el cálculo de la desviación del norte, como se explicará en mayor detalle a continuación.

35 **[0029]** La carga útil incluye además un control de ensamblaje de giroscopio (acomodado, por ejemplo, en el marco **102** de la **Fig. 1**) asociado al ensamblaje de suspensión cardán y ensamblaje de giroscopio y más específicamente recibiendo señales de mediciones desde el ensamblaje de giroscopio y alimentando comandos al ensamblaje de suspensión cardán. Como se explicará en mayor detalle a continuación, el control de ensamblaje de giroscopio es operable para activar el ensamblaje de giroscopio para obtener mediciones de desviación y procesar las mediciones en un primer intervalo dinámico para estabilizar la carga útil.

40 **[0030]** Obsérvese que la carga útil puede montarse sobre una plataforma móvil p.ej., un vehículo en movimiento. El último puede someterse a desviaciones de orientación espacial en cualquiera del plano de azimut o el plano de elevación, p.ej., debido al movimiento del vehículo en un terreno abrupto. El modo de operación de estabilización de la carga útil es generalmente conocido *per se* (y se describirá en mayor medida en la **Fig. 6** a continuación). De este modo, como es bien conocido, las desviaciones en el plazo de azimut se miden mediante el girómetro de azimut **104** y las desviaciones en el plano de elevación se miden mediante el girómetro de elevación **105**. Los datos indicativos de las mediciones de desviación se comunican al control de ensamblaje de giroscopio, para calcular de manera conocida *per se* comandos de compensación. Los últimos comandos se alimentan al ensamblaje de suspensión cardán para compensar o eliminar las desviaciones no deseadas especificadas, estabilizando así la carga útil.

45 **[0031]** El efecto neto sería de este modo que mientras que la plataforma está sometida a desviaciones no deseadas en el plano de azimut y/o elevación (p.ej., debido al movimiento en un terreno abrupto) la carga útil unida a la misma es estabilizada, capaz, por ejemplo, de mantener una línea de visión hacia un objetivo estacionario sin quedar afectada por las desviaciones del vehículo.

[0032] Como se conoce generalmente *per se* para lograr la estabilización el girómetro se mueve a una velocidad relativamente rápida y las mediciones del girómetro (correspondientes a las desviaciones) se registran a una resolución de, por ejemplo, 100°/s y los datos son alimentados a través del control de ensamblaje de giroscopio (no mostrado en la Fig. 1A) para la determinación de los comandos de compensación especificados. En el modo de estabilización, la carga útil opera en un intervalo dinámico que corresponde a las velocidades de medición especificadas de, por ejemplo, 16 bits, con el bit menos significativo (LSB) indicando un signo y los otros 15 bits registrando los valores medidos, todo para registrar adecuadamente mediciones a una velocidad de aproximadamente 100°/s.

[0033] Al contrario que el modo de operación de estabilización especificado y como se explicará en mayor detalle a continuación, el control de ensamblaje de giroscopio (no mostrado en la Fig. 1A) es operable para activar el girómetro de elevación para obtener mediciones instantáneas y procesar las mediciones en un segundo intervalo dinámico considerablemente más sensible que el primer intervalo dinámico, para encontrar la desviación de la carga útil del norte de la tierra.

[0034] En el (último) modo de búsqueda del norte, la carga útil **100** es operable para encontrar la desviación del norte de la tierra. Esto permite la determinación del ángulo de desviación (deriva) α relativo al norte. Se aprecia consecuentemente que la misma infraestructura sustancialmente del girómetro de elevación que se designa para fines de estabilización puede utilizarse para determinar la desviación del norte.

[0035] Según las técnicas conocidas hasta el momento, cuando se utiliza una carga útil para fines de estabilización, se necesita utilizar fuentes externas como un compás magnético para determinar el ángulo de desviación en relación con el norte. El uso de equipo externo no es solo más costoso, sino que también tiene una probabilidad de error elevada. Por ejemplo, un compás magnético es susceptible de sufrir errores cuando se opera en áreas geográficas que son ricas en canteras de metales. De ese modo, según determinados modos de realización de la presente materia aquí descrita, la utilización de sustancialmente la misma infraestructura para determinar la localización del norte (mientras se evita el uso de equipos adicionales) no es solo más lucrativa desde un punto de vista comercial, sino que también es menos propensa a errores.

[0036] Volviendo ahora a la Fig. 1A, y como se explicará en mayor detalle a continuación, para obtener mediciones apropiadas para derivar el ángulo de desviación α del norte, el control de ensamblaje de giroscopio debería medir valores del orden de 15°/hora (la velocidad de rotación de la tierra, es decir, 360°/24 horas) que son considerablemente de mayor sensibilidad que los 100°/s especificados necesarios para la tarea de estabilización. Este requisito estipula el uso de un intervalo dinámico significativamente diferente del necesario para utilizar la carga útil para la tarea de estabilización, como se explicará en mayor detalle a continuación.

[0037] Cabe destacar que según determinados modos de realización, en el modo de operación para encontrar el norte el ensamblaje de suspensión cardán y el ensamblaje de giroscopio deberían nivelarse. En casos en lo que estén desnivelados (es decir, sometidos a inclinación en cualquiera o ambos del ensamblaje de balanceo y cabeceo) se aplicará un procedimiento de corrección conocido *per se* para nivelarlos.

[0038] Cabe destacar que según determinados modos de realización, el ensamblaje de giroscopio es operable para rotar tanto el girómetro azimutal como el girómetro de elevación sobre el eje azimutal **103** para obtener mediciones instantáneas mediante el girómetro de elevación durante una rotación de al menos 360° y registrar las mediciones. Como se describirá en mayor detalle a continuación, basándose en las mediciones así registradas, el control de ensamblaje de giroscopio es operable para calcular una onda senoidal que se adapta a las mediciones y deriva un ángulo de deriva α (del seno) representativo de la desviación del norte.

[0039] De este modo, cabe destacar que el giroscopio de elevación no solo está configurado para medir desviaciones en el plano de elevación, sino también para obtener las mediciones para calcular un ángulo de deriva α del norte. En consecuencia, la carga útil completa se configura para operar también en un modo dual, es decir, (i) estabilización (p.ej., manteniendo la línea de visión a un objetivo) y (ii) determinando la desviación del norte, (independientemente de las desviaciones de azimut y elevación de la plataforma a la que está fijada la carga útil).

[0040] Para una mejor comprensión de lo anterior, se destaca la Fig. 1B que ilustra una representación esquemática de un ensamblaje de suspensión cardán **1000** según determinados modos de realización de la invención. De este modo, un marco **1001** está configurado para girar sobre un eje azimutal **103**. El marco **1002** acoplado al marco **1001** es capaz de girar sobre el eje de elevación **106** normal al eje azimutal **103**. El girómetro azimutal **104** y el girómetro de elevación **105** dispuesto perpendicularmente al mismo (ambos incluidos en el ensamblaje de giroscopio) están unidos de manera fija al marco **1002**. Como se ha especificado arriba, el girómetro azimutal **104** es capaz de medir desviaciones en el plano de azimut y el girómetro de elevación está configurado para operar en modo dual, midiendo las desviaciones en el plano de elevación y obteniendo mediciones para calcular ángulo de deriva del norte (todo se describirá en detalle a continuación). Cabe destacar que la estructura simplificada del ensamblaje de suspensión cardán y ensamblaje de giroscopio se proporciona

para fines ilustrativos únicamente y no es vinculante en modo alguno.

[0041] Según determinados modos de realización puede haber un modo o modos de operación adicionales, según sea necesario y apropiado.

5 [0042] Se destaca ahora la Fig. 2, que ilustra de manera esquemática un diagrama en bloque generalizado de un sistema de carga útil **200** según determinados modos de realización de la invención. De este modo, la carga útil **200** incluye un ensamblaje de giroscopio **201** asociado al ensamblaje de suspensión cardán **203**, asociados ambos eléctricamente con el control de ensamblaje de giroscopio **202**.

10 [0043] El control de ensamblaje de giroscopio **202** es operable para activar el ensamblaje de giroscopio **201** para obtener mediciones de desviación **204** y procesar las mediciones en un primer intervalo dinámico para emitir comandos de compensación **205** al ensamblaje de suspensión cardán para estabilizar la carga útil. En respuesta al comando apropiado **206**, el control de ensamblaje de giroscopio **202** es operable para activar el ensamblaje de giroscopio **201** para obtener mediciones instantáneas del girómetro de elevación y procesar las mediciones en un segundo intervalo dinámico significativamente más sensible que dicho primer intervalo dinámico, para encontrar la desviación de la carga útil del norte de la tierra, como se analizará en detalle a continuación.

15 [0044] Cabe destacar que la invención no está limitada por la estructura y diseño de las Figs. 1A y 1B, y tampoco por la arquitectura genérica de la Fig. 2.

20 [0045] Pasando ahora a la Fig. 3, ilustra esquemáticamente gráficos geométricos de búsqueda del norte, según determinados modos de realización de la presente materia descrita. Como se muestra en la Fig. 2, el vector Ω (**301**) indica la velocidad de rotación de la tierra de $15^\circ/\text{hora}$. El vector **302** indica la velocidad de rotación de la plataforma (añadiendo la carga útil **100** de la Fig. 1) $\Omega^* \cos(\varphi)$ a latitud φ (donde reside la plataforma). Esto se demuestra claramente mediante vectores **303** (representando la velocidad de rotación Ω) y el vector **304** representando la velocidad de rotación $\Omega \cos(\varphi)$ grados por hora (asumiendo que el ángulo de deriva = 0). El ángulo de deriva α es el ángulo de desviación buscado de la plataforma en relación con el norte. De este modo, asumiendo que la plataforma reside en una latitud (φ) y tiene un ángulo de desviación α ($\alpha > 0$) en relación con el norte, entonces la velocidad de rotación de la plataforma (y obviamente de la carga útil montada de manera giratoria sobre la misma) es $\Omega \cos(\varphi) \cos(\alpha)$ grados por hora.

[0046] Cabe destacar que la determinación de α no requiere tener en cuenta la latitud, y por tanto puede llevarse a cabo independientemente de la latitud en la que se encuentra localizada la carga útil.

30 [0047] Como se explica anteriormente, el girómetro azimutal **104** y el girómetro de elevación **105** giran integralmente sobre el eje azimutal **103** al menos 360° y se registran las mediciones del giroscopio azimutal. Durante la rotación de 360° especificada, el ángulo de desviación α en relación con el norte cambia obviamente dando lugar a un cambio en el valor $\Omega \cos(\varphi) \cos(\alpha)$. El último valor se mide de manera constante por el girómetro de elevación **105** y se procesa en mayor medida por el control de ensamblaje de giroscopio.

35 [0048] Por lo tanto, el control de ensamblaje de giroscopio es operable para calcular una onda senoidal que se adapte a las diferentes mediciones ($\Omega \cos(\varphi) \cos(\alpha)$) y deriva un desplazamiento de fase del seno que corresponde a un ángulo de deriva constante α que significa la desviación de la carga útil del norte. Según determinados modos de realización, el algoritmo de ajuste óptimo que se usa es el mínimo cuadrado. Sin embargo, la presente materia aquí descrita no queda limitada por este ejemplo concreto.

40 [0049] Para una mejor comprensión de lo anterior, se destaca la Fig. 4, que ilustra (de manera esquemática) un valor de seno próximo que facilita la extracción del ángulo de deriva α , según determinados modos de realización de la presente materia aquí descrita. Por tanto, las diversas mediciones obtenidas del girómetro de elevación durante la rotación de 360° especificada (de las cuales solo cinco están marcadas de **401** a **405**) son sometidas a aproximación del seno **406** utilizando técnicas de aproximación conocidas *per se*, que permiten determinar el desplazamiento de fase **407** que corresponde al ángulo de deriva buscado α .

45 [0050] Cabe destacar que según determinados modos de realización, cuanto mayor es la duración t de rotación en el plano de azimut (es decir, la rotación de al menos 360° especificada), mayor será la precisión de las mediciones, y por ello la onda senoidal será mejor ajustada, y consecuentemente el ángulo de desviación α del norte será más preciso.

50 [0051] Pasando ahora a la Fig. 5, esta ilustra un diagrama de bloque de un módulo de control del ensamblaje de giroscopio **500** según determinados modos de realización de la invención. El ensamblaje incluye un procesador **501** conectado a un girómetro de elevación **510** (que forma parte del ensamblaje de giroscopio descrito en relación con la Fig. 1) y un girómetro azimutal **508** (que forma parte del ensamblaje de giroscopio descrito en

relación con la Fig. 1). La comunicación entre los girómetros y el procesador se produce a través de una interfaz conocida *per se* (que incluye p.ej., convertidores A/D **509** y **504**) y la comunicación entre el procesador y el ensamblaje de suspensión cardán **505** (para transmitir los comandos de compensación) se produce a través de una interfaz conocida *per se*, que incluye, p.ej., un convertidor D/A **506'**.

5 **[0052]** Como se ha descrito, la carga útil es operable en al menos dos modos distintos: estabilización y búsqueda del norte. En el modo de estabilización, se toman mediciones del girómetro de elevación **510** (indicativas de desviaciones en el plano de elevación), que rota en el orden de por ejemplo 100°/s y después de convertirse a forma digital (A/D **504**) son alimentadas al procesador **501** que está asociado a un buffer (no mostrado en la fig. 5) para almacenar las mediciones. Como se especifica arriba, el intervalo dinámico que corresponde a las mediciones obtenidas puede ser, por ejemplo, módulo 16 bits con el bit más significativo (MSB) designando el signo y los otros 15 bits el contenido, todo para representar mediciones del orden de 100°/s. Cabe destacar que la velocidad de 100°/s se proporciona a modo de ejemplo únicamente y no es en modo alguno vinculante.

10 **[0053]** Las mediciones especificadas son procesadas de manera conocida *per se* por el procesador **501** y emite comandos para transmitir al ensamblaje de suspensión cardán **505** (a través de D/A **506'**) para la estabilización de control de bucle cerrado (no mostrado) que neutraliza el efecto de las desviaciones y mantiene la estabilidad de la plataforma en el plano de elevación (p.ej., manteniendo la línea de visión hacia un objetivo dado).

[0054] Las mediciones del girómetro azimutal (**508**) son procesadas de la misma manera para neutralizar el efecto de las desviaciones y mantener la estabilidad de la plataforma en el plano de azimut (p.ej., manteniendo la línea de visión hacia un objetivo dado), todo según lo conocido *per se*.

20 **[0055]** Para operar en el modo de encontrar la "desviación del norte" (modo de búsqueda del norte) se necesita medir considerablemente el movimiento más lento mediante el girómetro de elevación en el orden de 15°/hora. Esto requiere operar en un intervalo dinámico diferente y para ello, las mediciones obtenidas en la salida del girómetro de elevación **510** (el especificado $(\Omega \cos(\varphi) \cos(\alpha))$) son amplificadas en el amplificador **506** y son sometidas al convertidor A/D **503** para su procesamiento por el procesador **501**. El valor de las mediciones amplificadas en la salida del amplificador **506** recae en un intervalo dinámico diferente. El procesador **501** arroja datos indicativos de la desviación del norte **507**.

25 **[0056]** Como se muestra además en la Fig. 5, un sensor de inclinación (p.ej., el girómetro azimutal especificado **508**) se configura para provocar la reducción o eliminación de manera conocida *per se* de mediciones de inclinación no deseadas como se alimentan al procesador **501** por medio de A/D **509**.

30 **[0057]** Cabe destacar que la invención no está limitada por la estructura especificada de control de ensamblaje de giroscopio que incluye el procesador y las interfaces especificadas. Por tanto, cualquiera o ambos del procesador y las interfaces pueden tener estructuras diferentes y posiblemente pueden añadirse otros elementos, según sea conveniente y apropiado.

35 **[0058]** Para una mejor comprensión del aumento del amplificador, cabe destacar lo siguiente. Para los fines de control de la estabilización normal, el intervalo dinámico del giroscopio de elevación se encuentra en el orden de magnitud de por ejemplo 100[°/s]. Sin embargo, para los fines de búsqueda del norte, el intervalo dinámico del giroscopio de elevación debería modificarse a un intervalo dinámico más sensible (del orden de 15[°/h]).

40 **[0059]** Las compensaciones de intervalo dinámico adecuado para percibir un orden de magnitud de velocidad de la tierra de hasta 15[°/h], deberían incluir resolución suficiente para evitar el ruido de cuantificación conocido *per se* por un lado y evitar excitar el intervalo de operación lineal por otro lado, afectados por la estabilidad de sesgo y ruido de mediciones en las condiciones ambientales requeridas (de aquí en adelante denominado parámetro de compensación).

[0060] A continuación se incluye un ejemplo no limitativo de cambio de modo, cálculo del factor de amplificación:

Asumiendo:

45 Escala completa de giroscopio (fines de control normales) 100[°/s]

[0061] El intervalo deseado para el fin de encontrar el norte usando, por ejemplo, 5% del intervalo completo (según las compensaciones anteriores):

Giroscopio (fin de encontrar el norte) 15 [°/h] / (5/100) = 0,083 [°/s]

[0062] Esto arrojará el siguiente factor de amplificación:

Amplificación = $100/0,083 \approx 1000$

- 5 **[0063]** Cabe destacar que el último ejemplo ilustra un intervalo dinámico que es 1000 veces más sensible que el aplicable para el modo de estabilización. Sin embargo, esto no es vinculante de modo alguno. Puede haber varios parámetros que afecten a la diferencia de sensibilidad, por ejemplo, la velocidad de rotación de los giroscopios en el modo de operación de estabilización. Por tanto, la velocidad de rotación $100[^\circ/s]$ especificada es solo un ejemplo y la velocidad de rotación puede seleccionarse para ser un valor en el intervalo de $(50[^\circ/s]-1000[^\circ/s])$, según el uso concreto. Otro parámetro que puede afectar a la sensibilidad puede ser, por ejemplo, el parámetro de compensación (5% a modo de ejemplo no limitativo). De este modo, el 5% especificado es solo un parámetro de compensación de ejemplo.
- 10 **[0064]** Con respecto al intervalo dinámico, si se usa un intervalo de 16 bits para fines de estabilización, y asumiendo que el MSB representa un signo y los 15 bits representan contenido (± 32768), entonces considerando la velocidad de rotación específica de $100[^\circ/s]$, el LSB representaría $\sim 3,05 \times 10^{-3} [^\circ/s]$ ($100/32768 = 3,05 \times 10^{-3}$). Pasando ahora al segundo intervalo dinámico más sensible entonces el factor de amplificación de 1000 resultaría en $\sim 2,6 \times 10^{-6} [^\circ/s]$ ($15[^\circ/h] / (0,05 \times 3600 \times 32768)$).
- 15 **[0065]** El procesador **501** es adaptado basándose en las mediciones registradas para construir una onda senoidal que se adapta a las mediciones, p.ej., usando una aproximación de mínimos cuadrados, como se ha explicado en relación con la Fig. 4 anterior.
- 20 **[0066]** Se destaca ahora la Fig. 6, que ilustra una secuencia de operaciones de estabilización generalizada usada en un sistema según determinados modos de realización de la invención. La secuencia de estabilización se conoce generalmente *per se* y, por tanto, se describirá brevemente con respecto a un canal dado, por ejemplo, el azimut. Puede aplicarse un procedimiento de estabilización similar al canal de elevación. Por tanto, la velocidad angular ω **601** es percibida por el girómetro azimutal **602 (508)** de la Fig. 5). El último alimenta la velocidad angular así medida a un comparador **603** (capaz de recibir un comando **604** que sirve para la excitación del controlador **609**). La velocidad angular tras ser sometida a control conocido *per se* y módulos amplificadores de potencia (PA) es sometida a integración **605** dando lugar a datos del ángulo que son alimentados al motor de par **606** (formando parte del ensamblaje de suspensión cardán) que proporcionó un comando de corrección a la suspensión cardán interna **607** (formando parte del ensamblaje de suspensión cardán) para neutralizar la velocidad angular ω así medida. Esta operación de bucle cerrado continúa hasta que la desviación medida ω se elimina sustancialmente. Cabe destacar que los procedimientos de comparación, control e integración (llevados a cabo en los módulos **603**, **609** y **605**) pueden formar parte del procesador **501** de la Fig. 5.
- 25 **[0067]** A menos que se indique expresamente lo contrario, como será evidente a partir del siguiente análisis, se apreciará que a lo largo de los análisis de la especificación que utiliza los términos como "procesar", "activar", "calcular" o similares, hacen referencia a las acciones y/o procesos de un procesador que manipula y/o transforma datos en otros datos, dichos datos representados como cantidades físicas, p.ej., como cantidades electrónicas, y/o dichos datos representando los objetos físicos. El término "procesador" debería interpretarse de manera amplia para cubrir cualquier tipo de dispositivo electrónico con capacidad de procesamiento de datos, por ejemplo, como se describe en la presente materia de la presente solicitud. El procesador puede permitir los principios de la presente materia de la presente invención siendo específicamente construido para los fines deseados o siendo un procesador para fines generales configurado para el fin deseado mediante un programa informático almacenado en un medio de almacenamiento legible por ordenador.
- 30 **[0068]** Las Figs. **1A**, **1B**, **2**, **5** y **6** ilustran un esquema general de una arquitectura del sistema de carga útil según un modo de realización de la invención. El sistema puede comprender menos, más y/o diferentes módulos de aquellos mostrados en las Figs. En algunos modos de realización, la funcionalidad del sistema/elemento descrito aquí puede dividirse de manera diferente entre los módulos. En algunos modos de realización, la funcionalidad de un sistema/elemento descrito aquí puede dividirse en menos, más y/o diferentes módulos de los descritos en las Figs.
- 35
40
45

REIVINDICACIONES

1. Una carga útil (200) que incluye un ensamblaje de suspensión cardán (203) y ensamblaje de giroscopio asociado (201), comprendiendo un control de ensamblaje de giroscopio (202) asociado a dicho ensamblaje de giroscopio (201) y operable para activar el ensamblaje de giroscopio (201) para obtener mediciones de desviación (204) en el plano de azimut y plano de elevación y procesar las mediciones en un primer intervalo dinámico que corresponde a un primer intervalo de velocidad de rotación, para estabilizar la carga útil utilizando dicho ensamblaje de suspensión cardán (203); **caracterizado porque** el control del ensamblaje de giroscopio (202) es operable para activar el ensamblaje de giroscopio (201) para obtener mediciones instantáneas de un girómetro de elevación (105) y procesar las mediciones en un segundo intervalo dinámico que corresponde a un segundo intervalo de velocidad de rotación que tiene más sensibilidad que dicho primer intervalo dinámico, para encontrar la desviación de la carga útil del norte de la Tierra.

2. La carga útil según la reivindicación 1, donde dicho ensamblaje de giroscopio (201) incluye un girómetro azimutal (104) dispuesto perpendicularmente al girómetro de elevación (105); dicho control de ensamblaje de giroscopio (202) siendo operable para accionar dicho girómetro de elevación (105) para girar sobre el eje azimutal para obtener y registrar mediciones instantáneas durante al menos una rotación de 360°; dicho control del ensamblaje de giroscopio (202) siendo operable además para derivar un ángulo de deriva representativo de dicha desviación del norte basándose en dichas mediciones registradas.

3. La carga útil según la reivindicación 2, donde dicho control de ensamblaje de giroscopio (202) se configura para calcular una onda senoidal que está adaptada a dichas mediciones y deriva dicho ángulo de deriva de dicha onda senoidal.

4. La carga útil según la reivindicación 2 o 3, donde cuanto mayor es la duración *t* de dicha rotación sobre dicho eje azimutal, menor es el error de dichas mediciones.

5. La carga útil según cualquiera de las reivindicaciones de la 2 a la 4, donde dichas mediciones resultan en:

$$\text{Mediciones} = \Omega * \cos(\varphi) * \cos(\alpha),$$

donde Ω corresponde a la velocidad de rotación de la tierra
 φ corresponde a la latitud
 α corresponde al ángulo de deriva que cambia según las mediciones instantáneas del girómetro de elevación (105) durante al menos la rotación de 360°,

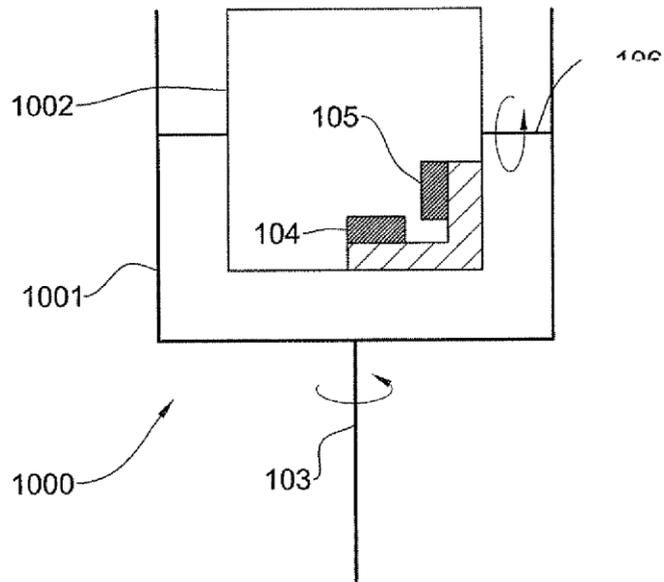
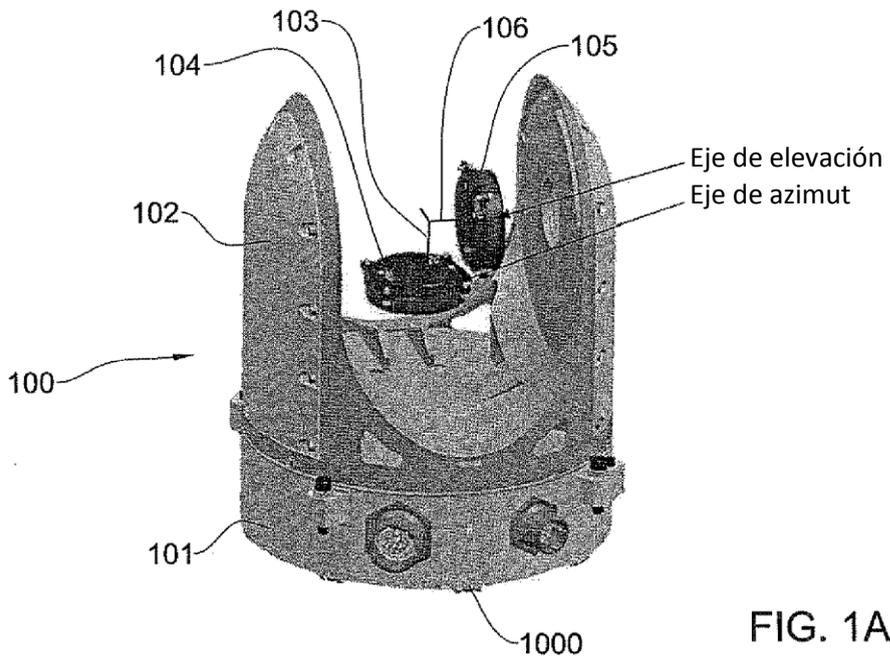
y donde dicha desviación es un desplazamiento de fase α de la onda senoidal que se adapta a las mediciones.

6. La carga útil según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo además un sensor de inclinación para percibir mediciones de inclinación de la carga útil en ambos o cualquiera de los ejes de balanceo y cabeceo, y donde dicho control de ensamblaje de giroscopio (202) se configura para calcular los comandos de compensación para la transmisión a dicho ensamblaje de suspensión cardán (203) para reducir o eliminar dichas mediciones de inclinación, a través de lo cual se nivela dicha carga útil.

7. La carga útil según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde dicha carga útil se monta sobre una plataforma móvil que está sometida a desviaciones de orientación espacial en cualquiera o ambos del plano de azimut o plano de elevación, y donde dichas desviaciones espaciales se miden mediante dicho ensamblaje de giroscopio (201) y donde dichas mediciones son procesadas por dicho control de ensamblaje de giroscopio (202) para obtener comandos de compensación para activar el ensamblaje de suspensión cardán (203) para compensar dichas desviaciones espaciales y estabilizar la carga útil.

8. La carga útil según cualquiera de las reivindicaciones de la 2 a la 6, donde dicha carga útil se monta sobre una plataforma móvil que está sometida a desviaciones de orientación espacial en cualquiera o ambos del plano de azimut o plano de elevación, y donde dichas desviaciones espaciales en el plano de azimut se miden mediante dicho girómetro azimutal (104) independientemente de dicha rotación de 360° y donde dichas desviaciones espaciales en dicho plano de elevación se miden mediante dicho girómetro de elevación (105) independientemente de dicha rotación de 360° y donde dichas mediciones son procesadas mediante dicho control de ensamblaje de giroscopio (202) para obtener los datos para activar el ensamblaje de suspensión cardán para compensar dichas desviaciones y estabilizar la carga útil.

9. La carga útil según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde dicha sensibilidad depende de la velocidad de rotación de los giroscopios en el modo de operación de estabilización.
10. La carga útil según la reivindicación 9, donde la velocidad de rotación es $100[^\circ/\text{s}]$.
- 5 11. La carga útil según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde dicha sensibilidad depende de un parámetro de compensación.
12. La carga útil según la reivindicación 11, donde dicho parámetro de compensación es 5%.
13. Un método para la utilización bimodal de una carga útil que incluye un ensamblaje de suspensión cardán (203) y asociado un ensamblaje de giroscopio (201), comprendiendo:
- 10 (i) activar el ensamblaje de giroscopio para obtener mediciones de desviación en el plano de azimut y plano de elevación y procesar las mediciones en un primer intervalo dinámico que corresponde a un primer intervalo de velocidad de rotación, para estabilizar la carga útil utilizando dicho ensamblaje de suspensión cardán; y **caracterizado por**
- 15 (ii) activar el ensamblaje de giroscopio para obtener mediciones instantáneas de un girómetro de elevación y procesar las mediciones en un segundo intervalo dinámico que corresponde a un segundo intervalo de velocidad de rotación que tiene más sensibilidad que dicho primer intervalo dinámico, para encontrar la desviación de la carga útil del norte de la Tierra.



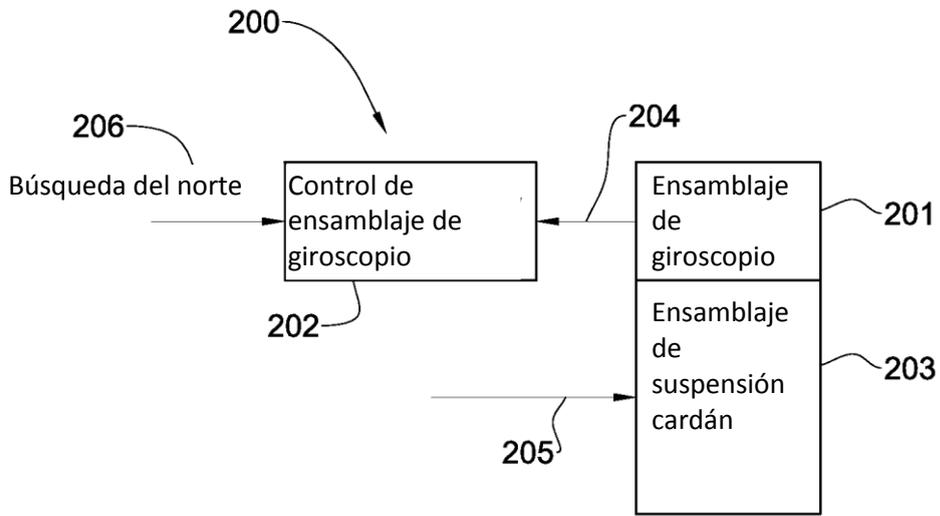


FIG. 2

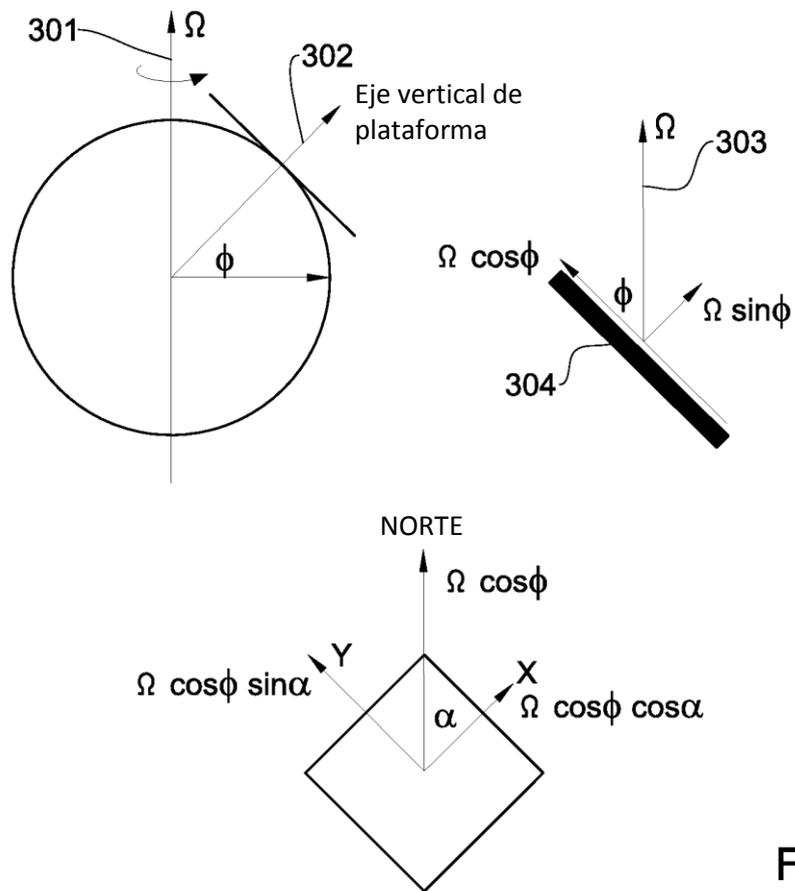


FIG. 3

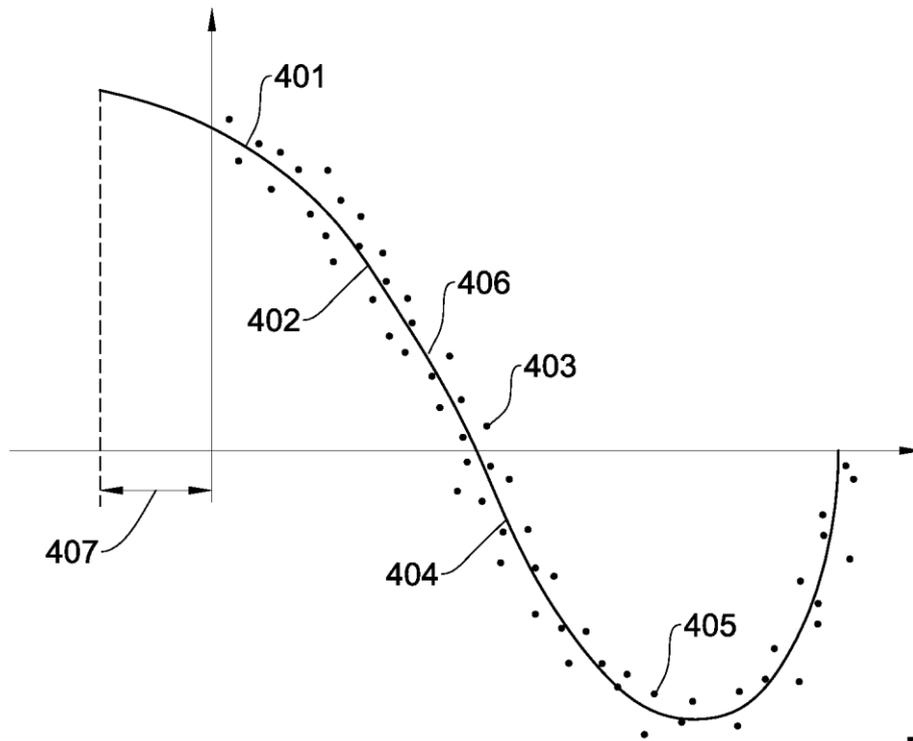


FIG. 4

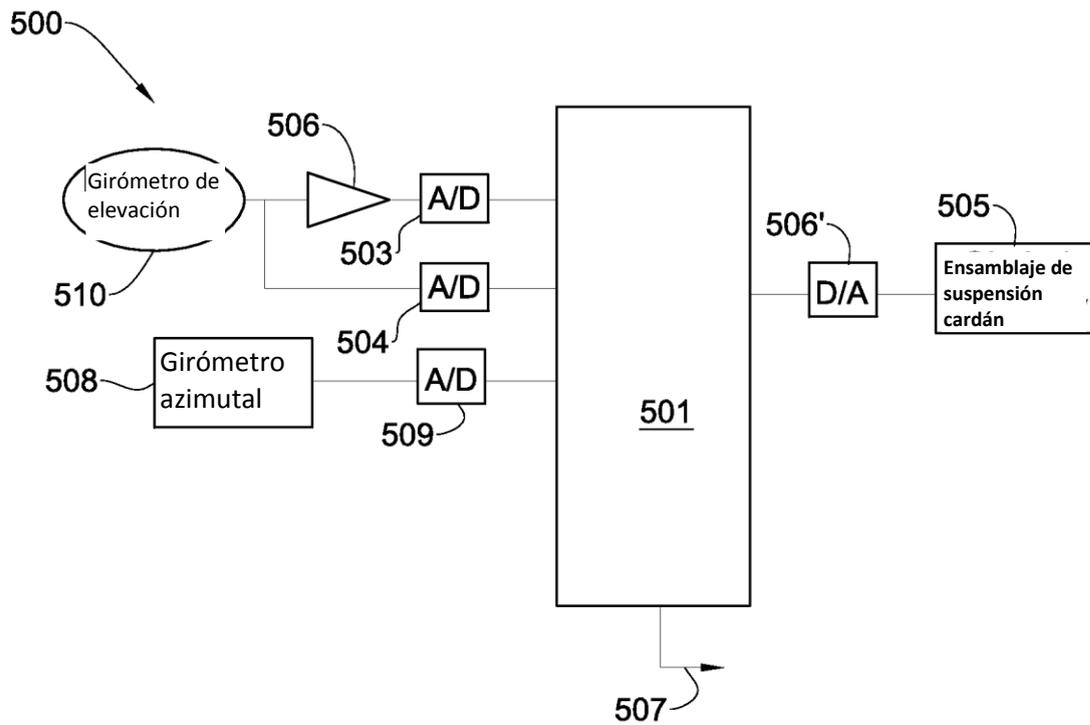


FIG. 5

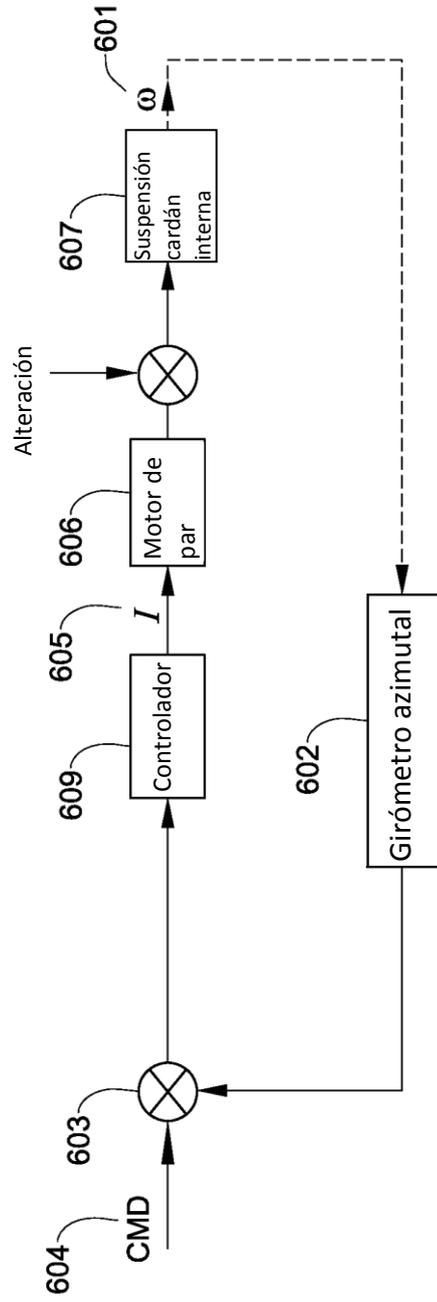


FIG. 6