(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
Oficina internacional

(43) Fecha de publicación internacional
22 de Mayo de 2003 (22.05.2003)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 03/042632 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes[7]: G01C 19/04, F03G 3/08

(21) Número de la solicitud internacional: PCT/ES02/00482

(22) Fecha de presentación internacional:
11 de Octubre de 2002 (11.10.2002)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P-200102290
17 de Octubre de 2001 (17.10.2001) ES

(71) Solicitante *(para todos los Estados designados salvo US)*: **INGENIERÍA DISEÑO Y ANÁLISIS, S.L.** [ES/ES]; Ibiza, 37, E-28009 Madrid (ES).

(72) Inventor; e

(75) Inventor/Solicitante *(para US solamente)*: **GUERRERO PADRON, Juan, Jose** [ES/ES]; Ibiza, 37, E-28009 Madrid (ES).

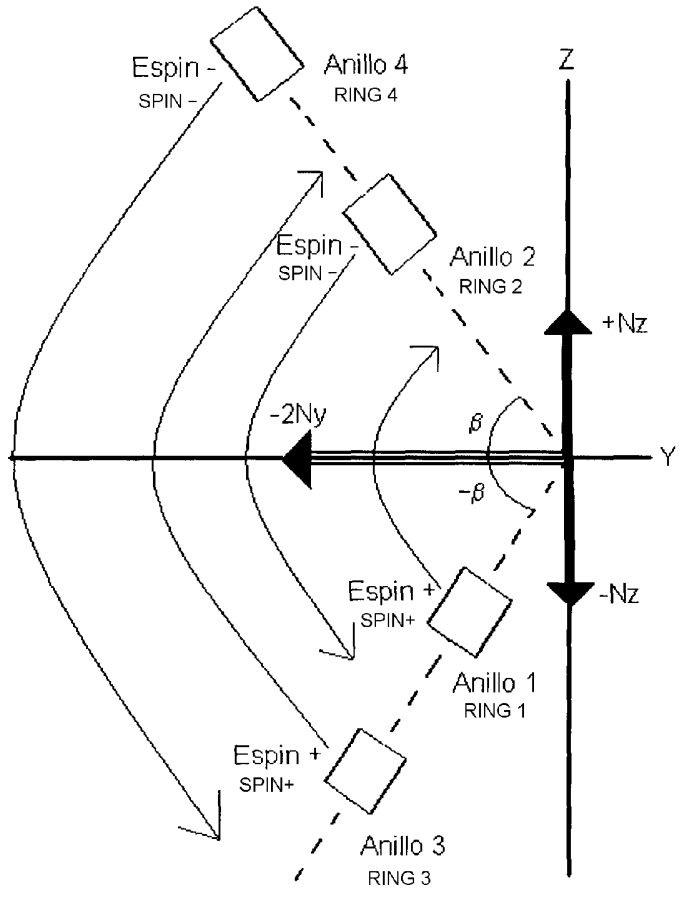
(74) Mandatario: **URIZAR BARANDIARAN, Miguel, Angel**; Gordóniz, 22 - 5°, E-48012 Bilbao (ES).

(81) Estados designados *(nacional)*: AU, BR, CA, CN, IL, IN, JP, KR, MX, NO, RU, SG, US, ZA.

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: GYROSCOPIC ACTUATOR

(54) Título: ACTUADOR GIROSCOPICO



(57) Abstract: The invention relates to a novel gyroscopic actuator which is based on a mechanism that is designed to exploit the conservation of angular momentum in such a way as to supply a moment to the platform on which the device is disposed. In this way, the aforementioned platform can be adjusted in terms of pitch, roll and yaw, thereby producing the attitude required by a control system. The inventive actuator is suitable for use in aeronautics (aircraft manoeuvre control), the car industry (all types of land vehicle stabilisation), the naval industry (naval platform manoeuvring and stabilisation) and the aerospace industry (satellite attitude control).

(57) Resumen: El actuador giroscópico es un nuevo dispositivo basado en un mecanismo diseñado para aprovechar la conservación del momento cinético, de forma que suministra un par (momento) a la plataforma en la que se encuentra ubicado. De esta manera puede orientar a esta plataforma en cabeceo, balanceo o guiñada, consiguiendo que tenga la actitud que un sistema de control requiera. Su utilización prevista es en los campos aeronáutico (control de maniobras en aer onaves), automoción (estabilización de todo tipo de vehículos terrestres), naval (maniobras y estabilización de plataformas navales) y aerospacial (control de actitud de satélites).

WO 03/042632 A1

(84) Estados designados *(regional)*: patente europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

Para códigos de dos letras y otras abreviaturas, véase la sección "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" que aparece al principio de cada número regular de la Gaceta del PCT.

Publicada:

— *con informe de búsqueda internacional*

ACTUADOR GIROSCÓPICO

El actuador giroscópico es un dispositivo que permite orientar la plataforma en la que se encuentra instalado, aplicando para ello la ley de conservación del momento cinético. Esta orientación se consigue sin recurrir a las propiedades físicas del entorno circundante (agua o aire), por ello la plataforma no necesitará disponer de superficies de control (aerodinámicas o hidrodinámicas).

Sus aplicaciones previstas son

- Aeronáuticas para aeronaves de ala fija, al poder sustituir las superficies de control aerodinámicas de las aeronaves (alerones, timones, etc.), realizando los giros en cabeceo, balanceo o guiñada con el actuador giroscópico.
- Helicópteros, mediante la sustitución del rotor de cola que genera el par compensador del par de reacción debido al rotor principal. El actuador se encarga de producir este par compensador y permitir el gobierno del helicóptero en guiñada.
- Navales, al conseguir la sustitución de los timones de barcos y embarcaciones, y realizar las maniobras con el actuador giroscópico.
- Estabilización de vehículos terrestres (automóviles, camiones, autocares y trenes), al poder producir pares que se opongan a los pares de vuelco en los cambios de dirección durante la marcha del vehículo.

SECTOR DE LA TÉCNICA

La invención, en cuanto a sus aplicaciones, tiene que ver con los sectores aeronáutico, naval y de automoción. Utiliza las siguientes ramas de la ingeniería: mecánica, electrotecnia y electrónica.

ESTADO DE LA TÉCNICA Y JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

Es en el sector aerospacial en el que este tipo de dispositivos está desarrollado. Hay numerosas patentes, sobretodo norteamericanas, que ponen de manifiesto el estado de la técnica en este sector. Como ejemplo se mencionan las siguientes: US006135392A, US005826829A y US005931421A, que además hacen referencia a otras patentes.

La utilidad que confiere a los satélites este tipo de dispositivos es la del control de actitud de la plataforma para conseguir una adecuada orientación de los equipos de a bordo. Los dispositivos giroscópicos utilizados se conocen como conjuntos de ruedas de inercia; concretamente *reaction wheel assemblies* (RWA) o también *momentum wheel assemblies* (MWA). Consisten en un conjunto de 3 ruedas o discos, dispuestas ortogonalmente según los ejes tridimensionales de referencia del satélite, que al girar en espín generan un par, cada una en su eje. Para producir un par determinado que cambie la orientación del satélite, las ruedas giran de forma que el par resultante producido por la composición ortogonal de los tres originados sea el adecuado para mover la estructura según se requiere.

La forma de producir más o menos par en un eje determinado del sistema de referencia es acelerando o decelerando el giro en espín del RWA o MWA correspondiente. Con este dispositivo se consigue generar unos pares máximos de 1.6 Newton – metro (N-m).

Existen dispositivos RWA/MWA ofertados por Honeywell, tales como los modelos HR12, HR14, HR16, HM 4520 y HR2010/HR4510, cuyas características básicas son velocidades de giro en espín en torno a 5000 rpm, peso entre 9 y 11 kg, diámetros máximos desde 300 a 400 mm y pares resultantes desde 0.1 a 0.2 N-m.

Debido a los valores tan pequeños en el par resultante, se han desarrollados otros dispositivos que consiguen incrementarlo ligeramente. Es el caso del denominado *momentum wheel platform* (MWP) descrito en la patente US005112012, basado en tres unidades RWA/MWA montados en una placa triangular plana, que contiene en sus esquinas una serie de tornillos movidos por motores paso a paso de forma que se puede controlar la orientación de la placa, por medio del movimiento de los tornillos que al girar la inclinan, lo cual produce un incremento del momento resultante. Sin embargo el aumento obtenido es todavía muy pequeño, al no conseguirse movimientos rápidos, por el giro de los tornillos.

Posteriormente se desarrolló un nuevo dispositivo denominado *control moment gyroscope* (CMG), también comercializado por Honeywell, consistente en un entorno esférico que rota a 6000 rpm montado en un conjunto

gimbal multiaxial. Consigue un par máximo de 305 N-m, sin embargo, sus dimensiones son grandes: un metro de diámetro y 53 kg de peso.

Los dispositivos generadores de par en el espacio, debido a los valores tan limitados que entregan y al alto coste que tienen, son prácticamente inviables para operaciones en tierra, donde los pares requeridos pueden ser, dependiendo de las aplicaciones, muy elevados.

El actuador giroscópico se concibe como un dispositivo de dimensiones adecuadas a la aplicación dónde va a ser solicitado y capaz de generar el rango de pares que precisa esta aplicación. Consigue estas capacidades por conjugar los movimientos de espín y nutación con una geometría particular; en lugar de ruedas de inercia utiliza anillos, lo cual le confiere grandes posibilidades como se verá en esta exposición. Como ejemplo, con unos materiales simples (acero al carbono), una velocidad en espín de 3000 rpm, un diámetro máximo de 300 mm y de altura 350 mm, con un peso total de 10 kg, consigue generar pares mayores de 650 N-m, durante un tiempo indefinido. Obviamente, con otras dimensiones se pueden conseguir pares resultantes notablemente superiores.

La filosofía de la concepción del actuador giroscópico está basada en que las limitaciones del par suministrado vienen establecidas por la rigidez del material constitutivo de los anillos del mecanismo y de la electrónica asociada al motor que acciona el movimiento en nutación.

Debido a la posibilidad que tiene el actuador giroscópico de generar un par mecánico en la plataforma en la que se encuentra ubicado y en consecuencia, variar la orientación de esta, sus posibles aplicaciones son muy amplias, según se ha visto. Seguidamente se justifica la necesidad para cada una de las aplicaciones indicadas.

- Aeronáutica. El gobierno de las aeronaves de ala fija en cabeceo, balanceo y guiñada, se hace mediante las superficies aerodinámicas de control que van dispuestas en las alas, los estabilizadores y el timón de cola. Aunque existen muchas variantes sobre la configuración básica, esta modalidad de gobierno se basa en la resistencia aerodinámica que producen tales superficies, al variar su disposición inicial para ejercer la maniobra solicitada. Por medio de la resistencia

aerodinámica que producen, aparecen las fuerzas y momentos resultantes sobre el conjunto estructural de la aeronave realizándose así la maniobra buscada.

El actuador giroscópico produce una serie de pares sobre el conjunto estructural de la aeronave de forma que ésta se ve obligada a cambiar su orientación en los tres ejes del sistema de referencia ligado a la misma, produciendo así los giros en cabeceo, balanceo y guiñada que consiguen la maniobra solicitada.

La necesidad queda patente al presentar el actuador giroscópico las ventajas siguientes sobre el procedimiento convencional (superficies aerodinámicas):

- No se producen resistencias aerodinámicas asociadas a su propio funcionamiento que conllevan un consumo energético añadido.
- Se consigue la eliminación de todos los mecanismos asociados a las superficies de control actuales así como una simplificación de la arquitectura exterior de la aeronave (alas y estabilizadores). Esto redundará en una mayor capacidad de carga de pago.

Con respecto al estado de la técnica, es necesario indicar que cierto tipos de aeronaves de ala fija, concretamente algunos modelos de aviones de combate, pueden reforzar las maniobras de las superficies de control mediante la variación del vector de empuje que se produce en las toberas de los motores. Esto lo consiguen mediante un desvío de los gases de salida en la propia tobera que está configurada para variar su geometría en forma adecuada.

- Helicópteros. Como es sabido, el helicóptero es un tipo de aeronave de ala giratoria que tiene una hélice principal accionada por un motor, con la cual puede sustentarse y a la vez desplazarse. El par que mueve la hélice principal crea otro par de signo opuesto que haría rotar en sentido opuesto al de la hélice a la célula de vuelo, de no ser por varias soluciones que se han desarrollado hasta la fecha. Como más importantes figuran las siguientes (*Modern Fighting Helicopters*, Bill Gunston and Mike Spick, 1998 Greenwich Editions):

  - Hélice compensadora de cola (Penny – farthing). Ejemplo de esta configuración es el Lynx. Es la más común de todas. El par compensador lo origina una hélice en la cola del fuselaje que permite igualmente controlar la orientación en guiñada de la aeronave.

➢ Rotores en tandem (Twin tandem). Ejemplo el Chinook. Esta configuración posee dos rotores principales que están en el mismo plano y desplazados girando en oposición, consiguiendo así compensarse sus respectivos pares.

➢ Rotores de lado a lado (Twin side). Ejemplo el V-12. Los dos rotores están situados a ambos lados del fuselaje y giran en oposición a regímenes tales que se compensan los pares.

➢ Rotores de lado a lado entrecruzados (Twin intermeshing). Ejemplo HH-43. Es una variante del anterior en la que los rotores se aproximan hasta que se entrecruzan las palas, consiguiéndose así una configuración más compacta.

➢ Rotores coaxiales (Twin coaxial). Ejemplo Ka-25. Los ejes de los dos rotores son coaxiales y originan pares iguales y de signo contrario.

En la configuración más común (la primera), se han realizado intentos para suprimir el rotor de cola, mediante la eyección de los gases calientes del motor (normalmente es del tipo turbina) a través de la cola del fuselaje. Ejemplo de ello es el NOTAR de McDonnell Douglas. A pesar de que el principal inconveniente de este tipo de configuraciones es el excesivo gasto de combustible existen varios modelos desarrollados, todos ellos basados en esta tecnología.

El actuador giroscópico, adecuadamente dispuesto en el interior del fuselaje del helicóptero, permitirá que éste tenga un solo rotor; el rotor principal, de forma que el par generado sea compensado por el actuador, permitiendo igualmente la orientación guiñada.

Las ventajas sobre los procedimientos convencionales se derivan de la eliminación de la cola del fuselaje junto con el rotor secundario. Éstas son las siguientes:

➢ Simplificación mecánica de la aeronave al eliminar rotor secundario.

➢ Disminución del peso total. Aunque sea necesario incorporar un nuevo dispositivo (el actuador giroscópico), se consigue suprimir una parte importante del fuselaje y de los mecanismos asociados al rotor secundario, de forma que la masa total resultante es menor que la primitiva.

➢ Mejora de las formas aerodinámicas. Al eliminar el rotor secundario y su estructura soporte, se consigue tener una forma aerodinámica exterior con más continuidad, semejante a un elipsoide de revolución, que otorga mayores prestaciones a la aeronave.

➢ Mayor capacidad de carga. Con la nueva forma el helicóptero está capacitado para transportar más volumen y más carga.

- Navales. En cualquier tipo de barco o embarcación, se utiliza el timón para realizar la maniobra que, de la misma forma que sucede con las aeronaves, en definitiva lo que produce es un momento resultante sobre la estructura, consiguiéndola orientar en la dirección deseada.

El timón genera una resistencia hidrodinámica, asociada a su propia actuación, tanto mayor cuanto más grande es la superficie equivalente del mismo enfrentada a las líneas de corriente del agua.

El actuador giroscópico a bordo de una embarcación, dimensionado al efecto y convenientemente dispuesto, genera en esta el par adecuado capaz de variar la orientación de todo el conjunto, de forma que se puedan realizar las maniobras deseadas evitando el uso del timón o timones.

La ventaja de este dispositivo, fundamentalmente estriba en la capacidad que confiere el actuador a la embarcación para poder maniobrar sin resistencias añadidas por el aumento de superficie equivalente frente a las líneas de corriente del agua.

Otra aplicación que tiene el actuador giroscópico sobre plataformas navales es la capacidad de estabilizarlas e incluso de conferir la actitud adecuada en cabeceo, balanceo y guiñada para generar establemente todo tipo de maniobras. Esto es especialmente útil en embarcaciones deportivas de motor o vela. Con respecto a esto se citan las siguientes patentes: US004863404, US004817550

- Vehículos terrestres. La aplicación más inmediata que se prevé para este campo es la estabilización de los vehículos durante su movimiento. En el caso de automóviles (también autocares y camiones), actualmente hay dos tipos de dispositivos que confieren una estabilidad al vehículo cuando se encuentra frente a un cambio de dirección lo suficientemente acusado, como para producir un par de

vuelco considerable al conjunto estructural. Tales dispositivos son las barras estabilizadoras y los sistemas de amortiguación activa. En ambos casos se busca un aumento de la rigidez de la suspensión del vehículo en el lado del vehículo dónde se produce el pivotaje por vuelco y una disminución en el lado contrario, de forma que el vehículo tenga una tendencia a bascular en el sentido contrario al del vuelco y así se contrarreste con la propia masa desplazada la inestabilidad. Como referencia se enumeran las siguientes patentes: US005876148, US004930807, US004550926, US005876148, US004345661, GB2039834A, DE4116837, JP57182505.

El conjunto formado por el actuador giroscópico, junto a una plataforma giroestabilizada y un procesador es capaz de generar el par contrario al de vuelco del vehículo, estabilizándolo durante la ejecución del viraje que produce la inestabilidad. La forma de funcionar del conjunto es la siguiente: la plataforma giroestabilizada detecta el desvío producido en cabeceo, balanceo y guiñada por parte del vehículo, respecto a su posición de reposo (vehículo parado o en movimiento sin inestabilidades). Las medidas tomadas se transmiten al procesador que genera las órdenes adecuadas al actuador para generar los pares que atenúan las inestabilidades de la estructura del vehículo.

La principal ventaja del sistema basado en el actuador frente a los otros citados es el amplio margen de actuaciones que dispone, ya que en el segundo caso, el par equivalente creado que se opone al par de vuelco va a depender de unos márgenes muy estrechos por su propia naturaleza; sin embargo con el uso del sistema basado en el actuador giroscópico, las posibilidades de generación de par dependerán del diseño del propio dispositivo, no del conjunto estructural, pudiendo ser muy elevadas, como se intuirá más adelante cuando se realice la descripción del mecanismo.

En el caso del transporte ferroviario, el actuador tiene una aplicación similar a la descrita para los vehículos automóviles, pues unos de los factores limitativos de la velocidad más importantes de los trenes, es el radio de curvatura horizontal del trazado de las vías, ya que cuando un tren toma una curva se produce una aceleración centrífuga sobre los viajeros, cuyo valor máximo está limitado por la normativa vigente en cada país. Para disminuir este valor, existen dos

tipos de soluciones: la primera ha sido desarrollada por la empresa PATENTES TALGO y consiste en una estructura de los vagones formada por un pórtico del cual cuelga la estructura del habitáculo, de forma que al tomar una curva, el habitáculo bascula inclinándose y la aceleración centrífuga que sufren los ocupantes se desdobla en una normal a la hacia la base del habitáculo y otra perpendicular a ésta que es la que penaliza la normativa, pero que queda disminuida con la que habría habido si el habitáculo hubiese permanecido perfectamente horizontal (efecto pendular).

El segundo tipo de solución consiste en una amortiguación activa, semejante a la mencionada para los vehículos automóviles, que produce las adecuadas inclinaciones de los habitáculos de los vagones.

Se citan los siguientes números de patentes relacionados con lo anterior: FR2563487, FR2563487-A1, US5573265.

El actuador giroscópico formando parte de un conjunto como el descrito anteriormente (con plataforma estabilizadora y un procesador), puede, no sólo producir la inclinación deseada del habitáculo de los vagones, sino también contribuir a la estabilidad completa de la estructura generando el correspondiente par antivuelco.

La ventaja fundamental para el transporte ferroviario consiste en la posibilidad de poder circular con mayores velocidades que las actuales, con unas condiciones de seguridad y confort, si cabe, aún mayores.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La figura 1 representa una partícula de masa *m* en el espacio siguiendo una trayectoria con velocidad ***v***, en un sistema de referencia *Oxyz* en el que tiene un vector de posición **r** y un momento cinético ***h***. Sirve para ilustrar la ley física en la que se basa la invención.

La figura 2 presenta un anillo sobre un plano π y también el mismo anillo sobre otro plano π' que se encuentra girado respecto del primero. El eje de giro pasa por una línea diametral del anillo.

La figura 3 muestra el sistema de referencia ligado a un anillo genérico de los usados en el mecanismo. El centro O coincide con el centro del anillo, el eje Z coincide con el eje principal perpendicular al plano circunferencial

medio del anillo y los ejes X e Y son ortogonales al Z y entre sí formando un sistema dextrógiro y están en el plano circunferencial medio.

La figura 4 presenta los cuatro anillos que forman el mecanismo proyectados sobre el plano ZY de un sistema de referencia inercial cuyos ejes Z y X son coincidentes con el sistema de referencia ligado al sólido expuesto en la figura 3. Los anillos dispuestos coaxialmente se encuentran girados en este plano: el 1 y 3 un ángulo $-\beta$, el 2 y 4 un ángulo $+\beta$. Los anillos del cuadrante inferior (1 y 3) tienen una velocidad de giro en espín negativa. Los del cuadrante superior (2 y 4) tienen la velocidad de espín positiva. Las flechas indican los giros en nutación que realizan los anillos en las condiciones ya indicadas. En primer lugar giran el 1 y el 2 pasando respectivamente a las posiciones $+\beta$ y $-\beta$, con lo cual producen las componentes del par Nx, -Ny, +Nz (el anillo 1) y -Nx, -Ny, -Nz (el anillo2), que dan como resultado el vector $-2Ny$, indicado en la figura. Análogamente sucede con los anillos 3 y 4 que comienzan a girar al término del movimiento de los otros dos.

La figura 5 es un esquema sobre un dispositivo denominado Inversor de Par. Realiza, según su nombre indica la inversión de par producida por el movimiento combinado de los 4 anillos, cuando es necesario realizarlo. Según se describe más adelante, el ciclo de funcionamiento de los anillos que van produciendo alternativamente pares de signos opuestos. Este dispositivo invierte alternativamente los pares para que resulte finalmente pares del mismo signo. Por ello, el dispositivo puede estar activado (posición de la izquierda) o desactivado (posición de la derecha). Está constituido por un engranaje planetario e2, cuyo eje tiene una varilla que puede posicionarse en A (esquema izquierdo) o en B (esquema derecho). Esta varilla provocará que el Inversor de Par esté activado o desactivado. El engranaje planetario e2 está en contacto con un satélite e3, el cual engrana también (en posición de activado) con e1 que es un engranaje interior. El engranaje e3 dispone de 2 tetones que pueden introducirse en dos orificios situados en el engranaje interior e1 (posición desactivado). Más adelante se explica el funcionamiento de este dispositivo.

La figura 6 presenta el esquema del mecanismo de las cuatro coronas que puede realizar de forma coordinada los giros en espín y nutación que

genera el par objeto del actuador giroscópico. Es una proyección sobre el plano XZ del sistema de referencia inercial. Se observan las proyecciones de los 4 anillos sobre este plano (sus secciones rectas). Se ve también la forma de soporte de los anillos mediante unas piezas (C1, C2, C3, C4) que se denominan cunas. Consisten en unos sectores que abrazan a los anillos permitiendo sus deslizamiento a través de ellas (giro en espín). Se pueden ver las cadenas cinemáticas que hacen llegar a los anillos el giro en espín (ψ) y los giros en nutación (θ) a los pares correspondientes.

La figura 7 es una gráfica en la que en las ordenadas se presentan valores angulares de nutación que en el momento del arranque tiene un anillo genérico y en las abscisas se indican los tiempos. Esta figura sirve para explicar el transitorio que tiene lugar cuando un anillo comienza su movimiento de nutación.

La figura 8 es análoga a la anterior, pero referida a la parada del movimiento de nutación de un anillo genérico.

La figura 9 es una gráfica en la que se expone el valor del par generado Ny(t) durante un ciclo del funcionamiento combinado de los cuatro anillos. El ciclo consta de dos semiciclos. En el primero arrancan los anillos 1 y 2 (entre 0 y t1), después los anillos evolucionan según la función de nutación asignada (entre t1 y t2) y finalmente se detienen (entre t2 y ta). Durante este último intervalo arrancan los anillos 3 y 4 (entre 0 y t1 de su semiciclo), iniciándose el segundo semiciclo. Seguidamente evolucionan también según la función de nutación asignada (entre t1 y t2) y finalmente se detienen (entre t2 y ta) habiéndose terminado así el segundo semiciclo y completándose el ciclo de funcionamiento. Una actuación del mecanismo requerirá muchos ciclos consecutivos.

La figura 10 muestra un esquema en bloques del Actuador Giroscópico. Su explicación viene detallada en el apartado de la Descripción Técnica.

DESCRIPCIÓN TECNICA DE LA INVENCIÓN

Todas las aplicaciones mencionadas anteriormente serán objeto de nuevas patentes derivadas de la actual patente. En este apartado se va a explicar el modo de funcionamiento del actuador giroscópico, que a través de varias adaptaciones de su entorno que no modificarán en forma alguna lo que se va a

describir, harán posible las diversas configuraciones aptas para las aplicaciones anteriormente indicadas.

El actuador giroscópico está basado en la ley de conservación del momento cinético. La definición del momento cinético de una partícula (figura 1) de masa *m*, en movimiento con velocidad ***v*** respecto de un sistema de referencia newtoniano *Oxyz*, se define como el valor ***h*** resultante del producto vectorial del vector de la cantidad de movimiento ***mv*** con el vector **r** de posición de la partícula.

La ley de conservación del momento cinético establece que la variación respecto del tiempo del momento cinético **h** de una partícula, producida por la aplicación de una fuerza **F** sobre la partícula, es igual al momento o par **N** que produce esa fuerza **F** respecto del origen *O* del sistema de referencia.

$$\frac{d}{dt}\vec{h}=\vec{N}$$

El actuador dispone de un mecanismo formado por un conjunto de anillos que mediante unos giros coordinados de spin y nutación, producen un par **N** que reúne los siguientes requisitos:

1. El vector del par **N** debe tener una dirección y sentido fijos en el sistema de referencia inercial.

2. El módulo del par **N** debe ser constante mientras no se cambien intencionadamente los parámetros que lo producen.

3. La duración del par **N** en las condiciones anteriores será ilimitada, mientras no se cambien intencionadamente los parámetros que lo producen.

Cuando un anillo está girando en espín en el plano π, indicado en la figura 2 y en esas circunstancias, sufre un giro en nutación pasando al plano de órbita π', se produce un cambio del momento cinético **h**, que implica la aparición de un par **N**. El mecanismo dispone de 4 anillos que actuando secuencialmente por parejas consiguen que el par **N** producido reúna los tres requisitos anteriores.

Los 4 anillos tienen, según lo dicho dos grados de libertad: espín (ψ) y nutación (θ), siendo en todo momento la precesión (ϕ) cero.

Debe cumplirse que todos los anillos, de forma cilíndrica, tengan los mismos momentos de inercia en sus ejes principales. En la figura 3 se ve el sistema de referencia ligado a uno de los anillos. El giro de espín se produce alrededor del eje Z y el de nutación alrededor del eje X. Se denominarán a los anillos como 1, 2, 3 y 4, siendo el 1 el más interior y el 4 el exterior. Los anillos giran en espín con la misma velocidad, pero en sentidos alternados: el anillo 1 en +, el 2 en -, el 3 en +, el 4 en -.

El funcionamiento combinado de los anillos es por parejas, es decir, el anillo 1 está asociado al anillo 2 y el 3 con el 4. Esto significa que el 1 y el 2 cuando actúan conjuntamente generan un par, posteriormente el 3 y 4 al actuar generan el mismo par, de forma que se crea un ciclo de funcionamiento constituido por dos semiciclos: primer semiciclo actuación de 1 y 2, segundo semiciclo actuación de 3 y 4.

Por actuación de los pares de anillos se entiende el giro en nutación (en espín están moviéndose continuamente). El movimiento en nutación consiste, para el anillo 1, en el paso de un plano situado, respecto al horizontal XY, de un ángulo $\theta = -\beta$ a otro $\theta = +\beta$. Simultáneamente, para el anillo 2, es el paso de un plano situado también respecto al horizontal XY, de un ángulo $\theta = +\beta$ a otro $\theta = -\beta$.

Cuando entran en funcionamiento los anillos 3 y 4 hacen el mismo giro en nutación que el indicado para los anillos 1 y 2, completándose así el ciclo. El siguiente ciclo comienza, otra vez, con el giro en nutación de los anillos 1 y 2 que ahora es al revés que antes; el anillo 1 pasa del ángulo $\theta = \beta$ a $\theta = -\beta$ y el 2 del ángulo $\theta = -\beta$ a $\theta = \beta$. En este ciclo los anillos 3 y 4 hacen también lo mismo que los 1 y 2. Concretando, en un primer ciclo los anillos, actuando por parejas hacen un giro en nutación y en el siguiente ciclo deshacen el giro en nutación.

En la figura 4 se observan las proyecciones de las coronas sobre el plano ZY. Se indica para cada corona el sentido de la velocidad de espín (+ ó -) y mediante flechas la dirección y el sentido de los giros de nutación. También se observan los momentos que se producen; en este caso sólo se representan las componentes Y y Z, porque la componente X es ortogonal al plano representado.

Cuando actúa una pareja de anillos las componentes de X y Z de los momentos resultantes tienen signos opuestos entre sí para cada anillo y se anulan. Sin embargo, la componentes Y tiene la misma dirección y sentido para ambos anillos, por lo que se suman. Este es el fundamento del mecanismo y así se representa en la figura 4, por tanto, la componente útil del momento que genera el par buscado va a ser Ny.

El valor del par Ny que suministra cada anillo es el siguiente:

$$Ny(t) := -Iz\cdot\left[\left(\frac{d}{dt}\theta(t)\right)\cdot\frac{d}{dt}\psi(t)\cdot\cos(\theta(t))\right]$$

Dónde Iz es el momento principal de inercia en el eje Z del anillo en cuestión según el sistema de referencia antes indicado.

El valor de la función de spin, denotado por $\psi(t)$ es del tipo lineal, por lo cual los anillos giran en espín a velocidad constante. No obstante la función de nutación $\theta(t)$, debe ser una del tipo circular inversa, tal que consiga que la proyección del par sobre el eje Y sea constante durante la evolución del giro de nutación. La forma de estas funciones y el funcionamiento combinado por parejas de los anillos, asegura un vector de par de dirección constante (no el sentido, por lo que se comentará más adelante), módulo constante y tiempo de actuación controlable (mientras se desee), que son parte de los requisitos apuntados anteriormente que debía cumplir el actuador giroscópico.

La figura 6 muestra el esquema del mecanismo del actuador giroscópico con sus cuatro anillos proyectados sobre el plano XZ y las cadenas cinemáticas, consistentes en trenes de engranajes que hacen llegar a las coronas el giro en espín ψ y en nutación θ. A través de esta figura puede entenderse el funcionamiento combinado del mecanismo.

Teniendo presente que el mecanismo básicamente funciona por coordinar en los anillos los movimientos de espín y nutación, se puede observar en esta figura cómo el espín ψ llega a través del engranaje e15 a la cadena cinemática formadas por los engranajes e16, e17, e18, e19, e20 y e30 que conecta con el anillo 4, el cual tiene un sector dentado en su parte superior externa que enlaza con los dientes de e30 que comunica directamente el movimiento de espín (sentido -). El

anillo 4 en su parte inferior interna tiene otro sector dentado que engrana con e31, solidario con e32. Este último engrana con el sector dentado de la parte superior externa del anillo 3. De esta forma este anillo es obligado a girar en espín pero en sentido contrario al del anillo 4 (sentido +). Se consigue así que los dos anillos giren exactamente el mismo número de revoluciones, pero con sentidos contrarios.

El anillo 2 recibe el mismo movimiento de espín del engranaje e15 a través de la cadena e16, e17, e18, e19, e21, e22, e23, e24, e25, e26 y e27. Este último comunica al anillo 2 el movimiento de espín que a su vez es comunicado con sentido inverso al anillo 1 por medio de e28 y e29 en la misma forma que se indicó para los anillos 4 y 3.

El movimiento de nutación se transmite independientemente a los pares de anillos 1,2 y 2,3. En el primer caso la nutación θ se recibe a través del engranaje e36, el cual por medio de la cadena cinemática e35, e34, e33, e8 y e7 cuyo eje es solidario a la cuna C2. Esta es una pieza que abraza un sector del anillo 2, sirviéndole de soporte; el anillo se desplaza abrazado por esta pieza (cuna) que servirá para sostenerlo y también para obligarle a girar en nutación θ aún cuando esté girando en espín ψ. Por tanto al girar e7 en nutación desde $+\beta$ hasta $-\beta$, girará la cuna C2 solidaria y por tanto el anillo 2. Se entiende que β no debe sobrepasar el valor de 70º.

Cuando la cuna C2 gira en nutación en la forma indicada, a través de los engranajes e3, e2 y e1, se comunica el giro en sentido opuesto a la cuna C1, por formar e3 y e2 un conjunto planetario satélite y estar éste último engranado con e1 que es un engranaje interior. La cuna C1 obliga a girar en nutación al anillo 1 desde $-\beta$ hasta $+\beta$.

El movimiento de nutación θ para los anillos 3 y 4 se recibe en el engranaje e14. Se transmite a través de la cadena cinemática e12, e11, e10 y e9. El eje de este último engranaje es solidario a la cuna C4 que obliga a girar en nutación al anillo 4 desde $+\beta$ hasta $-\beta$. De la misma forma que se explicó para los anillos 1 y 2, ahora se transmite el movimiento de nutación al anillo 3 a partir del 4, por medio de los engranajes e6, e5, e4 y la cuna C3.

En el ciclo posterior la transmisión de la nutación cambiaría de signo, siendo para los anillos 2 y 4 desde -β hasta +β y para los 1 y 3 desde +β hasta -β.

Las funciones cinemáticas de espín ψ(t) y nutación θ(t), llegan a los engranajes respectivos e15, e14 y e36 generadas por un conjunto potencia constituido por tres motores con control electrónico de revoluciones y par. Uno de los motores suministra la función ψ(t) al engranaje e15, otro suministra la función θ(t) al engranaje e36 y el último suministra igualmente la función θ(t) al engranaje e14.

Según lo visto, en un primer ciclo, al actuar los anillos 1 y 2, se obtendría un par -2Ny (el signo menos es por seguir la nomenclatura de la figura 4), posteriormente al actuar los anillos 3 y 4 se volvería a obtener el mismo par –2Ny; sin embargo, en el siguiente ciclo, cuando actúan los anillos 1 y 2 deshaciendo el movimiento de nutación anterior, el par que se obtiene es 2Ny, habiendo un cambio de signo. Lo mismo ocurre dentro de este segundo ciclo cuando actúan los anillos 3 y 4, que vuelven a generar el par 2Ny. Por ello es necesario que exista un dispositivo denominado inversor de par que se representa en la figura 5, que intervendrá alternativamente en cada ciclo para conseguir que el signo del par que entrega el mecanismo a la plataforma en que está instalado, sea siempre el mismo.

En la figura 5, se presenta el inversor de par a la izquierda en la posición de activado (realiza la inversión de par) y a la derecha desactivado (no realiza inversión de par y entrega al bastidor el mismo par que él recibe). El inversor lo constituye un primer engranaje interior con dos orificios rígidamente unido por su eje al bastidor, un conjunto constituido por dos engranajes formando satélite y planetario, éste con dos tetones, y una varilla unida al eje del engranaje planetario.

El funcionamiento del inversor es como sigue: cuando la varilla está en la posición A, el inversor de par está activado y los dientes del satélite están enfrentados al engranaje interior. El par del mecanismo se recibe por el eje del planetario el cual por medio del satélite invierte el par que es recibido por el engranaje interior. Este par invertido se transmite al bastidor y por consiguiente a la plataforma en la que se encuentra el actuador giroscópico.

Cuando la varilla está en la posición B el inversor de par está desactivado y los dientes del satélite ya no están enfrentados al engranaje interior, sin embargo, los tetones del planetario están introducidos en los orificios del engranaje interior. En esta situación cuando se recibe el par en el eje del planetario se transmite sin ninguna inversión al engranaje interior, el cual lo transmite al bastidor sin inversión alguna.

Por medio del dispositivo inversor de par se consigue que el sentido del vector par sea constante durante todos los ciclos de funcionamiento del mecanismo, cumpliéndose así los tres requisitos enunciados al comienzo del presente punto.

Lo explicado hasta ahora hace referencia al comportamiento del mecanismo en régimen permanente, pero cuando se va a iniciar el giro en nutación de una corona (arranque) es necesario pasar por un intervalo de tiempo transitorio en el que la corona evoluciona de una velocidad de nutación cero a la velocidad exigida por la función de nutación de régimen permanente (la derivada de la función en nutación $d\theta(t)/dt$).

Esta situación manifiesta una discontinuidad que debe salvarse empleando una función específica para ello, g(t) que para el valor de $g(0) = -\beta$ (ó $g(0) = +\beta$) en el que se encuentra parado el anillo, con velocidad en nutación nula, pueda iniciarse el movimiento (giro en nutación) en un tiempo determinado (tiempo transitorio), que permita enganchar a la función de régimen permanente al final del intervalo transitorio, consiguiendo la continuidad en el punto alcanzado (es decir $g(t1) = \theta(t1)$, donde t1 es el valor del tiempo al final del periodo transitorio) y en su primera derivada ($[dg(t)/dt]_{t1} = [d\theta(t)/dt]_{t1}$) lo que equivale a que exista continuidad en los valores angulares y en las velocidades de nutación al final del intervalo transitorio. La figura 7 muestra el proceso indicado.

Lo mismo ocurre cuando el anillo llega al final de su recorrido en el giro de nutación y debe detenerse. No puede pasar instantáneamente de una velocidad de giro dada por la expresión $d\theta(t)/dt$ a un valor cero. Necesita pasar por un intervalo transitorio que desacelere al anillo hasta que éste pare. Este es el proceso de frenado. Se lleva a cabo mediante otra función cinemática h(t) que iniciándose

para un tiempo t2, que marca el final del intervalo de régimen permanente, conduce al anillo en el tiempo t = ta a una situación en la que la velocidad de giro es cero y su posición en nutación es $\theta(ta) = \mu\,\beta$ (o bien $\theta(ta) = -\mu\,\beta$), donde μ es un coeficiente próximo a 1. En la figura 8 se ilustra esta situación.

Las funciones transitorias de arranque se aplican a la pareja de anillos que esté actuando (1 y 2, ó 3 y 4). Coincidirán en el tiempo con las funciones transitorias de parada de la pareja de anillos opuesta (3 y 4, ó 1 y 2), de forma que los pares producidos por cada pareja (una en el arranque y otra en la parada), al sumarse no produzcan una alteración significativa del par que está suministrando el mecanismo. En estas situaciones se llega a un solape en el funcionamiento combinado de los anillos, según puede apreciarse en la figura 9. Esta zona es crítica para conseguir un buen funcionamiento del mecanismo, sin que haya comportamientos abruptos, que afectan al módulo del par Ny(t). En cualquier caso si, por el dimensionado concreto del mecanismo para una aplicación dada, en la zona de solape se produjese comportamientos no homogéneos del valor Ny(t), se puede usar entre el bastidor del mecanismo y la plataforma sobre la que va instalado un amortiguador que suavice esta irregularidad hasta valores admisibles.

El ciclo que aparece en la figura 9, en una situación real, se repetirá continuamente hasta que deje de solicitarse el par del actuador giroscópico.

La figura 10 es un esquema de la arquitectura del actuador giroscópico en la que se puede ver de modo esquemático las partes a las que se ha hecho consideración durante la explicación anterior. Se ve un dispositivo no mencionado hasta ahora que es el Control de Actuaciones. Es un dispositivo de control electrónico que genera las actuaciones que deben ser producidas por los motores, en forma de leyes cinemáticas para producir los pares deseados y sus duraciones.

Las órdenes de los motores se reciben en las cadenas cinemáticas que mueven en espín y nutación los anillos, produciendo así el par. Éste se hace pasar por el Inversor de Par que estará o no activado según el ciclo que se trate. La activación está gobernada por el Control de Actuaciones. Seguidamente el par pasa a

través del amortiguador para suavizar alteraciones en la zona de solape del ciclo y finalmente se hace llegar a la plataforma provocando su cambio de orientación.

El par generado por el mecanismo depende, básicamente de tres parámetros:

- Inercia de los anillos. Implica a la geometría (dimensiones) y al material constitutivo de los anillos.
- Velocidad de giro en espín de los anillos.
- Tiempo de actuación de la función de nutación (t_a en la figura 9) en cada pareja coordinada de anillos.

De los tres parámetros enunciados, va a ser el último (tiempo de nutación) el fundamentalmente usado para aumentar o disminuir el módulo del vector par, cuando así sea requerido. Es el de más rápida respuesta, porque depende de las actuaciones de los motores correspondientes, que generan la ley cinemática según la orden recibida del Control de Actuaciones. En la expresión del par Ny(t), anteriormente expuesta se observa cómo la dependencia del tiempo de actuación de la función de nutación, que viene implícita en la expresión $d\theta(t)/dt$, es inversamente proporcional; cuanto menor sea el tiempo de actuación de la nutación mayor será el par generado.

Los otros dos parámetros son poco interesantes para producir respuestas rápidas en el actuador giroscópico. Está claro que la variación en espín no va a ser tan fácilmente modificable como la nutación y la inercia de los anillos va a ser permanente, sin que pueda estar sujeta a ningún tipo de modificación.

Al ocurrir que cuanto más pequeño es el tiempo de aplicación de la ley de nutación mayor es el par generado, el límite en generación de par está en la capacidad del material constitutivo de los anillos; si este posee unas buenas propiedades mecánicas, tales que con una rigidez muy alta sufre deformaciones insignificantes durante su operación en nutación, los momentos de inercia permanecerán constantes, pudiendo ser el par generado cada vez más alto, hasta que las propiedades del material sean insuficientes para que se conserven las inercias de los anillos, por la aparición deformaciones significativas. En esta situación se habrá

llegado a los límites de las posibilidades del material para la geometría dada y la velocidad de espín fijada desde un principio.

De acuerdo con la figura 9 y en algunas aplicaciones en las que no es absolutamente necesario un par constante y en las que se pudiera admitir una perturbación-variación de un ± 20% respecto al valor medio del par, sería suficiente con utilizar el actuador giroscópico con un único par de anillos.

En la mayoría de las aplicaciones se utilizan dos pares de anillos y en casos de gran precisión se utilizan tres pares de anillos.

REIVINDICACIONES

1.- Actuador giroscópico, de los que sirven para producir un par o momento en la plataforma sobre la que se encuentra ubicado, mediante la aplicación de la ley de conservación del momento cinético en su mecanismo interno, caracterizado porque:

a) el vector del par tiene una dirección y sentido fijos en el sistema de referencia inercial, una vez que es producido,

b) el módulo del par entregado a la plataforma tiene un valor constante o un valor medio con una perturbación cíclica inferior al 20% de dicho valor medio,

c) la duración del par en las condiciones anteriores es ilimitada mientras no se cambien intencionadamente los parámetros que lo producen, en cuyo caso el actuador giroscópico puede realizar, según se requiera, cualquiera de las siguientes opciones:

- dejar de entregar par,
- aumentar o disminuir el valor del módulo,
- cambiar la dirección y/o el sentido del vector par.

2.- Actuador giroscópico según la reivindicación anterior, caracterizado porque para producir el par en las condiciones reseñadas dispone de un mecanismo básico formado por cuatro anillos dispuestos en forma concéntrica que actúan mediante un giro en espín cada uno de ellos y giros coordinados en nutación por parejas.

3.- Actuador giroscópico según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los anillos concéntricos que forman el mecanismo básico tienen todos los mismos momentos principales de inercia.

4.- Actuador giroscópico según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la función del giro de espín es lineal y proporciona una velocidad de giro constante y la función del giro de nutación es del tipo $asin(pt \pm q)$, dónde t es la variable independiente tiempo y p, q dos constantes, de manera que permite obtener un módulo del vector par constante en el mecanismo.

5.- Actuador giroscópico según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el giro en nutación definido por la función de la reivindicación anterior, contempla una función adicional para el arranque en nutación y otra más para la parada que actúan como funciones transitorias poniendo a los anillos en las condicones que exige el movimiento en nutación.

6.- Actuador giroscópico según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los movimientos de espín y nutación que llegan a los anillos, proceden de un dispositivo generador de potencia mecánica, a través de unas cadenas cinemáticas.

7.- Actuador giroscópico según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dispone de un dispositivo para invertir el par que produce a la plataforma en que se encuentra instalado.

8.- Actuador giroscópico según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque puede utilizarse en plataformas navales para conseguir el gobierno de las mismas en cabeceo, balanceo y guiñada, pudiendo sustituir a los timones u otros sistemas de maniobra, así como conseguir la estabilización de la propia plataforma.

9.- Actuador giroscópico según reivindicaciones primera a séptima, caracterizado porque puede utilizarse en aeronaves de ala fija confiriendo la posibilidad del gobierno en cabeceo, balanceo y guiñada.

10.- Actuador giroscópico según reivindicaciones primera a séptima, caracterizado porque puede utilizarse en helicópteros del tipo actual de *hélice compensadora en cola*, posibilitando la eliminación del rotor de cola, así como su estructura soporte y sus mecanismos asociados, confiriendo el control y gobierno en guiñada.

11.- Actuador giroscópico según reivindicaciones primera a séptima, caracterizado porque puede utilizarse en vehículos automóviles terrestres para corregir la inestabilidad dinámica de los chasis en la realización de maniobras con cambios de dirección, mediante la generación del adecuado par que contrarreste inestabilidad.

12.- Actuador giroscópico según reivindicaciones primera a séptima, caracterizado porque puede utilizarse en trenes, tanto en coches motrices como en vagones, para conseguir la estabilidad dinámica de este tipo de vehículos.

13.- Actuador giroscópico según reivindicaciones primera a séptima, caracterizado porque puede utilizarse en plataformas aerospaciales, para cambiar la actitud de las mismas con pares que pueden alcanzar valores del orden de 10^3 N-m.

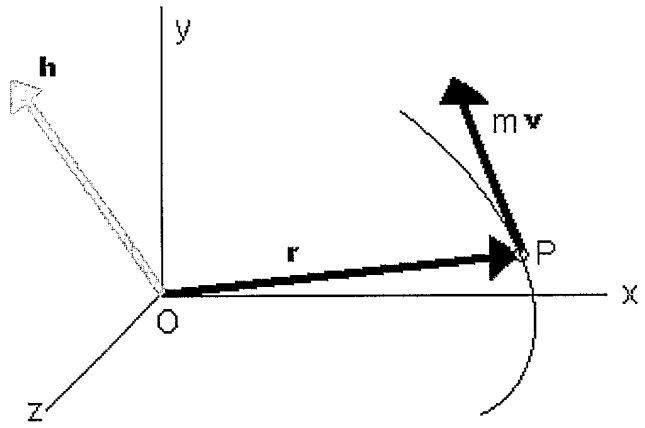


Figura 1

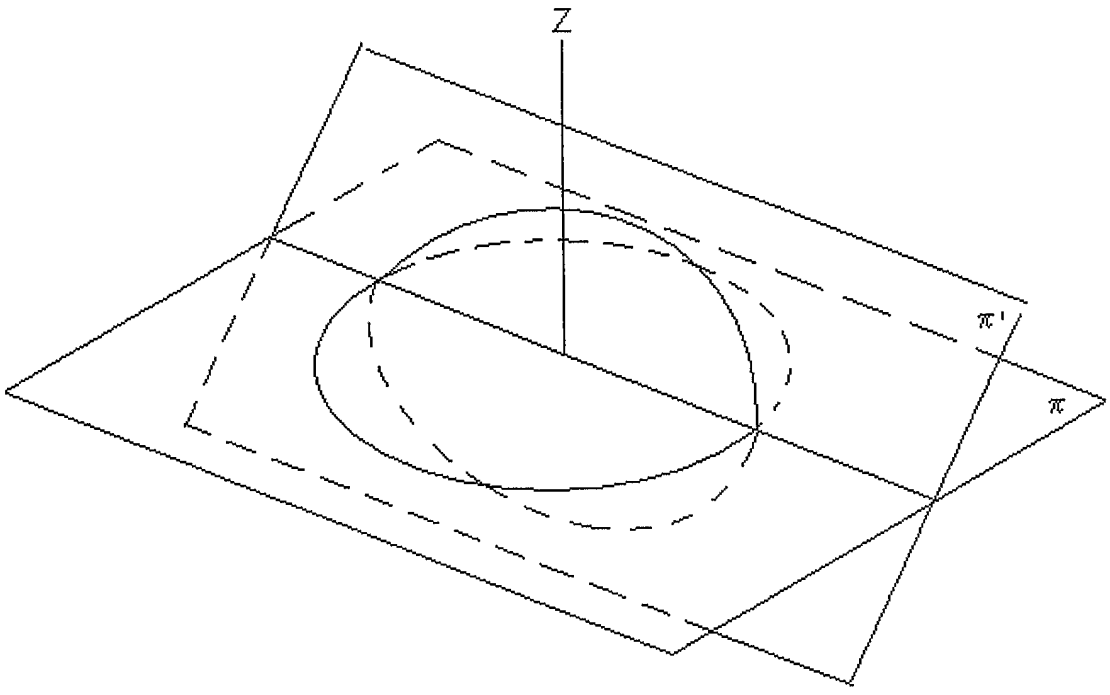


Figura 2

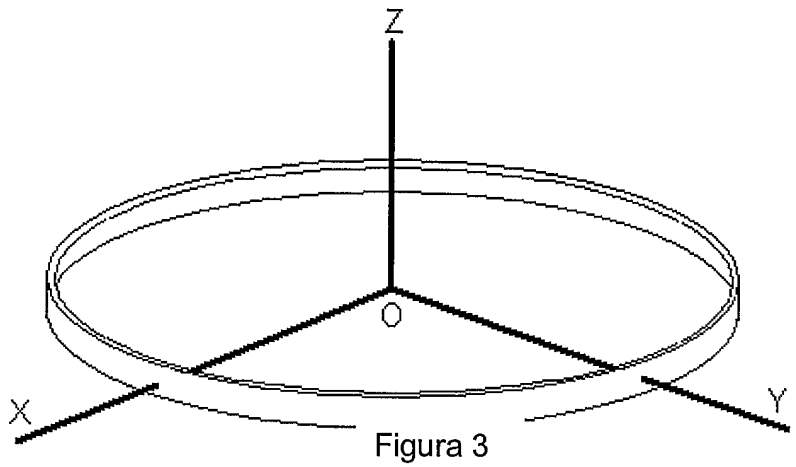


Figura 3

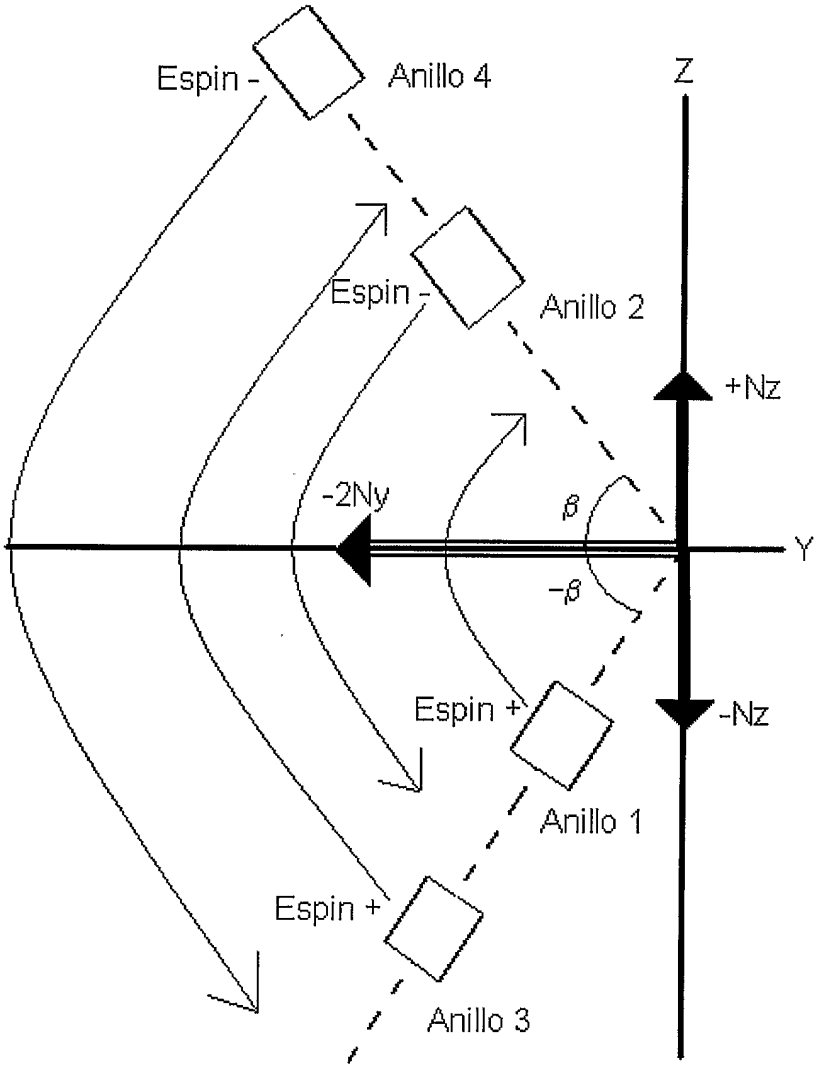
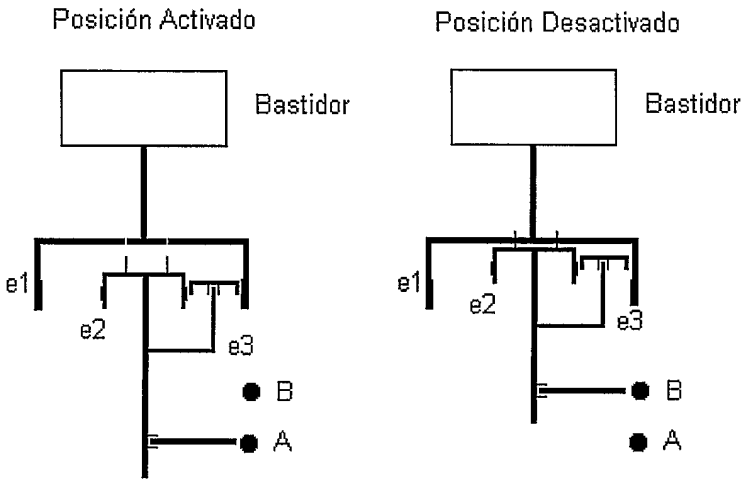


Figura 4


Posición Activado
Posición Desactivado
Bastidor
Bastidor
e1
e2
e3
B
A
e1
e2
e3
B
A

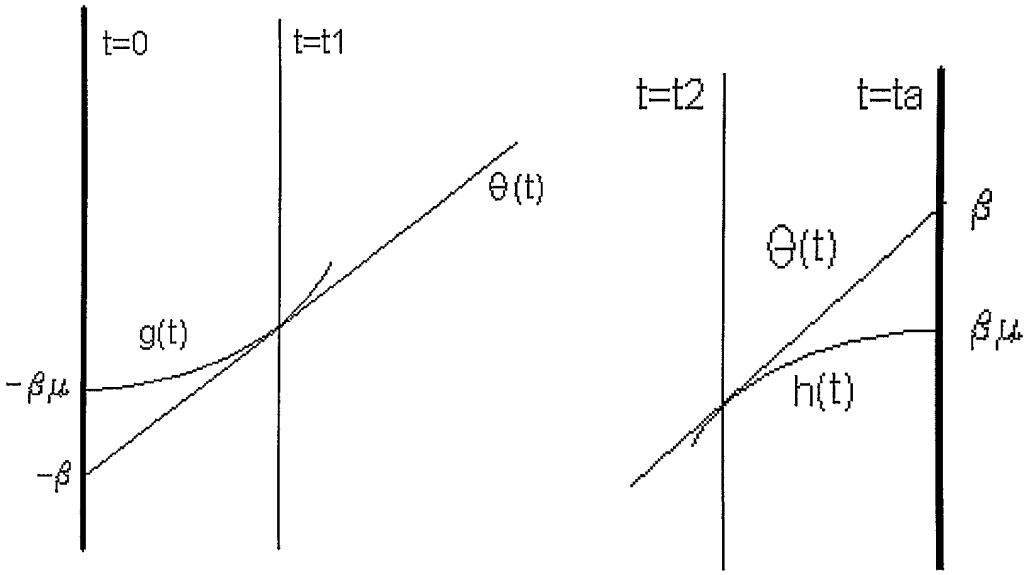

t=0
t=t1
θ(t)
g(t)
−βμ
−β
t=t2
t=ta
Θ(t)
β
βμ
h(t)

Figura 5

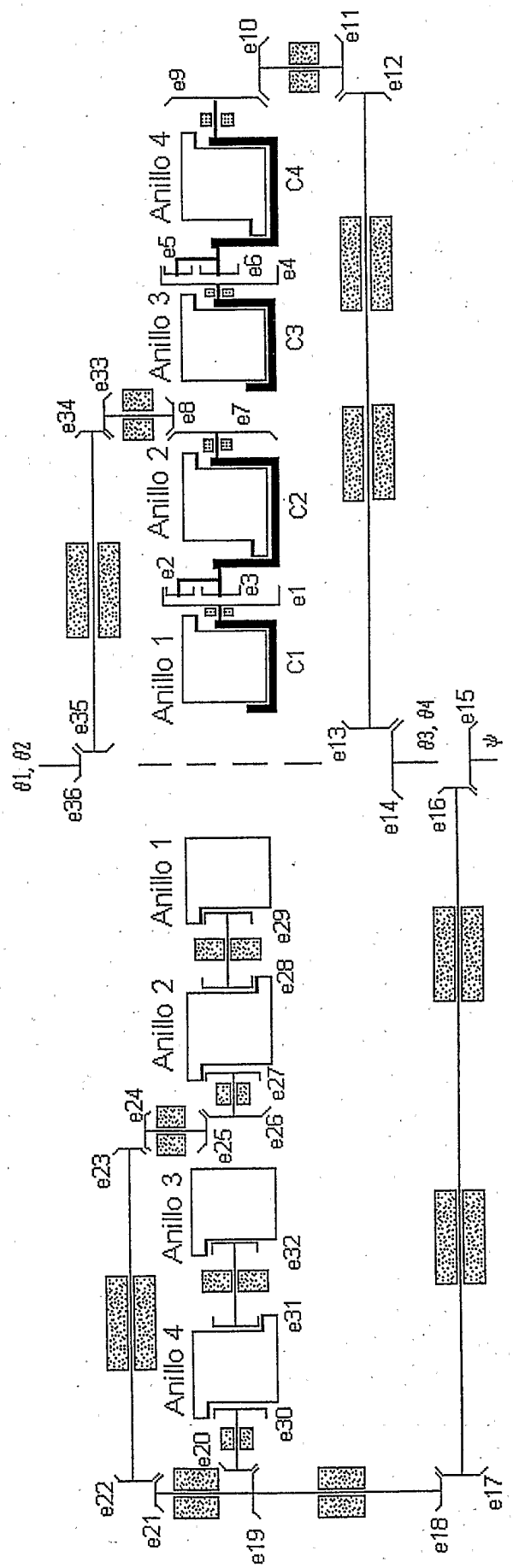

Anillo 1
Anillo 2
Anillo 3
Anillo 4
C1
C2
C3
C4
e1
e2
e3
e4
e5
e6
e7
e8
e9
e10
e11
e12
e13
e14
e15
e16
e17
e18
e19
e20
e21
e22
e23
e24
e25
e26
e27
e28
e29
e30
e31
e32
e33
e34
e35
e36
θ1, θ2
θ3, θ4
ψ

Figura 6

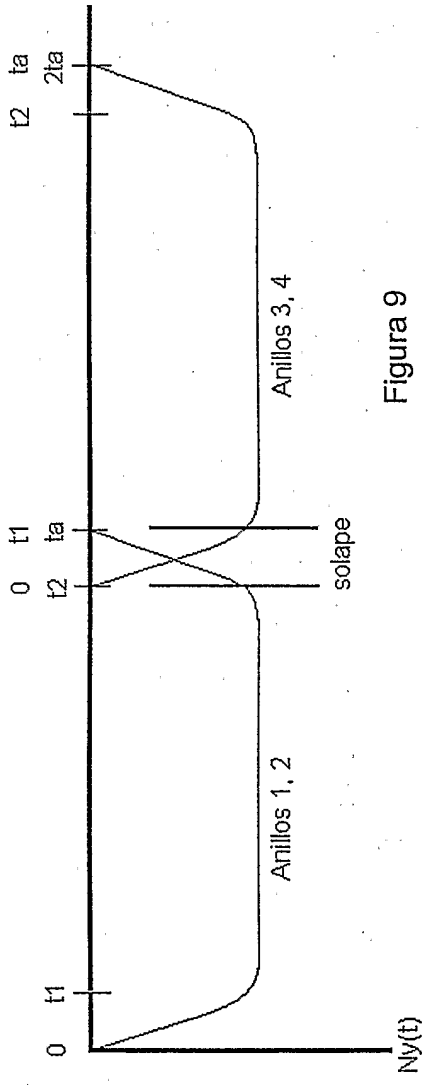


Figura 9

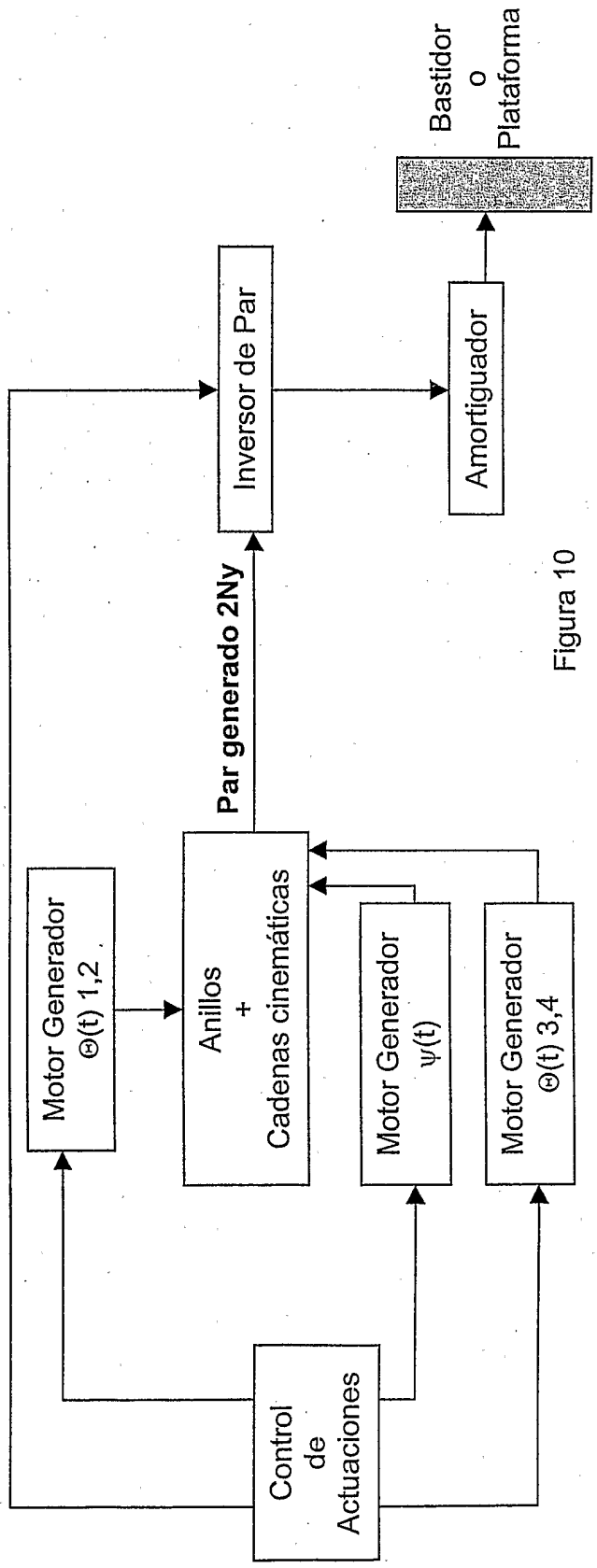


Figura 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES/02/00482

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01C 19/04, F03G 3/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01C 19, F03G 3/08, B63B 39/04,]

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, WPI, PAJ, OEPMPAT

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,A	US 2002145077 A (SHULTZ) 10.10.2002, **page 2, paragraph 19 - page 3, paragraph 34; figures**	2-7
A	US 4361055 A (KINSON) 30.11.1982, **column 7, line 10 - column 8, line 16; figure 4**	2,3,6
A	DE 4017474 A (KAUFMANN) 05.12.1991, **abstract; figure**	2,3,6,7
A	GB 2225424 A (EYLES) 30.05.1990, **abstract; figure**	2,3,6
A	DE 4020888 A (KÜMMEL) 02.01.1992, **the whole document**	2,3,6
A	DE 4243273 A (TELDIX) 28.04.1994, **abstract; figure**	2,3,6

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C. [X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
28 January 2003 (28.01.03)	**31 January 2003 (31.01.03)**
Name and mailing address of the ISA/ **S.P.T.O.**	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES/02/00482

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 2213587 A (ROUSE) 16.08.1989, **abstract; figure**	2,3,6
A	DE 3523160 A (KÜMMEL) 08.01.1987, **the whole document**	2,6,3
A	US 3691853 A (CURRISTON et al.) 19.09.1972, **the whole document**	2,6,3
A	US 2158180 A (GODDARD) 16.05.1939, **page 2; figures 1, 5-8**	2,6,3
A	US 3741500 A (LIDEN) 26.06.1973; **the whole document**	2,6,3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/ES/02/00482

Patent document cited in search report	Publication date	Patent familiy member(s)	Publication date
US 2002145077 A	10.10.2002	NONE	
US 4361055 A	30.11.1982	NONE	
DE 4017474 A	05.12.1991	NONE	
GB 2225424 A	30.05.1990	NONE	
DE 4020888 A	02.01.1992	NONE	
DE 4243273 A	28.04.1994	WO 9410036 A	11.05.1994
GB 2213587 A	16.08.1989	NONE	
DE 3523160 A	08.01.1987	NONE	
US 3691853 A	19.09.1972	NONE	
US 2158180 A	16.05.1939	US 2183312 A US 2158181 A	12.12.1939 16.05.1939
US 3741500 A	26.06.1973	NONE	

INFORME DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ES/02/00482

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

CIP [7] **G01C 19/04, F03G 3/08**
De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y la CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima consultada (sistema de clasificación, seguido de los símbolos de clasificación)

CIP [7] **G01C 19, F03G 3/08, B63B 39/04, B64G 1/28**

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

EPODOC, WPI, PAJ, OEPMPAT

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones
P,A	US 2002145077 A (SHULTZ) 10.10.2002, página 2, párrafo 19-página 3, párrafo 34; figuras	2-7
A	US 4361055 A (KINSON) 30.11.1982, columna 7,línea 10- columna 8, línea 16; figura 4	2,3,6
A	DE 4017474 A (KAUFMANN) 05.12.1991, resumen; figura	2,3,6,7
A	GB 2225424 A (EYLES) 30.05.1990, resumen; figura	2,3,6
A	DE 4020888 A (KÜMMEL) 02.01.1992, todo el documento	2,3,6
A	DE 4243273 A (TELDIX) 28.04.1994, resumen; figura	2,3,6
A	GB 2213587 A (ROUSE) 16.08.1989, resumen; figura	2,3,6

☒ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familia de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:

"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.

"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.

"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).

"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.

"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.

"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.

"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.

"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.

"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional: 28.01.2003	Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional 31 ENE 2003 31.01.03
Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional O.E.P.M. C/Panamá 1, 28071 Madrid, España. nº de fax +34 91 3495304	Funcionario autorizado: JAVIER OLALDE SÁNCHEZ nº de teléfono + 34 91 3495386

C (Continuación). DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las Reivindicaciones
A	DE 3523160 A (KÜMMEL) 08.01.1987, todo el documento	2,6,3
A	US 3691853 A (CURRISTON et al.) 19.09.1972, todo el documento	2,6,3
A	US 2158180 A (GODDARD) 16.05.1939, página 2; figuras 1, 5-8	2,6,3
A	US 3741500 A (LIDEN) 26.06.1973; todo el documento	2,6,3

INFORME DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº
PCT/ES/02/00482

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de publicación
US 2002145077 A	10.10.2002	NINGUNO	
US 4361055 A	30.11.1982	NINGUNO	
DE 4017474 A	05.12.1991	NINGUNO	
GB 2225424 A	30.05.1990	NINGUNO	
DE 4020888 A	02.01.1992	NINGUNO	
DE 4243273 A	28.04.1994	WO 9410036 A	11.05.1994
GB 2213587 A	16.08.1989	NINGUNO	
DE 3523160 A	08.01.1987	NINGUNO	
US 3691853 A	19.09.1972	NINGUNO	
US 2158180 A	16.05.1939	US 2183312 A US 2158181 A	12.12.1939 16.05.1939
US 3741500 A	26.06.1973	NINGUNO	