

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 886 668**

51 Int. Cl.:

F16D 61/00 (2006.01)
B60T 1/06 (2006.01)
B60T 1/10 (2006.01)
B60T 1/12 (2006.01)
B60T 13/06 (2006.01)
F16D 63/00 (2006.01)
G01C 19/00 (2013.01)
F16H 33/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.06.2017** **PCT/EP2017/065297**
87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2018** **WO18233827**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.06.2017** **E 17731896 (1)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.07.2021** **EP 3642509**

54 Título: **Dispositivo y método de frenado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.12.2021

73 Titular/es:
**ERKE ERKE ARASTIRMALARI VE MÜHENDISLIK
A.S. (100.0%)
Halkali Merkez Mah. Basın Ekspres, Yolu No. 5,
K:4-5, K.Cekmece
34303 İstanbul, TR**

72 Inventor/es:
ÖZTÜRK, MUSTAFA NACI

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 886 668 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y método de frenado

La presente invención se refiere a un dispositivo y un método de frenado, y se refiere particularmente pero no exclusivamente a un dispositivo y un método de frenado giroscópico.

5 Los sistemas de frenado son componentes fundamentales de los vehículos que se utilizan para reducir la velocidad de un vehículo o evitar aceleraciones indeseadas del vehículo, por ejemplo al desplazarse cuesta abajo. En los sistemas de frenado convencionales, pastillas o zapatas de freno son presionados contra un disco o tambor rotatorio que se acopla a una rueda del vehículo. Esto provoca que se produzcan fuerzas de fricción en la superficie del disco o tambor correspondiente. Mediante estas fuerzas de fricción, la energía cinética del vehículo se convierte en energía
10 térmica y por consiguiente reduce la energía cinética total del vehículo. Si bien estos sistemas de frenado convencionales son ampliamente utilizados en vehículos, tienen varias desventajas. En particular, las pastillas o zapatas de freno se desgastan a medida que estos sistemas son utilizados, y por consiguiente deben ser reemplazados con regularidad. Además, a medida que las pastillas o zapatas de freno se desgastan, liberan partículas de polvo en el ambiente provocando contaminación y posibles problemas de salud para los individuos. Adicionalmente,
15 la cantidad de energía térmica generada por estos sistemas no puede ser disipada ya que el calor provoca que la temperatura de las superficies de fricción aumente rápidamente. A medida que la temperatura aumenta por encima de un valor umbral, las prestaciones del sistema de frenado disminuyen drásticamente. Este problema también se conoce como pérdida de capacidad de frenado o fatiga de frenos.

El recalentamiento de componentes de los sistemas de frenado durante su uso continuo es un problema potencial para los sistemas de frenado que convierten energía cinética en energía térmica. Con el objeto de abordar este problema en cierta medida, se pueden utilizar algunas técnicas aerodinámicas tales como ventilar el disco en un freno de disco o incorporar aletas de refrigeración al tambor en un freno de tambor para incrementar la velocidad de enfriamiento de los sistemas de frenado. Alternativamente, o adicionalmente, para sistemas aplicables, se puede proporcionar un sistema de refrigeración adicional con el objeto de retirar la energía térmica producida de los
25 componentes del sistema de frenado. Esto requiere incrementar la capacidad del sistema de refrigeración de un vehículo o instalar un sistema de refrigeración separado específicamente para el sistema de frenado. No obstante, ambas alternativas provocan un incremento en los costes del vehículo y también en el peso del vehículo que puede afectar de manera adversa a las prestaciones del vehículo. Adicionalmente, la cantidad de potencia de frenado continuo que se puede obtener a partir de estos sistemas de frenado es limitada por la cantidad de energía térmica que se puede retirar del sistema de frenado, y por ende es limitada por la capacidad de refrigeración del aire y/o la capacidad del sistema de refrigeración externo utilizado.
30

Con el objeto de reducir la cantidad de energía térmica generada, se pueden utilizar sistemas de frenado regenerativos. Por ejemplo, en sistemas regenerativos eléctricos, parte de la energía cinética del vehículo es convertida en energía eléctrica utilizando generadores o motores eléctricos, y la energía obtenida se almacena en baterías o condensadores.
35 No obstante, estos sistemas son complejos y requieren la instalación de generadores/motores eléctricos, y baterías/condensadores en el vehículo lo que incrementa tanto el coste como el peso del vehículo. Por otro lado, en sistemas de frenado regenerativos mecánicos con un volante de inercia, la energía cinética del vehículo se almacena directamente en el volante de inercia. No obstante, los volantes de inercia utilizados en tales sistemas son grandes y pesados lo que puede afectar de manera adversa a la dinámica del vehículo. Además, independiente del tipo de sistema de frenado regenerativo utilizado, la cantidad de energía que puede ser almacenada está limitada por la capacidad de los medios de almacenamiento de energía, por ejemplo la capacidad de las baterías/condensadores y la máxima velocidad de rotación segura del volante de inercia. Por consiguiente, no se consideran adecuados para el uso continuo.
40

El documento WO 2009/022017 A2 divulga un dispositivo de frenado giroscópico.

45 La presente invención entonces pretende abordar estos problemas.

De manera acorde, un objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo y un método de frenado mejorados para obtener una cantidad deseada de potencia de frenado continuo sin necesidad de convertir energía cinética directamente en energía térmica que ayuda a reducir el calentamiento global y la contaminación ambiental.

50 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo y un método de frenado mejorados para proporcionar una cantidad deseada de potencia de frenado constante y continuo.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo y un método de frenado mejorados para producir sistemas de frenado con menos vibraciones.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo y un método de frenado mejorados para producir sistemas de frenado económicos, duraderos y seguros.

55 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo y un método de frenado mejorados para producir sistemas de frenado ligeros.

Estos objetos son solucionados por un dispositivo de frenado de acuerdo a la reivindicación 1 y a un método de frenado de acuerdo a la reivindicación 30.

En consecuencia, de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención se proporciona un dispositivo de frenado que comprende: un cuerpo; medios de soporte interiores para soportar el cuerpo para rotación alrededor de un primer eje; medios de soporte exteriores para soportar los medios de soporte interiores para rotación alrededor de un segundo eje, en donde el primer eje se orienta en un ángulo alfa que es mayor de los 0 grados con respecto al segundo eje; medios para la rotación del cuerpo alrededor del primer eje; medios para conectar al cuerpo una rotación que se desea frenar alrededor de un cuarto eje para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje, en donde el segundo eje se orienta en un ángulo beta, que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados con respecto al cuarto eje; medios de suspensión para soportar los medios de soporte exteriores, en donde los medios de suspensión se configuran para permitir la rotación del segundo eje alrededor del cuarto eje, y los medios de suspensión se configuran para impedir la rotación de los medios de soporte exteriores alrededor de un segundo eje; por lo que se permite al cuerpo adicionalmente rotar alrededor de un tercer eje que es el eje de precesión sobre el que ocurre la precesión del cuerpo como resultado de rotar el cuerpo alrededor de un primer eje y aplicar par al cuerpo alrededor del segundo eje, la rotación del cuerpo alrededor del primer eje y el par aplicado al cuerpo alrededor del segundo eje en conjunto provocan que el cuerpo rote adicionalmente alrededor del tercer eje, el cuerpo rota alrededor del primer eje, del segundo eje y del tercer eje simultáneamente, la rotación del cuerpo alrededor del primer eje y la rotación del cuerpo alrededor del tercer eje en conjunto provocan que se produzca un par de frenado alrededor del segundo eje; por lo tanto, para obtener un par de frenado contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje.

Un aspecto de la invención es que la rotación del cuerpo alrededor del segundo eje y la rotación del cuerpo alrededor del tercer eje se observan como si el cuerpo rotase alrededor del cuarto eje, la rotación del cuerpo alrededor del primer eje y la rotación del cuerpo alrededor del tercer eje en conjunto provocan que se produzca un par de frenado alrededor del segundo; por lo tanto, se obtiene par de frenado contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje.

En otro aspecto de la invención, el dispositivo de frenado puede comprender un primer eje, un segundo eje, un tercer eje y un cuarto eje.

El dispositivo de frenado puede proporcionar un par de frenado continuo, preferiblemente constante, contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje.

En el dispositivo de frenado, si el primer eje y el segundo eje intersecan, entonces el ángulo alfa se define como el ángulo agudo (o el ángulo recto si los primer eje y el segundo eje son perpendiculares) entre los ejes primero y segundo. Si el primer eje y el segundo eje no intersecan, el ángulo alfa se define como el ángulo agudo o recto entre los ejes primero y segundo cuando se ve a lo largo de la dirección de la recta más corta que une los ejes primero y segundo. Una manera alternativa de expresar esta relación geométrica es considerar un punto del primer eje y considerar una línea imaginaria que pase a través de este punto y que sea paralela al segundo eje. El ángulo alfa se define entonces como el ángulo agudo o recto en el que el primer eje interseca esta línea imaginaria. Si los ejes primero y segundo son paralelos o coincidentes entonces el ángulo alfa es de 0 grados. Si los ejes primero y segundo son perpendiculares entonces el ángulo alfa es de 90 grados. Por lo tanto, el valor mínimo del ángulo alfa es de 0 grados y el valor máximo del ángulo alfa es de 90 grados.

En el dispositivo de frenado, si el segundo eje y el cuarto eje intersecan entonces el ángulo beta se define como el ángulo agudo (o el ángulo recto si el segundo eje y el cuarto eje son perpendiculares) entre los ejes segundo y cuarto. Si el segundo eje y el cuarto eje no intersecan, el ángulo beta se define como el ángulo agudo o recto entre los ejes segundo y cuarto cuando se ve a lo largo de la dirección de la línea más corta que une los ejes segundo y cuarto. Una manera alternativa de expresar esta relación geométrica es considerar un punto del segundo eje y considerar una línea imaginaria que pase a través de este punto y que sea paralela al cuarto eje. El ángulo beta se define entonces como el ángulo agudo o recto en el que el segundo eje interseca esta línea imaginaria. Si los ejes segundo y cuarto son paralelos o coincidentes entonces el ángulo beta es de 0 grados. Si los ejes segundo y cuarto son perpendiculares entonces el ángulo beta es de 90 grados. Por lo tanto, el valor mínimo del ángulo beta es de 0 grados y el valor máximo del ángulo beta es de 90 grados.

Con el objeto de obtener par de frenado en el dispositivo de frenado, el ángulo alfa deberá ser mayor de 0 grados, y el ángulo beta deberá ser mayor de 0 grados y menor de 90 grados.

El valor del ángulo alfa afecta a la magnitud del par de frenado. Mientras se mantienen fijos los demás parámetros, si el ángulo alfa se establece en 0 grados entonces la magnitud del par de frenado será 0, es decir, no existe par de frenado. La magnitud del par de frenado aumenta a medida que el ángulo alfa aumenta. La magnitud del par de frenado es máxima si el ángulo alfa se establece en 90 grados. Por lo tanto, el ángulo alfa puede ser de 90 grados.

Mientras se mantienen fijos los otros parámetros, si el ángulo beta se establece en 0 grados o en 90 grados la magnitud del par de frenado se vuelve 0, es decir, el par de frenado no existe.

El inventor de la presente invención ha hallado que incluso valores pequeños del ángulo beta pueden permitir al dispositivo de frenado proporcionar la cantidad deseada de par de frenado.

Los medios de soporte interiores pueden comprender cualquier estructura de soporte que esté configurada para soportar el cuerpo mientras permite al cuerpo rotar alrededor del primer eje.

Los medios de soporte exteriores pueden comprender cualquier estructura de soporte que esté configurada para soportar los medios de soporte interiores mientras permite a los medios de soporte interiores rotar alrededor del segundo eje.

En una realización, los medios de soporte interiores pueden comprender una cuna interior y los medios de soporte exteriores pueden comprender una cuna exterior. El cuerpo se puede montar en la cuna interior para rotación alrededor de un primer eje, y la cuna interior se puede montar en la cuna exterior para rotación alrededor del segundo eje. La cuna exterior puede comprender dos piezas de soporte, cada una de las cuales se configura para soportar un extremo de la cuna interior para rotación alrededor del segundo eje.

El dispositivo de frenado puede comprender un bastidor en donde los medios de suspensión pueden ser colocados entre el bastidor y la cuna exterior para soportar la cuna exterior de manera que se permite la rotación del segundo eje alrededor del cuarto eje, y se impide la rotación de los medios de soporte exteriores alrededor del segundo eje. El bastidor puede ser cualquier estructura de soporte en la que puedan montarse los medios de suspensión, por lo tanto, el bastidor también puede comprender una plataforma o un chasis de un vehículo.

Un aspecto principal del método de frenado es que en el dispositivo de frenado, se permite al segundo eje rotar alrededor del cuarto eje independientemente de la rotación del cuerpo alrededor del segundo eje, y se permite al cuerpo rotar alrededor del segundo eje independientemente de la rotación del segundo eje alrededor del cuarto eje. Esto significa que si el cuerpo está inicialmente estacionario entonces la rotación del segundo eje alrededor del cuarto eje no debe provocar la rotación del cuerpo alrededor del segundo eje con respecto al bastidor del dispositivo de frenado, es decir, con respecto a un bastidor de referencia vinculado al bastidor del dispositivo de frenado y la rotación del cuerpo alrededor del segundo eje con respecto al bastidor del dispositivo de frenado no debe provocar la rotación del segundo eje alrededor del cuarto eje. Esto, además, significa que si el cuerpo está inicialmente estacionario entonces la rotación del segundo eje alrededor del cuarto eje no debe provocar la rotación del cuerpo alrededor del cuarto eje, y la rotación del cuerpo alrededor del segundo eje no debe provocar la rotación del cuerpo alrededor del cuarto eje.

El dispositivo de frenado debe satisfacer las siguientes dos características: (i) si el cuerpo está inicialmente estacionario entonces la rotación de los medios para conectar al cuerpo una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje provocan que el cuerpo rote únicamente alrededor del segundo eje, es decir, no provoca que el cuerpo rote alrededor del cuarto eje ni provoca que el segundo eje rote alrededor del cuarto eje; y (ii) se permite al segundo eje rotar alrededor del cuarto eje (se notará que ésta puede ser también una rotación limitada) incluso si los medios para conectar al cuerpo una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje se mantienen estacionarios.

El cuerpo puede tener una libertad de rotación limitada alrededor del tercer eje. Por ejemplo, si el cuerpo tiene una libertad de rotación alrededor de un eje x que forma un ángulo agudo (que es menor de 90 grados) con el tercer eje (dicho de otra forma, si el vector a lo largo del eje x tiene una componente sobre el tercer eje), entonces el cuerpo tiene una libertad de rotación limitada alrededor del tercer eje que significa que se permite al cuerpo rotar alrededor del tercer eje.

El dispositivo de frenado puede comprender medios de apoyo de fluido para soportar uno o más de: el cuerpo, los medios de soporte interiores, y medios para conectar al cuerpo una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje.

Los medios de suspensión pueden comprender cualquier sistema de suspensión en donde el sistema de suspensión se configure para (i) soportar los medios de soporte exteriores, (ii) permitir la rotación del segundo eje alrededor del cuarto eje, y (iii) evitar la rotación de los medios de soporte exteriores alrededor del segundo eje.

Los medios de suspensión pueden comprender medios de montaje elásticos. Por lo tanto, los medios de soporte exteriores pueden montarse en el bastidor por medio de medios de montaje elásticos. Los medios de montaje elásticos pueden comprender uno o más montajes elásticos de cualquier tipo. Los medios de montaje elásticos pueden comprender uno o más soportes de motor, preferiblemente tres o más soportes de motor. Los soportes de motor se pueden denominar soportes de motor.

Los medios de suspensión pueden comprender medios de resorte. Por lo tanto, los medios de soporte exteriores se pueden montar en el bastidor por medio de medios de resorte. Los medios de resorte pueden comprender uno o más resortes de cualquier tipo. Los medios de resorte pueden comprender uno o más resortes mecánicos.

Los medios de resorte pueden comprender medios de resorte de aire. Los medios de resorte de aire pueden comprender uno o más cilindros neumáticos que se configuran para actuar como resortes por medio de la compresión de aire dentro de los cilindros. Los cilindros neumáticos pueden ser cilindros de simple efecto o doble efecto. Los medios de resorte de aire pueden comprender uno o más fuelles de aire. Los fuelles de aire también pueden

denominarse resortes de aire.

Los medios de suspensión se pueden disponer y/o configurar para permitir la rotación del segundo eje alrededor del cuarto eje de manera que el ángulo beta esté limitado a un valor deseado que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados. La rigidez de los medios de suspensión puede ser como mucho del orden que permita al segundo eje rotar alrededor del cuarto eje de manera que el ángulo beta esté limitado a un valor deseado que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados.

La posición de un cilindro neumático se puede definir como la longitud de carrera del pistón del cilindro neumático. La posición de un fuelle de aire se puede definir como la altura de los fuelles de aire. El dispositivo de frenado puede comprender medios para medir la posición de los medios de resorte de aire. Los medios para medir la posición de los medios de resorte de aire pueden comprender uno o más sensores para medir las posiciones del uno o más de los cilindros neumáticos y fuelles de aire. Los medios para medir la posición de los medios de resorte de aire pueden comprender uno o más sensores para medir los valores de presión del aire dentro del uno o más de los cilindros neumáticos y fuelles de aire.

El dispositivo de frenado puede comprender medios para controlar la posición de los medios de resorte de aire. Los medios para controlar la posición de los medios de resorte de aire pueden comprender medios para suministrar aire a los medios de resorte de aire. Los medios para controlar la posición de los medios de resorte de aire pueden comprender medios para descargar aire de los medios de resorte de aire. Los medios para controlar la posición de los medios de resorte de aire pueden suministrar aire o descargar aire de los medios de resorte de aire basándose en la retroalimentación de posición obtenida de los medios de resorte de aire para mantener la posición de los medios de resorte de aire dentro de un alcance deseado.

Los medios para controlar la posición de los medios de resorte de aire pueden controlar el volumen y/o la presión del aire dentro de los medios de resorte de aire.

Los medios para controlar la posición de los medios de resorte de aire pueden comprender una unidad de control.

Los medios para controlar la posición de los medios de resorte de aire pueden comprender uno o más compresores de aire y tanques de aire presurizados, uno o más tubos y tuberías neumáticos para transportar aire presurizado a los cilindros neumáticos o fuelles de aire, y una o más válvulas de entrada y una o más válvulas de salida para cada cilindro neumático o fuelles de aire.

Los medios para controlar la posición de los medios de resorte de aire se pueden configurar para mantener el centro de masa del cuerpo en el cuarto eje.

En lugar de aire, en los medios de resorte de aire también se puede usar cualquier otro tipo de gas, como el nitrógeno o el helio.

La amortiguación del movimiento de los medios de soporte exteriores provoca que parte de la energía cinética de la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje se convierta en calor. Por lo tanto, con el fin de minimizar la cantidad de calor disipado, los medios de suspensión se pueden configurar preferiblemente para mantener la ratio de amortiguamiento de los medios de suspensión lo más pequeña posible.

Mientras el dispositivo de frenado está funcionando, el cuerpo puede rotar adicionalmente en la dirección de aumentar el ángulo beta. Con el fin de evitar esta rotación, el dispositivo de frenado puede comprender medios para limitar el movimiento del segundo eje de manera que el ángulo beta esté limitado a un valor deseado que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados. Los medios para limitar el movimiento del segundo eje pueden comprender un tope mecánico. El tope mecánico se puede montar en el bastidor para rotación alrededor del cuarto eje. Los medios de suspensión se pueden configurar adicionalmente para funcionar como medios para limitar el movimiento del segundo eje. Para este propósito, la rigidez de los medios de suspensión se puede ajustar de manera que el ángulo beta esté limitado a un valor deseado que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados.

Los medios para conectar al cuerpo una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje se pueden montar para rotación alrededor del cuarto eje, los medios para conectar al cuerpo una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje se pueden acoplar a la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje, y los medios para conectar al cuerpo una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje se pueden estructurar para aplicar par al cuerpo alrededor del segundo eje cuando rota alrededor del cuarto eje.

Los medios para conectar al cuerpo una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje pueden comprender medios de conexión rotatorios, los medios de conexión rotatorios se pueden montar para rotación alrededor del cuarto eje, los medios de conexión rotatorios se pueden acoplar a la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje, y los medios de conexión rotatorios se pueden estructurar para aplicar par al cuerpo alrededor del segundo eje cuando los medios de conexión rotatorios rotan alrededor del cuarto eje.

- Los medios de conexión rotatorios se pueden estructurar para aplicar par a los medios de soporte interiores alrededor del segundo eje a través del contacto cuando los medios de conexión rotatorios rotan alrededor del cuarto eje. En otras palabras, los medios de conexión rotatorios se pueden estructurar para aplicar par al cuerpo alrededor del segundo eje a través de los medios de soporte interiores en donde los medios de conexión rotatorios están en contacto con los medios de soporte interiores.
- Los medios de conexión rotatorios se pueden configurar adicionalmente para funcionar como medios para limitar el movimiento del segundo eje.
- La magnitud del par de frenado se puede ajustar mediante el ajuste de la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del segundo eje. Mientras se mantienen fijos los demás parámetros, si la velocidad de la rotación del cuerpo alrededor del segundo eje es aumentada entonces la magnitud del par de frenado también aumenta. Si se disminuye la velocidad de la rotación del cuerpo alrededor del segundo eje entonces la magnitud del par de frenado también disminuye.
- El dispositivo de frenado puede comprender medios para controlar la ratio de la velocidad de rotación que se desea frenar a la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del segundo eje.
- Los medios para controlar la ratio de la velocidad de rotación que se desea frenar a la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del segundo eje pueden comprender medios de transmisión tales que la rotación que se desea frenar se pueda acoplar al árbol de entrada de los medios de transmisión, y los medios para conectar al cuerpo una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje puedan ser acoplados al árbol de salida de los medios de transmisión.
- Los medios para rotar el cuerpo alrededor del primer eje pueden comprender uno o más de: un motor eléctrico; un motor hidráulico; y un motor neumático.
- El cuerpo, además, puede rotar alrededor del primer eje por medio de fluido presurizado. Para este propósito, el cuerpo puede comprender uno o más álabes o paletas. Los medios para rotar el cuerpo alrededor del primer eje pueden comprender medios para bombear fluido, y medios para proyectar fluido sobre las paletas del cuerpo para rotar el cuerpo alrededor del primer eje. Alternativamente, o adicionalmente, el cuerpo puede comprender una o más tuberías para fluidos. Alternativamente, o adicionalmente, el cuerpo puede comprender uno o más canales para fluidos dentro del cuerpo. Los medios para rotar el cuerpo alrededor del primer eje pueden comprender medios para bombear fluido dentro de una o más tuberías o canales para fluidos del cuerpo de manera que cuando el fluido sale de las boquillas de los tuberías o canales, el cuerpo rota alrededor del primer eje como resultado de la reacción del fluido.
- La potencia requerida para los medios para hacer rotar el cuerpo alrededor del primer eje puede ser proporcionada por la rotación que se desea frenar. Para este propósito, se puede proporcionar un generador eléctrico y/o una bomba de fluido que se acopla a la rotación que se desea frenar.
- La magnitud del par de frenado se puede ajustar mediante el ajuste de la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del primer eje. Cuando la velocidad de la rotación del cuerpo alrededor del primer eje es aumentada, la magnitud del par de frenado también aumenta. Cuando se disminuye la velocidad de la rotación del cuerpo alrededor del primer eje, la magnitud del par de frenado también disminuye. La velocidad de rotación del cuerpo alrededor del primer eje se puede ajustar controlando los medios para hacer rotar el cuerpo alrededor del primer eje.
- El dispositivo de frenado puede comprender medios para controlar los medios para hacer rotar el cuerpo alrededor del primer eje para controlar la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del primer eje.
- El dispositivo de frenado puede comprender uno o más sensores para medir valores de uno o más de los siguientes parámetros: la velocidad de la rotación del cuerpo alrededor del primer eje; la velocidad de la rotación de los medios para conectar al cuerpo una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje; el ángulo beta; la magnitud del par de frenado; la velocidad de la rotación que se desea frenar. El dispositivo de frenado puede comprender uno o más de los siguientes sensores: sensores de efecto Hall, sensores ópticos, sensores de proximidad, sensores de flujo y sensores de par.
- El dispositivo de frenado puede comprender medios para controlar la magnitud del par de frenado en donde los medios para controlar la magnitud del par de frenado pueden controlar la magnitud del par de frenado mediante el control de uno o más de: la velocidad de la rotación del cuerpo alrededor del primer eje; y la ratio de la velocidad de la rotación que se desea frenar a la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del segundo eje.
- El ángulo alfa se puede establecer en 90 grados.
- El centro de masa del cuerpo puede estar en el cuarto eje. El primer eje, el segundo eje, el tercer eje y el cuarto eje pueden intersectar en el centro de masa del cuerpo. Cada uno del primer eje, del segundo eje y del tercer eje puede ser perpendicular a los otros dos ejes.
- El cuerpo se puede hacer de un material con un módulo de elasticidad que exceda las 70 GPa, por ejemplo una aleación o acero rígidos. El cuerpo puede ser cilíndricamente simétrico. El momento de inercia del cuerpo alrededor

del primer eje por unidad de masa puede ser mayor que o igual a $(2/5) * R^2$, donde R es el radio de la esfera limitadora mínima del cuerpo, es decir, la menor esfera que contiene el cuerpo. El cuerpo puede comprender un buje, un alma y un borde en forma de anillo.

Con tal dispositivo de frenado, es posible que se produzcan vibraciones indeseadas debido a fuerzas internas desequilibradas dentro del dispositivo de frenado. Este problema puede ser resuelto montando el bastidor del dispositivo de frenado en una plataforma o chasis de un vehículo utilizando soportes de motor adecuados. Alternativamente o adicionalmente, el dispositivo de frenado puede comprender una o más masas de contrapeso montadas para rotación alrededor del cuarto eje. Una opción adicional, que podría ser utilizada sola o en conjunto con una o más de las soluciones anteriores, sería proporcionar una pluralidad de tales dispositivos de frenado que se montan en juntos para equilibrar las fuerzas internas.

En consecuencia, la presente invención puede extenderse a un conjunto de dos o más dispositivos de frenado del tipo anteriormente mencionado, en combinación con medios para distribuir la rotación que se desea frenar a cada dispositivo de frenado para rotar cada uno de los medios para conectar al cuerpo una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje a la misma velocidad de rotación pero a diferentes ángulos de fase respectivos en donde las magnitudes de las fuerzas desequilibradas en el conjunto son reducidas mediante lo que se reducen las vibraciones que ocurren en el conjunto y la magnitud del par de frenado provisto por el conjunto es la suma de los pares de frenado provistos por cada uno de los dispositivos de frenado en el conjunto.

El dispositivo de frenado se puede utilizar para frenar cualquier rotación sin convertir directamente energía cinética en energía térmica. El dispositivo de frenado no disipa calor durante el proceso de frenado más allá del calor disipado como resultado de las fuerzas de fricción.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención se proporciona un método para generar par de frenado en un dispositivo de frenado que comprende: un cuerpo, medios de soporte interiores para soportar el cuerpo para rotación alrededor de un primer eje, medios de soporte exteriores para soportar los medios de soporte interiores para rotación alrededor de un segundo eje, en donde el primer eje se orienta en un ángulo alfa que es mayor de 0 grados con respecto al segundo eje; medios para rotar el cuerpo alrededor del primer eje; medios para conectar al cuerpo una rotación que se desea frenar alrededor de un cuarto eje para transmitir rotación y par al cuerpo alrededor del segundo eje, en donde el segundo eje se orienta en un ángulo beta, que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados, con respecto al cuarto eje; medios de suspensión para soportar los medios de soporte exteriores; comprendiendo el método: una etapa de configurar los medios de suspensión para permitir la rotación del segundo eje alrededor del cuarto eje; una etapa de configurar los medios de suspensión para impedir la rotación de los medios de soporte exteriores alrededor del segundo eje; por lo que se permite adicionalmente al cuerpo rotar alrededor del tercer eje que es el eje de precesión alrededor del cual ocurre la precesión del cuerpo como resultado de rotar el cuerpo alrededor del primer eje y de aplicar par al cuerpo alrededor del segundo eje, la rotación del cuerpo alrededor del primer eje y el par aplicado al cuerpo alrededor del segundo eje en conjunto provocan que el cuerpo rote adicionalmente alrededor del tercer eje, el cuerpo rota alrededor del primer eje, del segundo eje y del tercer eje simultáneamente, sin embargo, la rotación del cuerpo alrededor del segundo eje y la rotación del cuerpo alrededor del tercer eje son observadas como si el cuerpo rotase alrededor del cuarto eje, la rotación del cuerpo alrededor del primer eje y la rotación del cuerpo alrededor del tercer eje en conjunto provocan que el par de frenado ocurra alrededor del segundo eje; por lo que se obtiene par de frenado contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje.

El método puede comprender una etapa de ajustar la magnitud del par de frenado.

La etapa de ajustar la magnitud del par de frenado puede comprender el ajuste de una o más de: la velocidad de rotación del cuerpo alrededor del primer eje; y la ratio de la velocidad de rotación que se desea frenar a la velocidad de la rotación del cuerpo alrededor del segundo eje.

El método puede comprender una etapa de retirar el par de frenado cuando el par de frenado no es necesario.

La etapa de retirar el par de frenado puede comprender detener la rotación del cuerpo alrededor del primer eje.

La etapa de retirar el par de frenado puede comprender desconectar la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje del cuerpo.

La etapa de retirar el par de frenado puede comprender ajustar el ángulo alfa y/o el ángulo beta a 0 grados.

En el método, se puede proporcionar un par de frenado continuo, preferiblemente constante, contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje.

El método puede comprender una etapa de medir la posición de los medios de suspensión.

El método puede comprender una etapa de controlar la posición de los medios de suspensión para mantener el centro de masa del cuerpo en el cuarto eje.

El método puede comprender una etapa de controlar la posición de los medios de suspensión para limitar el movimiento del segundo eje de manera que el ángulo beta esté limitado a un valor deseado que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados.

El método puede comprender una etapa de establecer el ángulo alfa a 90 grados.

- 5 Las reivindicaciones principales del dispositivo y método están estructuradas en un preámbulo y una parte caracterizadora. Esta estructura es para una mayor comprensión del objeto de las reivindicaciones. La distribución de las características dentro del preámbulo y de la parte caracterizadora no significa que todas las características del preámbulo son conocidas y que todas las características de la parte caracterizadora son novedades, ni viceversa. El valor de las características de las reivindicaciones es independiente de si están en el preámbulo o en la parte caracterizadora.

El propósito de los símbolos de referencia en las reivindicaciones es para hacer las reivindicaciones más fáciles de entender para todos. No limitan el alcance de las reivindicaciones pero sí afectan a su claridad y pueden permitirles que sean expresadas de manera más concisa de lo que de otra manera sería posible.

- 15 Estas así como otras características, aspectos y ventajas adicionales de la invención se apreciarán mejor mediante la lectura de la siguiente descripción detallada de las actualmente preferidas realizaciones ejemplares tomadas en conjunto con los dibujos adjuntos de los que:

La Figura 1 es una vista esquemática del dispositivo de frenado de acuerdo a una primera realización de la invención;

La Figura 2 es un diagrama que ilustra un ejemplo de orientación de los ejes primero, segundo, tercero y cuarto, la línea normal del plano que contiene el segundo eje y el cuarto eje y los ángulos alfa, beta y theta;

- 20 La Figura 3 ilustra un ejemplo de colocación de tuberías en el árbol de rotación del cuerpo de acuerdo a una realización de los medios para rotar el cuerpo alrededor del primer eje;

La Figura 4 muestra una realización de ejemplo de medios para limitar el movimiento del segundo eje;

La Figura 5 muestra una realización de medios de suspensión para soportar los medios de soporte exteriores;

- 25 La Figura 6 ilustra un ejemplo de colocación de las paletas y boquillas de acuerdo a una realización de medios para rotar el cuerpo alrededor del primer eje;

La Figura 7 muestra una realización de un conjunto de dispositivos de frenado; y

La Figura 8 es un diagrama que ilustra las orientaciones relativas de los cuerpos en una realización de un conjunto de dispositivos de frenado en un instante específico.

- 30 La presente invención no se limita a las realizaciones ejemplares actualmente preferidas descritas más adelante, y pueden realizarse modificaciones apropiadas sin cambiar la esencia de la invención.

- 35 En referencia a la Figura 1, un dispositivo de frenado 1 de acuerdo con una primera realización preferida de la invención comprende un cuerpo 2 en forma de rueda cilíndrica sólida que se monta de manera coaxial en un árbol de rotación 3 para rotación del mismo alrededor de un primer eje 101. El árbol de rotación 3 se monta dentro de una cuna interior 4 por medio de cojinetes interiores 5. La cuna interior 4, a su vez, se monta para rotación alrededor de un segundo eje 102 dentro de una cuna exterior 6 por medio de cojinetes exteriores 7. La cuna exterior 6 se suspende dentro de un bastidor 8 por medio de un sistema de suspensión que comprende cuatro cilindros neumáticos 9. La cantidad de cilindros 9, las ubicaciones y las orientaciones de los cilindros 9 se determinan de manera que (i) la cuna exterior 6 esté soportada dentro del bastidor 8, (ii) se permite que el segundo eje 102 rote alrededor del cuarto eje 104, y (iii) no se permite que la cuna exterior 6 rote alrededor del segundo eje 102 (es decir, se evita cualquier rotación de la cuna exterior 6 alrededor del segundo eje 102). La cuna exterior 6 se conecta preferiblemente al vástago de cada cilindro 9 por medio de una junta esférica, y el cuerpo de cada cilindro 9 se conecta preferiblemente al bastidor 8 por medio de una junta esférica. Un ejemplo de colocación de los cilindros 9 se muestra en la Figura 1. En otra realización, los cilindros 9 también pueden colocarse para soportar la cuna exterior 6 desde el lado inferior. Es más, los cilindros 9 también pueden colocarse para soportar la cuna exterior 6 tanto desde el lado superior como el inferior. Las orientaciones de los cilindros 9 también pueden ser invertidas de manera que el vástago de cada cilindro 9 se conecte al bastidor 8 y el cuerpo de cada cilindro 9 se conecte a la cuna exterior 6. Los cilindros 9 pueden ser cilindros de simple efecto o de doble efecto. En lugar de los cilindros neumáticos 9, o además de los cilindros neumáticos 9, también se puede usar uno o más fuelles de aire (resortes de aire).

- 40 El tipo de los cojinetes en el dispositivo de frenado 1 pueden ser de tipo de cojinete de fluido. El fluido puede comprender fluidos líquidos y/o gaseosos.

El dispositivo de frenado 1 se usa para frenar una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje 104. El cuarto eje 104 puede estar en cualquier orientación deseada. El segundo eje 102 se orienta en un ángulo beta β con respecto al cuarto eje 104. El primer eje 101 se orienta en un ángulo alfa α con respecto al segundo eje 102. Con el fin de

obtener par de frenado, el ángulo α debe establecerse en un valor que es mayor de 0 grados, y el ángulo β debe establecerse a un valor que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados. El ángulo α se configura preferiblemente a 90 grados.

En el dispositivo de frenado 1, el tercer eje 103 se define como el eje de precesión alrededor del que ocurre la precesión del cuerpo 2 como resultado de rotar el cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 y de aplicar par al cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102. En otras palabras, mientras el cuerpo 2 esté siendo rotado alrededor del primer eje 101, si se aplica un par al cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102, el cuerpo 2 comienza a realizar precesión alrededor del tercer eje 103, es decir, el primer eje 101 comienza a rotar alrededor del tercer eje 103. El tercer eje 103 es perpendicular tanto al primer eje 101 como al segundo eje 102. El primer eje 101, el segundo eje 102, y el tercer eje 103 intersecan sustancialmente en el centro de masa del cuerpo 2. Un ejemplo de orientación de los ejes se puede apreciar en la Figura 2.

En el dispositivo de frenado 1, los cilindros neumáticos 9 se configuran para funcionar como resortes por medio de la compresión de aire dentro de los cilindros 9. El área de pistón de cada cilindro 9 se debe determinar para permitir que el cilindro 9 soporte el peso del conjunto (que comprende la cuna exterior 6, la cuna interior 4 y el cuerpo 2) que el sistema de suspensión soporta, y además para permitir la rotación del segundo eje 102 alrededor del cuarto eje 104 mientras el ángulo β está en un valor deseado.

El dispositivo de frenado 1 comprende una unidad de control de posición 10 para controlar las posiciones (longitudes de carrera) de los pistones de los cilindros 9 en el sistema de suspensión. Cada cilindro 9 en el sistema de suspensión tiene un sensor de posición que mide la longitud de carrera del pistón del cilindro 9, y que proporciona retroalimentación de posición a la unidad de control de posición 10. Adicionalmente, el dispositivo de frenado 1 también comprende un compresor de aire 11 con un tanque de aire, y medios (no mostrados) para transportar aire presurizado a cada cilindro 9. Los medios (no mostrados) para transportar aire presurizado a los cilindros 9 pueden comprender uno o más de: tuberías; tubos; mangueras, canales, juntas rotatorias y válvulas. La potencia requerida para el compresor de aire 11 puede ser proporcionada por una fuente de alimentación externa o por la rotación que se desea frenar. La unidad de control posición 10 puede controlar la posición del pistón de un cilindro 9 por medio de suministrar aire al cilindro 9 y/o descargar aire desde el cilindro 9 sobre la base de la retroalimentación de posición. Dependiendo de la configuración y el tipo de los cilindros 9 usados en el sistema de suspensión, se pueden usar las cámaras superiores y/o las cámaras inferiores de los cilindros 9. Alternativamente o adicionalmente, el dispositivo de frenado 1 puede comprender uno o más sensores de presión para medir los valores de presión del aire dentro de los cilindros 9. La unidad de control de posición 10 también puede hacer uso de la retroalimentación de presión obtenida de los cilindros 9. La unidad de control de posición 10 también se utiliza para proporcionar aire a los cilindros 9 en caso de una fuga.

Durante el funcionamiento del dispositivo de frenado 1, el segundo eje 102 rota alrededor del cuarto eje 104 provocando que los vástagos de pistón de los cilindros 9 se extiendan y retraigan. La unidad de control de posición 10 controla la posición de cada cilindro 9 para mantener su posición dentro de un alcance predeterminado. Este alcance para cada cilindro 9 se determina de manera que mientras los vástagos de pistón de los cilindros 9 se mueven hacia atrás y hacia delante dentro de este alcance, el centro de masa del cuerpo 2 es mantenido sustancialmente en el cuarto eje 104, y además se permite al segundo eje 102 rotar alrededor del cuarto eje 104 mientras el ángulo β está sustancialmente en el valor deseado que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados.

Dependiendo de la configuración de los cilindros 9, la unidad de control de posición 10 puede deshabilitar y habilitar un conjunto de cilindros 9 durante el funcionamiento del dispositivo de frenado 1 en caso de que cambien las condiciones de funcionamiento del dispositivo de frenado 1.

El dispositivo de frenado 1 comprende dos parachoques elásticos 12 que se fijan en los lados opuestos del bastidor 8 que se configuran para limitar el movimiento de traslación de la cuna exterior 6 a lo largo del cuarto eje 104. Por lo tanto, estos parachoques 12 absorben el impacto en caso de que ocurra una colisión entre la cuna exterior 6 y el bastidor 8.

La resistencia del cuerpo 2 y la distribución de densidad del cuerpo 2 pueden afectar a la magnitud del par de frenado. La forma del cuerpo 2 puede ser diferente a una rueda cilíndrica sólida. El cuerpo 2 puede comprender un buje, un alma y un borde en forma de anillo. La forma del cuerpo 2 puede ser de manera que el momento de inercia por unidad de masa del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 sea mayor que o igual a $(2/5) * R^2$ donde R es el radio de la esfera limitadora mínima del cuerpo 2. La esfera limitadora mínima se define como la esfera más pequeña que contiene el cuerpo 2. El cuerpo 2 también se puede hacer de un material con un módulo de elasticidad que exceda los 70 GPa. El primer eje 101 se puede orientar con respecto al cuerpo 2 de manera que el momento de inercia del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 se maximice sustancialmente.

El cuerpo 2 es rotado alrededor del primer eje 101 por medio de fluido presurizado. Para este propósito, el cuerpo 2 comprende una o más tuberías de fluido 14 montadas en el árbol de rotación 3 dirigidas radialmente hacia fuera desde el centro del árbol de rotación 3. Además esto, el dispositivo de frenado 1 comprende una bomba de fluido 16, y medios (no mostrados) para transportar fluido presurizado a las tuberías montadas en el árbol de rotación 3. Hay un canal de fluido ubicado dentro del árbol de rotación 3. El fluido que entra a este canal está indicado por las flechas dispuestas axialmente, como se puede ver en la Figura 3. Los medios (no mostrados) para transportar fluido presurizado a las

tuberías 14 pueden comprender uno o más de: tuberías, tubos, mangueras, canales y juntas rotatorias. La potencia requerida por la bomba de fluido 16 puede ser proporcionada por una fuente de alimentación externa o por la rotación que se desea frenar. Las boquillas de los tuberías 14 se orientan de manera que mientras el fluido presurizado sale de las boquillas, la reacción del fluido aplica par al cuerpo 2 para hacer rotar el cuerpo 2 alrededor del primer eje 101.

5 Para aumentar la magnitud del par aplicado al cuerpo 2 alrededor del primer eje 101, se prefiere que las boquillas se orienten en dirección tangencial al cuerpo 2. La magnitud del par aplicado al cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 puede ser controlada mediante el control del caudal del fluido.

El cuerpo 2 puede comprender otro conjunto de tuberías de fluido 15, cuyas boquillas se orientan para aplicar par al cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 en sentido opuesto. En este caso, transportar fluido a este conjunto de tuberías 15 provoca la desaceleración del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101. Se puede proporcionar una válvula para alternar el fluido entre el primer conjunto de tuberías 14 y el segundo conjunto de tuberías 15. Un ejemplo de colocación del primer conjunto de tuberías 14 y del segundo conjunto de tuberías 15 se puede ver en la Figura 3. Las flechas en la Figura 3 indican el sentido del flujo del fluido para este ejemplo en particular. En lugar del primer conjunto de tuberías 14 y del segundo conjunto de tuberías 15, también pueden proporcionarse dos conjuntos de canales formados de manera similar dentro del cuerpo 2.

En referencia a la Figura 1, la Figura 4 y la Figura 5 por ejemplo, el dispositivo de frenado 1 comprende medios de conexión rotatorios 17 que se utilizan para conectar al cuerpo 2 la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje 104 para transmitir rotación y par al cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102. Los medios de conexión rotatorios 17 se acoplan rigidamente al árbol 18 que se monta para rotación alrededor del cuarto eje 104 por medio de cojinetes de medios de conexión rotatorios 19. El árbol 18 de los medios de conexión rotatorios 17 a lo largo del cuarto eje 104 se acopla a la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje 104. Los medios de conexión rotatorios 17 son en forma de un anillo. En los medios de conexión rotatorios 17, hay dos ranuras 21 simétricas con respecto al cuarto eje 104. La cuna interior 4 comprende dos pasadores 22 en forma de esfera sólida que se orientan a lo largo del tercer eje 103. Cada uno de estos dos pasadores 22 es soportado por una parte deslizante 20 para movimiento esférico.

20 Cada parte deslizante 20 se dispone para deslizar dentro de una de las ranuras 21 en los medios de conexión rotatorios 17. Esta disposición permite la rotación de la cuna interior 4 alrededor del tercer eje 103 con respecto a los medios de conexión rotatorios 17. Las orientaciones de las ranuras 21 se determinan de manera que se le permita a la cuna interior 4 rotar de una manera limitada alrededor del quinto eje 105 con respecto a los medios de conexión rotatorios 17. El quinto eje 105 se define como el eje que es perpendicular tanto al tercer eje 103 como al cuarto eje 104 y que pasa a través del centro de masa del cuerpo 2. El tamaño y las ubicaciones de las ranuras 21 también se determinan de manera que se permite una rotación completa del segundo eje 102 alrededor del cuarto eje 104 mientras los medios de conexión rotatorios 17 se mantienen estacionarios. Se prefiere que las magnitudes de las fuerzas de fricción entre las partes deslizantes 20 y las ranuras 21 correspondientes, y entre los pasadores 22 y las partes deslizantes 20 correspondientes sean tan pequeñas como sea posible. Con esta disposición, si el cuerpo 2 está inicialmente estacionario, una rotación de los medios de conexión rotatorios 17 provoca que el cuerpo 2 rote alrededor del segundo eje 102.

Debido a las tolerancias de producción, puede haber una diferencia en las magnitudes de las fuerzas aplicadas por los medios de conexión rotatorios 17 a la cuna interior 4 a través de estos dos pasadores 22. Para reducir esta diferencia, los pasadores 22 pueden montarse elásticamente en la cuna interior 4 para permitir un pequeño movimiento de los pasadores 22 con respecto a la cuna interior 4. Esto proporciona una distribución más equilibrada de las fuerzas aplicadas a través de estos dos pasadores 22, reduciendo así la fuerza resultante en el centro del cuerpo 2.

Mientras el dispositivo de frenado 1 está funcionando, el cuerpo 2 puede rotar adicionalmente en el sentido de incrementar el ángulo beta β . En referencia a la Figura 1 y la Figura 5, el árbol 18 de los medios de conexión rotatorios 17 pasa a través de las dos aberturas circulares de la cuna interior 4. Esta configuración limita el movimiento de la cuna exterior 6 (y, además, el movimiento del segundo eje 102) alrededor del cuarto eje 104 de manera que se limite el valor máximo del ángulo beta β . Para evitar un contacto directo entre la cuna interior 4 y el árbol 18 de los medios de conexión rotatorios 17, se coloca entre ellos un soporte elástico 13 que se fija al árbol 18. El valor límite deseado del ángulo beta β se puede establecer cambiando el diámetro de las aberturas y/o el diámetro del árbol 18 de los medios de conexión rotatorios 17 (incluyendo el grosor del soporte elástico 13).

El dispositivo de frenado 1 también puede comprender un embrague (no mostrado) para desacoplar la rotación que se desea frenar de los medios de conexión rotatorios 17 cuando el par de frenado no es necesario. Adicionalmente, se puede proporcionar una transmisión para cambiar la ratio de la velocidad de la rotación que se desea frenar a la velocidad de la rotación de los medios de conexión rotatorios 17 alrededor del cuarto eje 104. En este caso, el árbol de entrada de la transmisión se acopla a la rotación que se desea frenar y el árbol de salida se acopla al árbol 18 de los medios de conexión rotatorios 17. Dado que los medios de conexión rotatorios 17 conectan al cuerpo 2 la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje 104 para transmitir rotación y par al cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102, la transmisión permite, además, cambiar la velocidad de la rotación del cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102 mientras la velocidad de la rotación que se desea frenar es constante.

El dispositivo de frenado 1 comprende, preferiblemente, sensores para medir valores de: la velocidad de la rotación del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101; la velocidad de la rotación de los medios de conexión rotatorios 17; el ángulo beta β ; la velocidad de la rotación que se desea frenar. El dispositivo de frenado 1 puede comprender uno o más de

los siguientes sensores: sensores de efecto Hall, sensores ópticos, sensores de proximidad, sensores de flujo y sensores de par.

El dispositivo de frenado 1 comprende una unidad de control automático 23 (como se puede ver por ejemplo en la Figura 1, la Figura 4 y la Figura 5) que se usa para proporcionar diferentes condiciones de funcionamiento. Dependiendo del área de aplicación, la unidad de control automático 23 recibe diferentes señales de entrada de diversos sensores del dispositivo de frenado 1 y establece los parámetros del dispositivo 1 tal como la velocidad de rotación del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101, la magnitud del par de frenado, y la ratio de la velocidad de la rotación que se desea frenar a la velocidad de la rotación del cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102. La unidad de control automático 23 también puede controlar la magnitud del par de frenado para mantener la velocidad de la rotación que se desea frenar sustancialmente constante en un valor deseado (por ejemplo, para mantener la velocidad de un vehículo que viaja cuesta abajo sustancialmente constante en un valor deseado).

Para controlar la magnitud del par de frenado, la unidad de control automático 23 controla la velocidad de la rotación del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 y/o la velocidad de la rotación del cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102. La velocidad de la rotación del cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102 se puede controlar cambiando la ratio de la velocidad de la rotación que se desea frenar a la velocidad de la rotación de los medios de conexión rotatorios 17 alrededor del cuarto eje 104, es decir, cambiando la ratio de velocidad de la transmisión.

La unidad de control automático 23 también puede controlar el dispositivo de frenado 1 para retirar el par de frenado en la rotación que se desea frenar cuando no se necesita par de frenado. El par de frenado puede ser retirado utilizando al menos uno de: (i) detener la rotación del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101, y (ii) desacoplar la rotación que se desea frenar de los medios de conexión rotatorios 17.

Cabe señalar que el par de frenado puede no ser retirado por completo al establecer el ángulo beta β a 0 grados o 90 grados debido a las posibles vibraciones y deformaciones que ocurren en el dispositivo de frenado 1 que son provocadas por las fuerzas internas.

Antes de describir el funcionamiento del dispositivo de frenado 1, se introducirá una definición de ángulo adicional. La línea normal del plano que contiene el segundo eje 102 y el cuarto eje 104 se define como la línea que es ortogonal a este plano y pasa a través del centro de masa del cuerpo 2. El ángulo theta θ se define como el ángulo agudo (o posiblemente el ángulo recto) entre el primer eje 101 y la línea normal N del plano que contiene el segundo eje 102 y el cuarto eje 104.

En el funcionamiento del dispositivo de frenado 1, primero se hace rotar el cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 por medio de transportar fluido presurizado obtenido desde la bomba de fluido 16 hasta las tuberías en el árbol rotacional del cuerpo 2. Cuando la rotación que se desea frenar se acopla a los medios de conexión rotatorios 17, los medios de conexión rotatorios 17 conectan la rotación que se desea frenar al cuerpo 2 para transmitir rotación y par al cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102. Por lo tanto, a través de los medios de conexión rotatorios 17, se aplica un par al cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102 para rotar el cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102. Al principio, el par aplicado al cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102 provoca que el cuerpo 2 rote alrededor del segundo eje 102 de manera que el ángulo theta θ se vuelve menor que 90 grados si es que aún no lo es. En otras palabras, el primer eje 101 no yace más en el plano que contiene el segundo eje 102 y el cuarto eje 104. Esto permite al cuerpo 2 tener una libertad de rotación limitada alrededor del tercer eje 103 de manera que el cuerpo 2 pueda rotar alrededor del tercer eje 103. Como resultado de (i) la rotación del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101, y (ii) el par aplicado al cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102, el cuerpo 2 comienza a rotar alrededor del tercer eje 103. En la literatura, esta rotación se conoce como precesión. Por lo tanto, el cuerpo 2 rota alrededor del primer eje 101, el segundo eje 102 y el tercer eje 103 simultáneamente. Sin embargo, la rotación del cuerpo 2 alrededor del segundo eje 102 y la rotación del cuerpo 2 alrededor del tercer eje 103 se observan como si el cuerpo 2 rotara alrededor del cuarto eje 104. En otras palabras, el cuerpo 2 no rota alrededor del cuarto eje 104; y la rotación observada del cuerpo 2 alrededor del cuarto eje 104 es en realidad un resultado de la rotación del cuerpo 2 alrededor tanto del segundo eje 102 como del tercer eje 103. La rotación del cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 y la rotación del cuerpo 2 alrededor del tercer eje 103 en conjunto provocan que se produzca un par de frenado alrededor del segundo eje 102. El par de frenado alrededor del segundo eje 102 es transmitido de vuelta a la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje 104 por medio de los medios de conexión rotatorios 17. Durante el funcionamiento del dispositivo de frenado 1, el ángulo theta θ permanece constante en un valor menor de 90 grados siempre que los parámetros del dispositivo de frenado 1 se mantengan constantes. El valor del ángulo theta θ depende de los parámetros del dispositivo de frenado 1. Por lo tanto, el dispositivo de frenado 1 proporciona par de frenado continuo contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje 104.

En una segunda realización preferida del dispositivo de frenado, el sistema de suspensión se configura adicionalmente para funcionar como medios para limitar el movimiento del segundo eje 102. En esta realización, la rigidez del sistema de suspensión se determina o ajusta de manera que el ángulo beta β se limita a un valor deseado que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados.

En referencia a la Figura 4, otra realización preferida de los medios para limitar el movimiento del segundo eje 102 de manera que el ángulo beta β esté limitado a un valor deseado que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados

comprende un brazo 24 al que se hará referencia como brazo limitador 24. El brazo limitador 24 comprende dos vástagos que se acoplan rígidamente entre sí de manera que el ángulo entre el eje a lo largo del que se orienta el primer vástago 25 y el eje a lo largo del que se orienta el segundo vástago 26 está en un valor deseado para el ángulo beta β . El brazo limitador 24 se monta en el dispositivo de frenado de manera que la primer vástago 25 yace a lo largo del cuarto eje 104 y se soporta para rotación alrededor del cuarto eje 104 por medio de los primeros cojinetes 27 del brazo limitador del bastidor 8; y el segundo vástago 26 yace a lo largo del segundo eje 102 y se soporta para rotación alrededor del segundo eje 102 por medio de los segundos cojinetes 28 del brazo limitador de la cuna interior 4. Esta disposición asegura que el movimiento del segundo eje 102 esté limitado para mantener al ángulo beta β constante en un valor seleccionado mientras permite que el segundo eje 102 rote alrededor del cuarto eje 104.

En referencia a la Figura 5, otra realización preferida de los medios de suspensión comprende cuatro soportes de motor 29, un extremo de cada uno de los cuales se monta en el lado inferior de la cuna exterior 6 por medio de una junta esférica, y el otro extremo de cada uno de los cuales se monta al bastidor 8 por medio de otra junta esférica. La cantidad de soportes de motor 29, las ubicaciones, las orientaciones y los tipos de soportes de motor 29 se determinan de manera que (i) la cuna exterior 6 esté soportada dentro del bastidor 8, (ii) se permita rotar al segundo eje 102 alrededor del cuarto eje 104, y (iii) no se permita rotar la cuna exterior 6 alrededor del segundo eje 102 (es decir, se evite cualquier rotación de la cuna exterior 6 alrededor del segundo eje 102).

En referencia a la Figura 6, en otra realización preferida de los medios para hacer rotar el cuerpo 2 alrededor del primer eje 101, el dispositivo de frenado 1 comprende un cuerpo 2 con una o más paletas 30, un conjunto de una o más boquillas 31 unidas a la cuna interior 4, una bomba de fluido 16 y medios (no mostrados) para transportar fluido presurizado a las boquillas 31 unidas a la cuna interior 4. Las orientaciones de las boquillas 31 y la forma de las paletas 30 se determinan de manera que cuando el fluido presurizado se proyecta sobre las paletas 30 del cuerpo 2, el fluido provoca que se aplique un par al cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 para acelerar al cuerpo 2 alrededor del primer eje 101. La magnitud del par aplicado al cuerpo 2 alrededor del primer eje 101 puede ser controlada mediante el control del caudal del fluido. También se puede proporcionar un segundo conjunto de boquillas (no mostradas en la Figura 6) para aplicar par en sentido opuesto al cuerpo 2 alrededor del primer eje 101, es decir, para desacelerar el cuerpo 2 alrededor del primer eje 101. Se puede proporcionar una válvula con el fin de alternar el fluido entre el primer y el segundo conjunto de boquillas.

En otra realización preferida de los medios para rotar el cuerpo 2 alrededor del primer eje 101, se proporciona una fuente de potencia motriz para hacer rotar el cuerpo 2 alrededor del primer eje 101. La fuente de potencia motriz puede ser, por ejemplo, un motor eléctrico o un motor hidráulico o un motor neumático. La potencia requerida para la fuente de potencia motriz puede ser proporcionada por una fuente de alimentación externa o por la rotación que se desea frenar.

En una tercera realización alternativa, al menos uno de los ejes primero, segundo, tercero o cuarto no pasa a través del centro de masa del cuerpo 2.

En una cuarta realización alternativa, el bastidor 8 del dispositivo de frenado 1 comprende el chasis de un vehículo.

En una quinta realización alternativa, el bastidor 8 del dispositivo de frenado 1 se monta en el chasis de un vehículo por medio de montanes de motor para reducir vibraciones.

En referencia a la Figura 7, se proporciona una realización de un conjunto 32 de dispositivos de frenado 1. El conjunto 32 comprende cuatro dispositivos de frenado 1 idénticos dispuestos en una distribución 2 x 2. Los bastidores 8 de los dispositivos de frenado 1 se acoplan rígidamente entre sí de modo que los cuartos ejes 104 de los dispositivos de frenado 1 estén sustancialmente paralelos entre sí. El conjunto 32 comprende, además, unos medios 33 para distribuir una rotación alrededor de un sexto eje 106 a cada dispositivo de frenado 1 de manera que el árbol 34 de los medios para distribuir una rotación se acopla al árbol 18 de los medios de conexión rotatorios 17 de cada dispositivo de frenado 1 para provocar que los medios de conexión rotatorios 17 de cada dispositivo de frenado 1 roten a la misma velocidad de rotación pero a diferentes ángulos de fase respectivos. El sexto eje 106 podría ser cualquier eje que sea sustancialmente paralelo al cuarto eje 104 de los dispositivos de frenado 1. La rotación que se desea frenar se acopla al árbol 34 de los medios para distribuir una rotación. Los medios 33 para distribuir una rotación pueden comprender uno o más mecanismos de piñón y cadena, mecanismos de patea y correa o mecanismos de engranaje. Los ángulos de fase en esta realización están igualmente espaciados para reducir la magnitud del par interno resultante. Por ejemplo, si se supone que el ángulo de fase del dispositivo de frenado superior izquierdo 1 es de 0 grados, el ángulo de fase del dispositivo de frenado inferior izquierdo 1 sería de 90 grados, el ángulo de fase del dispositivo de frenado inferior derecho 1 sería de 180 grados, y el ángulo de fase del dispositivo de frenado superior derecho 1 sería de 270 grados. Las orientaciones relativas de los cuerpos 2 de los dispositivos de frenado 1 en un instante específico se ilustran en la Figura 8. Los medios 33 para distribuir una rotación aseguran que las rotaciones de los medios de conexión rotatorios 17 de los dispositivos de frenado 1 estén sincronizadas para mantener las orientaciones relativas de los cuerpos 2 de los dispositivos de frenado 1. Esta disposición reduce las vibraciones generadas en el conjunto 32. La magnitud del par de frenado proporcionado por el conjunto 32 es la suma de los pares de frenado proporcionados por cada uno de los dispositivos de frenado 1 en el conjunto 32.

Leyenda de las referencias

- | | | |
|----|-----|--|
| | 1. | Dispositivo de frenado |
| | 2. | Cuerpo |
| | 3. | Árbol de rotación |
| 5 | 4. | Cuna interior |
| | 5. | Cojinetes interiores |
| | 6. | Cuna exterior |
| | 7. | Cojinetes exteriores |
| | 8. | Bastidor |
| 10 | 9. | Cilindro |
| | 10. | Unidad de control de posición |
| | 11. | Compresor de aire |
| | 12. | Parachoques elástico |
| | 13. | Soporte elástico |
| 15 | 14. | Primer conjunto de tuberías de fluido |
| | 15. | Segundo conjunto de tuberías de fluido |
| | 16. | Bomba de fluido |
| | 17. | Medios de conexión rotatorios |
| | 18. | Árbol de los medios de conexión rotatorios |
| 20 | 19. | Cojinetes de medios de conexión rotatorios |
| | 20. | Parte deslizante |
| | 21. | Ranuras de los medios de conexión rotatorios |
| | 22. | Pasadores esféricos |
| | 23. | Unidad de control automático |
| 25 | 24. | Brazo limitador |
| | 25. | Primer vástago del brazo limitador |
| | 26. | Segundo vástago del brazo limitador |
| | 27. | Primeros cojinetes de brazo limitador |
| | 28. | Segundos cojinetes de brazo limitador |
| 30 | 29. | Soporte de motor |
| | 30. | Paletas del cuerpo |
| | 31. | Boquillas |
| | 32. | Conjunto de dispositivos de frenado |
| | 33. | Medios para distribuir una rotación |
| 35 | 34. | Árbol de los medios para distribuir una rotación |

- 101. Primer eje
- 102. Segundo eje
- 103. Tercer eje
- 104. Cuarto eje
- 5 105. Quinto eje
- 106. Sexto eje

α Ángulo alfa

β Ángulo Beta

10 θ Ángulo theta

N La línea normal del plano que contiene al segundo eje y al cuarto eje.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de frenado (1) que comprende:
un cuerpo (2);
medios de soporte interiores (4) para soportar el cuerpo (2) para rotación alrededor de un primer eje (101);
5 medios de soporte exteriores (6) para soportar los medios de soporte interiores (4) para rotación alrededor de un segundo eje (102), en donde el primer eje (101) se orienta en un ángulo alfa (α) que es mayor de 0 grados con respecto al segundo eje (102);
medios (14, 15, 16, 30, 31) para hacer rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101);
medios (17) para conectar al cuerpo (2) una rotación que se desea frenar alrededor de un cuarto eje (104) para
10 transmitir rotación y par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102), en donde el segundo eje (102) se orienta en un ángulo beta (β) que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados con respecto al cuarto eje (104);
medios de suspensión (9, 10, 11, 29) para soportar los medios de soporte exteriores (6), en donde los medios de suspensión (9, 10, 11, 29) se configuran para permitir la rotación del segundo eje (102) alrededor del cuarto eje (104),
15 y los medios de suspensión (9, 10, 11, 29) se configuran para evitar la rotación de los medios de soporte exteriores (6) alrededor del segundo eje (102);
caracterizado por que
se permite rotar el cuerpo (2) adicionalmente alrededor de un tercer eje (103) que es el eje de precesión alrededor del que ocurre la precesión del cuerpo (2) como resultado de rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) y de aplicar par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102),
20 la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) y el par aplicado al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) en conjunto provocan que el cuerpo (2) rote adicionalmente alrededor del tercer eje (103),
el cuerpo (2) rota alrededor del primer eje (101), del segundo eje (102) y del tercer eje (103) simultáneamente,
la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) y la rotación del cuerpo (2) alrededor del tercer eje (103) en conjunto provocan que ocurra un par de frenado alrededor del segundo eje (102);
25 para obtener de este modo par de frenado contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104).
2. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en la reivindicación 1, que comprende, además, un bastidor (8) en donde los medios de suspensión (9, 10, 11, 29) se ubican entre el bastidor (8) y los medios de soporte exteriores (6) para soportar los medios de soporte exteriores (6) de manera que se permite la rotación del segundo eje (102) alrededor del cuarto eje (104), y se evita la rotación de los medios de soporte exteriores (6) alrededor del segundo eje (102).
30
3. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende, además, medios de apoyo de fluido para soportar uno o más de: el cuerpo (2), los medios de soporte interiores (4), y medios (17) para conectar al cuerpo (2) una rotación que se desea frenar alrededor de un cuarto eje (104) para transmitir rotación y par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102).
- 35 4. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde los medios de suspensión comprenden medios de montaje elásticos (29).
5. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde los medios de suspensión comprenden medios de resorte.
6. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en la reivindicación 5, en donde los medios de resorte comprenden uno o más resortes mecánicos.
40
7. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en donde los medios de resorte comprenden medios de resorte de aire (9, 10, 11).
8. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en la reivindicación 7, en donde los medios de resorte de aire (9, 10, 11) comprenden uno o más cilindros neumáticos (9) que se configuran para actuar como resortes por medio de la compresión de aire dentro de los cilindros (9).
45
9. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en la reivindicación 7 o la reivindicación 8, en donde los medios de resorte de aire (9, 10, 11) comprenden uno o más fuelles de aire.
10. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que

comprende, además, medios para medir la posición de los medios de resorte de aire (9, 10, 11).

11. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, que comprende, además, medios (10) para controlar la posición de los medios de resorte de aire (9, 10, 11).

5 12. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en la reivindicación 11, en donde los medios (10) para controlar la posición de los medios de resorte de aire (9, 10, 11) se configuran para mantener el centro de masa del cuerpo (2) en el cuarto eje (104).

10 13. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde los medios de suspensión (9, 10, 11, 29) se configuran para permitir la rotación del segundo eje (102) alrededor del cuarto eje (104) de manera que el ángulo beta (β) esté limitado a un valor deseado que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados.

14. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, que comprende, además, medios (24) para limitar el movimiento del segundo eje (102) de manera que el ángulo beta (β) esté limitado a un valor deseado que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados.

15 15. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en donde los medios (17) para conectar al cuerpo (2) una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104) para transmitir rotación y par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) se montan para rotación alrededor del cuarto eje (104), los medios (17) para conectar al cuerpo (2) una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104) para transmitir rotación y par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) se acoplan a la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104), y los medios (17) para conectar al cuerpo (2) una rotación que se desea frenar
20 alrededor del cuarto eje (104) para transmitir rotación y par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) se estructuran para aplicar par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) cuando rotan alrededor del cuarto eje (104).

16. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, que comprende además medios para controlar la ratio de la velocidad de la rotación que se desea frenar a la velocidad de la rotación del cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102).

25 17. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en la reivindicación 16, en donde los medios para controlar la ratio de la velocidad de la rotación que se desea frenar a la velocidad de la rotación del cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) comprenden medios de transmisión de manera que la rotación que se desea frenar se acopla al árbol de entrada de los medios de transmisión, y los medios (17) para conectar al cuerpo(2) una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104) para transmitir rotación y par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) se acoplan al árbol de salida de los medios de transmisión.
30

18. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, en donde los medios (14, 15, 16, 30, 31) para hacer rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) comprenden uno o más de: un motor eléctrico, un motor hidráulico, y un motor neumático.

35 19. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, en donde el cuerpo (2) comprende una o más paletas (30).

20. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en la reivindicación 19, en donde los medios (14, 15, 16, 30, 31) para hacer rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) comprenden medios (16) para bombear fluido, y medios (31) para proyectar fluido sobre las paletas del cuerpo (2) para hacer rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101).

40 21. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 20, en donde el cuerpo (2) comprende una o más tuberías (14, 15) o canales de fluido.

22. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en la reivindicación 21, en donde los medios (14, 15, 16, 30, 31) para hacer rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) comprenden medios (16) para bombear fluido adentro de una o más tuberías o canales de fluido del cuerpo (2) de manera que el fluido salga por las boquillas de las tuberías o canales, el cuerpo (2) es rotado alrededor del primer eje (101) como resultado de la reacción del fluido.
45

23. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 22, en donde la potencia requerida para que los medios (14, 15, 16, 30, 31) hagan rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) es proporcionada por la rotación que se desea frenar.

50 24. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 23, que comprende, además, medios para controlar los medios (14, 15, 16, 30, 31) para hacer rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) para controlar la velocidad de la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101).

25. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 24, que comprende, además, uno o más sensores para medir valores de uno o más de los siguientes parámetros: la velocidad de la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101); la velocidad de la rotación de los medios (17) para conectar

al cuerpo (2) una rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104) para transmitir rotación y par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102); el ángulo beta (β); la magnitud del par de frenado; la velocidad de la rotación que se desea frenar.

26. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 25, que comprende, además, medios para controlar la magnitud del par de frenado en donde los medios para controlar la magnitud del par de frenado controlan la magnitud del par de frenado al controlar uno o más de: la velocidad de la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101); y la ratio de la velocidad de la rotación que se desea frenar a la velocidad de la rotación del cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102).
27. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 26, en donde cada uno del primer eje (101), el segundo eje (102) y el tercer eje (103) son perpendiculares a los otros dos ejes.
28. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 27, en donde el momento de inercia por unidad de masa del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) es mayor que o igual a $(2/5) * R^2$ en donde R es el radio de la esfera limitadora mínima del cuerpo (2), es decir, la menor esfera que contiene al cuerpo (2).
29. Un dispositivo de frenado (1) como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 28, en donde el dispositivo de frenado (1) proporciona un par de frenado continuo, preferiblemente constante, contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104).
30. Un método para generar par de frenado en un dispositivo de frenado (1) que comprende:
un cuerpo (2);
medios de soporte interiores (4) para soportar el cuerpo (2) para rotación alrededor de un primer eje (101);
medios de soporte exteriores (6) para soportar los medios de soporte interiores (4) para rotación alrededor del segundo eje (102), en donde el primer eje (101) se orienta en un ángulo alfa (α) que es mayor de 0 grados con respecto al segundo eje (102);
medios (14, 15, 16, 30, 31) para hacer rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101);
medios (17) para conectar al cuerpo (2) una rotación que se desea frenar alrededor de un cuarto eje (104) para transmitir rotación y par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102), en donde el segundo eje (102) se orienta en un ángulo beta (β) que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados con respecto al cuarto eje (104);
medios de suspensión (9, 10, 11, 29) para soportar los medios de soporte exteriores (6);
el método se caracteriza por:
una etapa de configurar los medios de suspensión (9, 10, 11, 29) para permitir la rotación del segundo eje (102) alrededor del cuarto eje (104);
una etapa de configurar los medios de suspensión (9, 10, 11, 29) para evitar la rotación de los medios de soporte exteriores (6) alrededor del segundo eje (102);
por lo que
se permite rotar el cuerpo (2) adicionalmente alrededor de un tercer eje (103) que es el eje de precesión alrededor del que ocurre la precesión del cuerpo (2) como resultado de rotar el cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) y de aplicar par al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102),
la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) y el par aplicado al cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) en conjunto provocan que el cuerpo (2) rote adicionalmente alrededor del tercer eje (103),
el cuerpo (2) rota alrededor del primer eje (101), del segundo eje (102) y del tercer eje (103) simultáneamente, sin embargo, la rotación del cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102) y la rotación del cuerpo (2) alrededor del tercer eje (103) se observan como si el cuerpo (2) rotase alrededor del cuarto eje (104),
la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101) y la rotación del cuerpo (2) alrededor del tercer eje (103) en conjunto provocan que ocurra un par de frenado alrededor del segundo eje (102);
para obtener de este modo par de frenado contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104).
31. Un método como el reivindicado en la reivindicación 30, que comprende, además, una etapa de ajustar la magnitud del par de frenado.
32. Un método como el reivindicado en la reivindicación 31, en donde la etapa de ajustar la magnitud del par de

frenado comprende ajustar uno o más de: la velocidad de la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101); y la ratio de la velocidad de la rotación que se desea frenar a la velocidad de la rotación del cuerpo (2) alrededor del segundo eje (102).

5 33. Un método como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 30 a 32, que comprende, además, una etapa de retirar el par de frenado cuando no se necesita par de frenado.

34. Un método como el reivindicado en la reivindicación 33, en donde la etapa de retirar el par de frenado comprende uno o más de: detener la rotación del cuerpo (2) alrededor del primer eje (101); desconectar del cuerpo (2) la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104); y ajustar el ángulo alfa (α) y/o el ángulo beta (β) a 0 grados.

10 35. Un método como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 30 a 34, en donde se proporciona un par de frenado continuo, preferiblemente constante, contra la rotación que se desea frenar alrededor del cuarto eje (104).

36. Un método como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 30 a 35, que comprende, además, una etapa de medir la posición de los medios de suspensión (9, 10, 11, 29).

15 37. Un método como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 30 a 36, que comprende, además, una etapa de controlar la posición de los medios de suspensión (9, 10, 11, 29) para mantener el centro de masa del cuerpo (2) en el cuarto eje (104).

20 38. Un método como el reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 30 a 37, que comprende, además, una etapa de controlar la posición de los medios de suspensión (9, 10, 11, 29) para limitar el movimiento del segundo eje (102) de manera que el ángulo beta (β) esté limitado a un valor deseado que es mayor de 0 grados y menor de 90 grados.

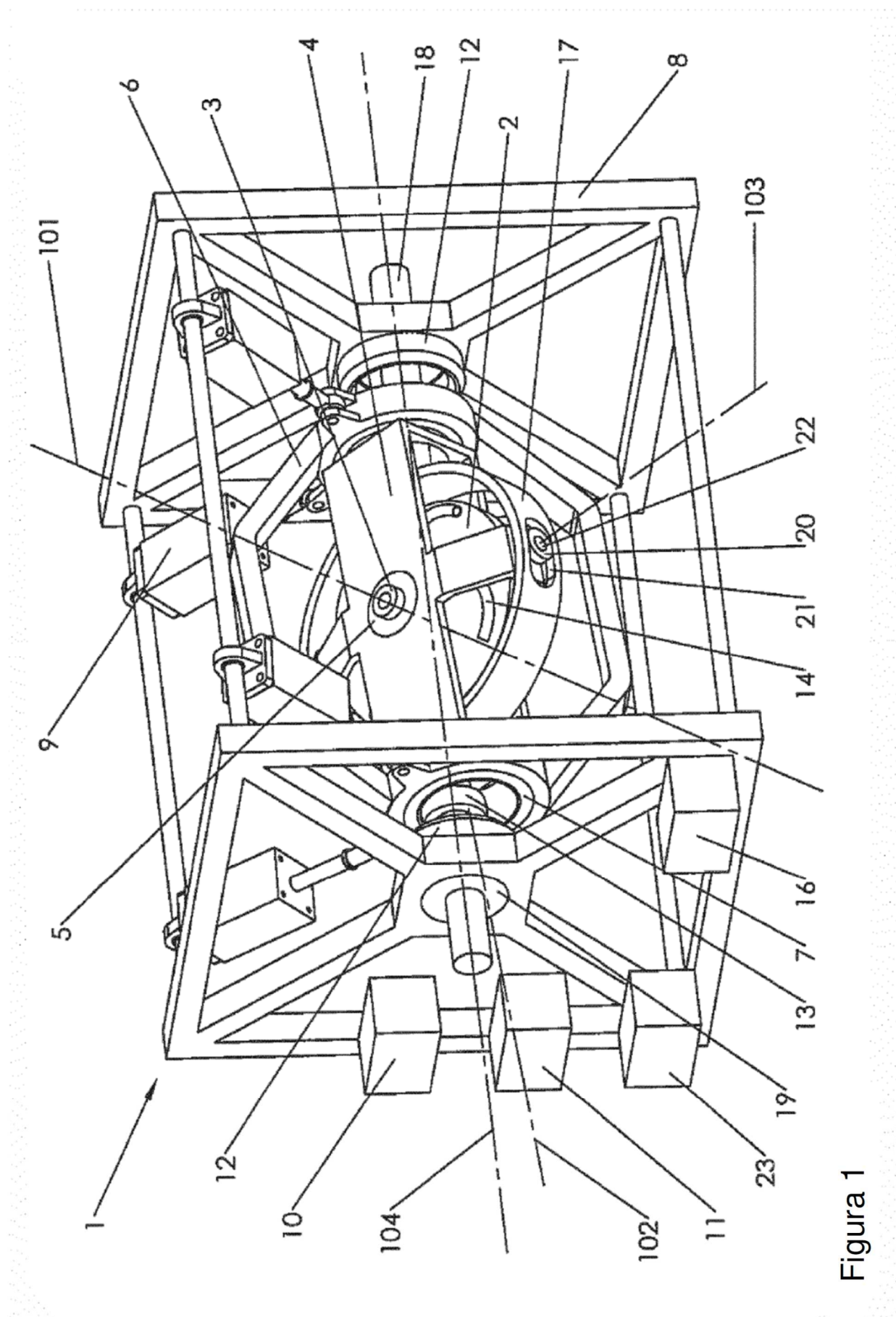


Figura 1

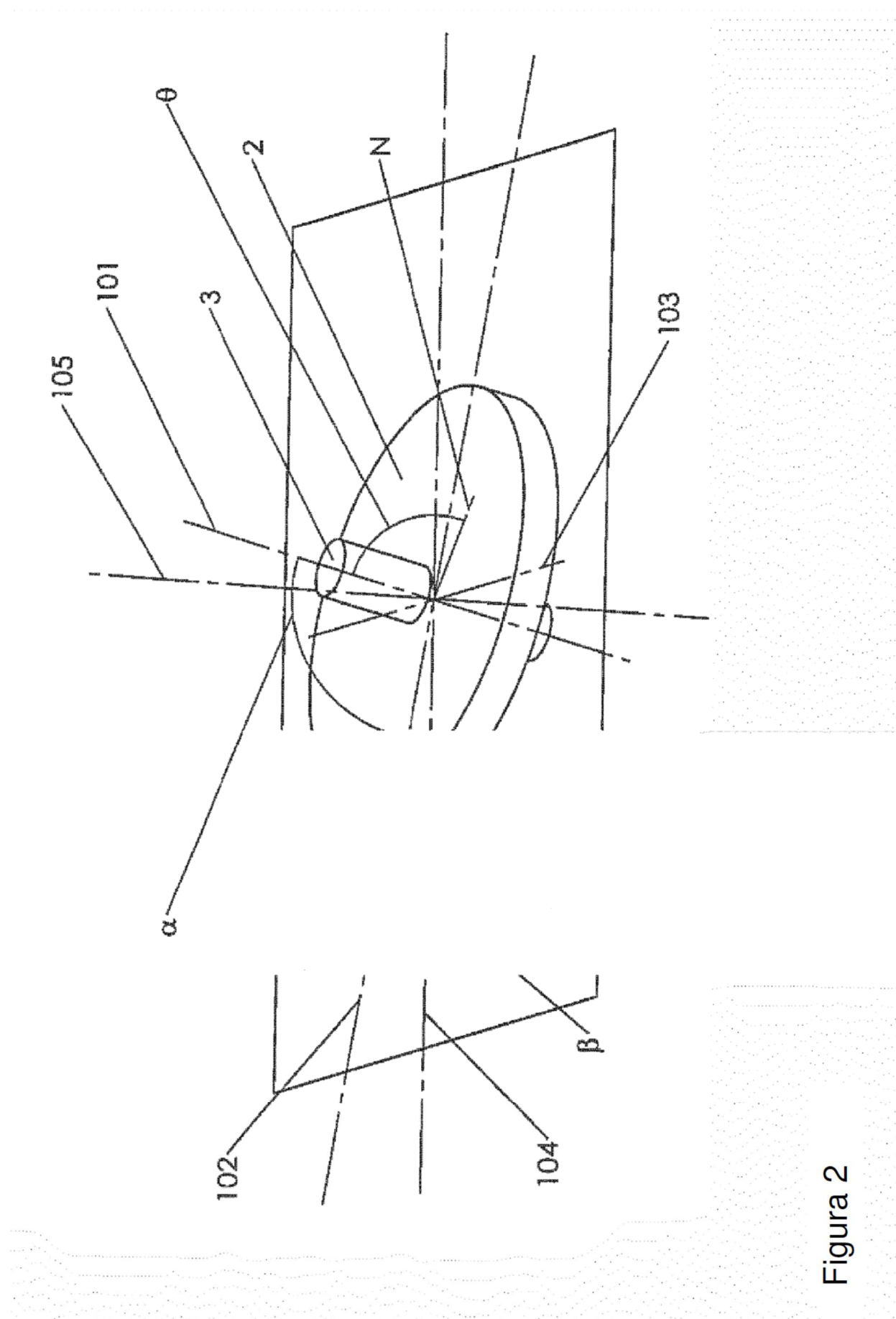


Figura 2

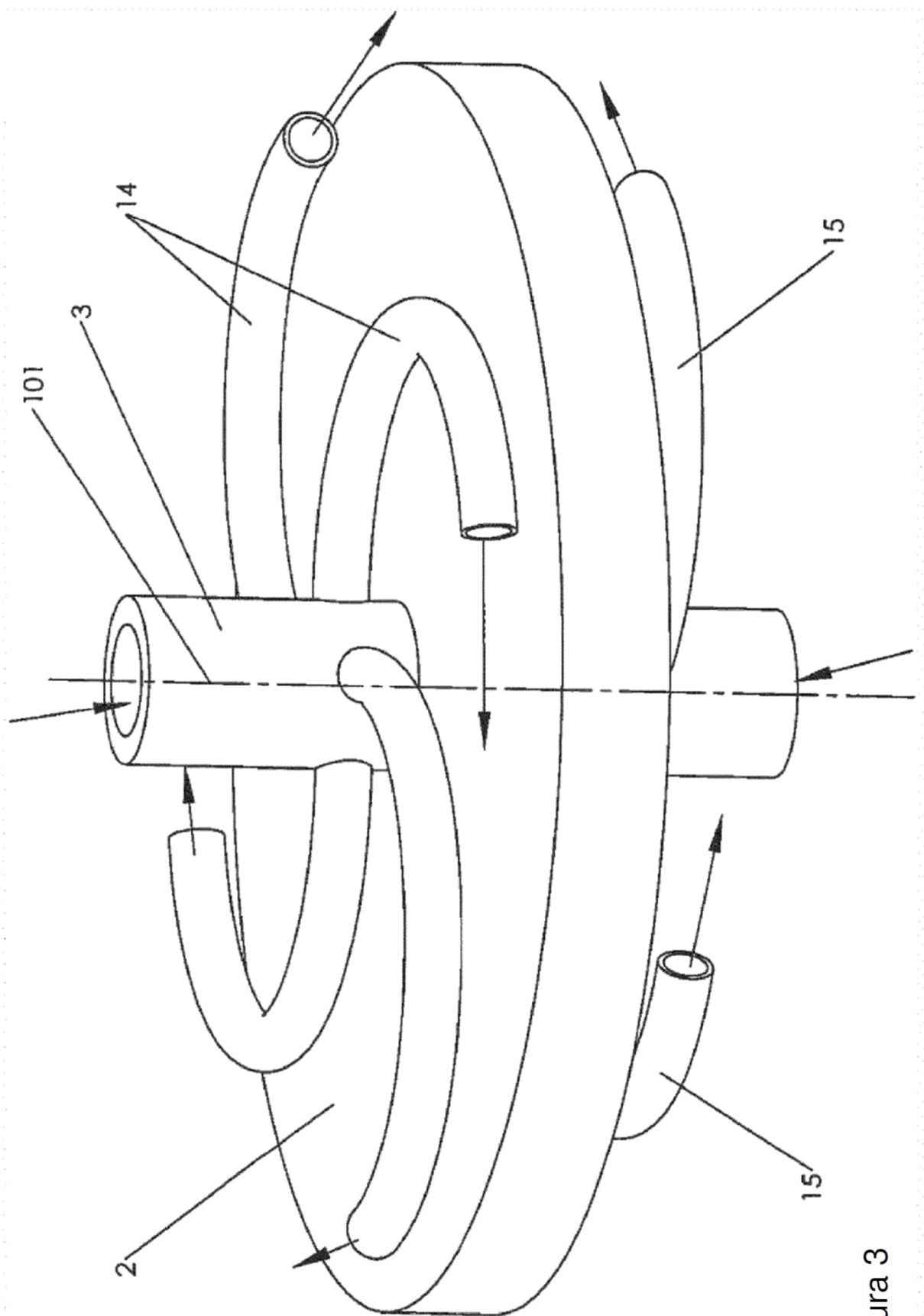


Figura 3

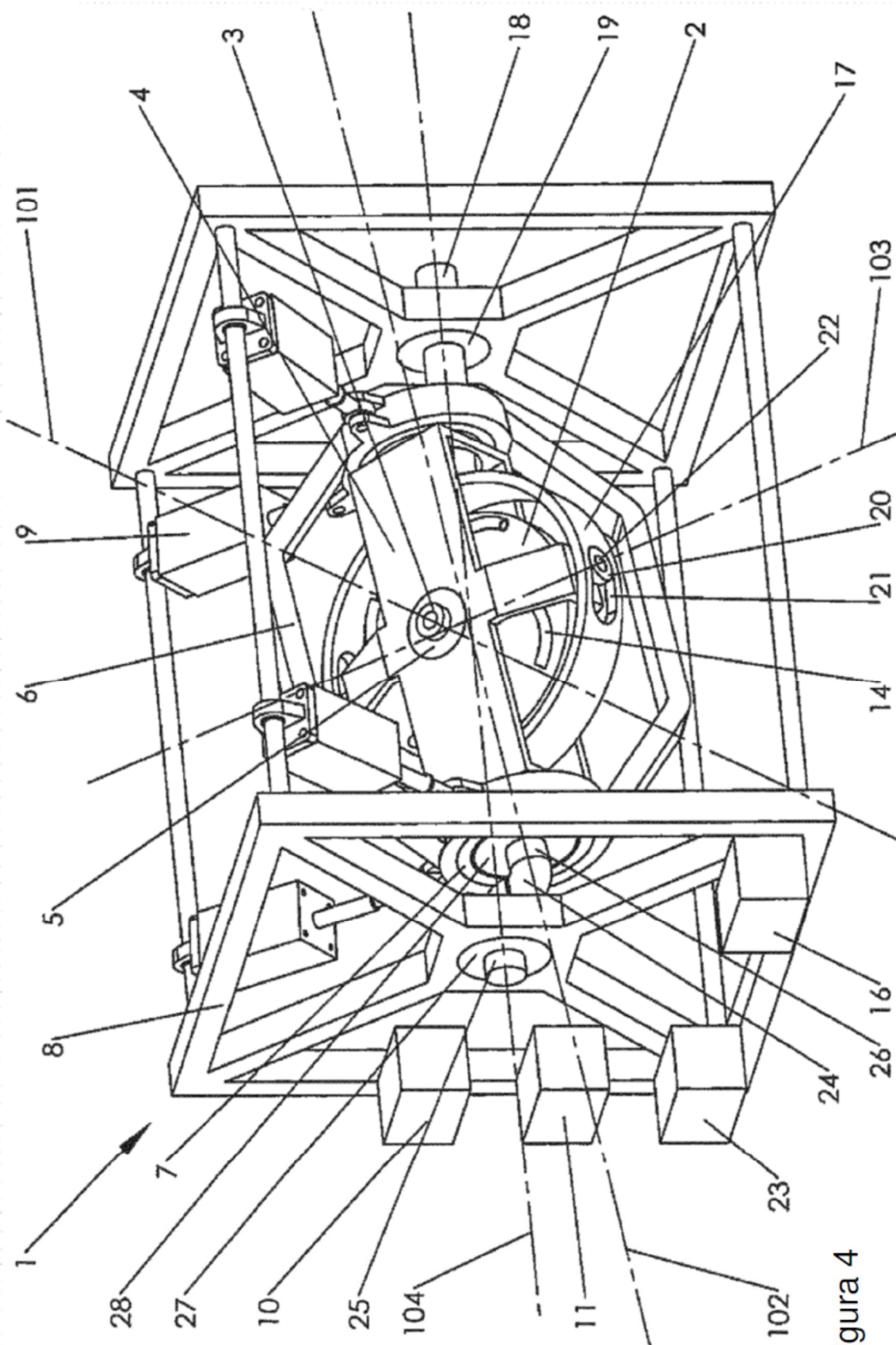


Figura 4

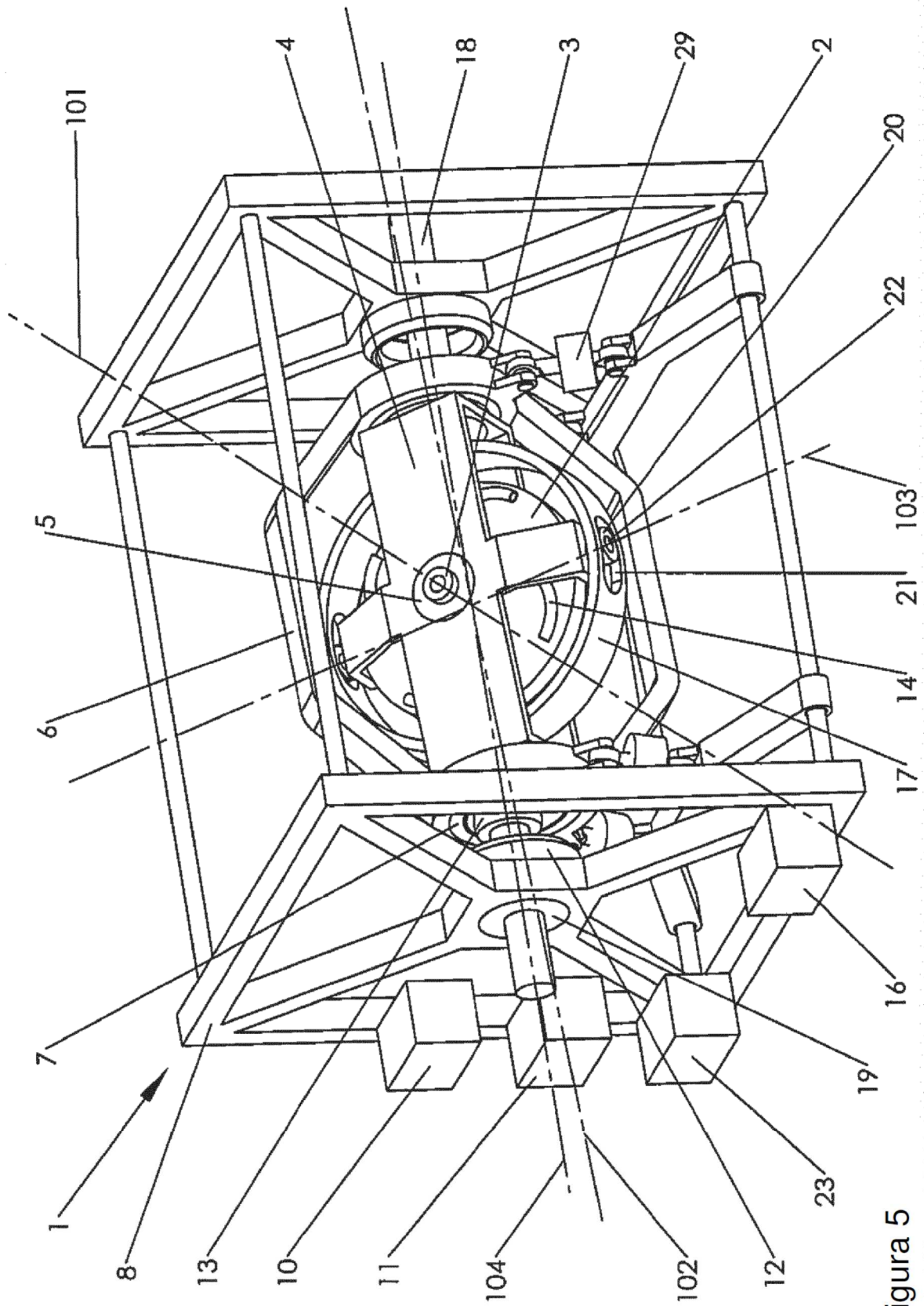


Figura 5

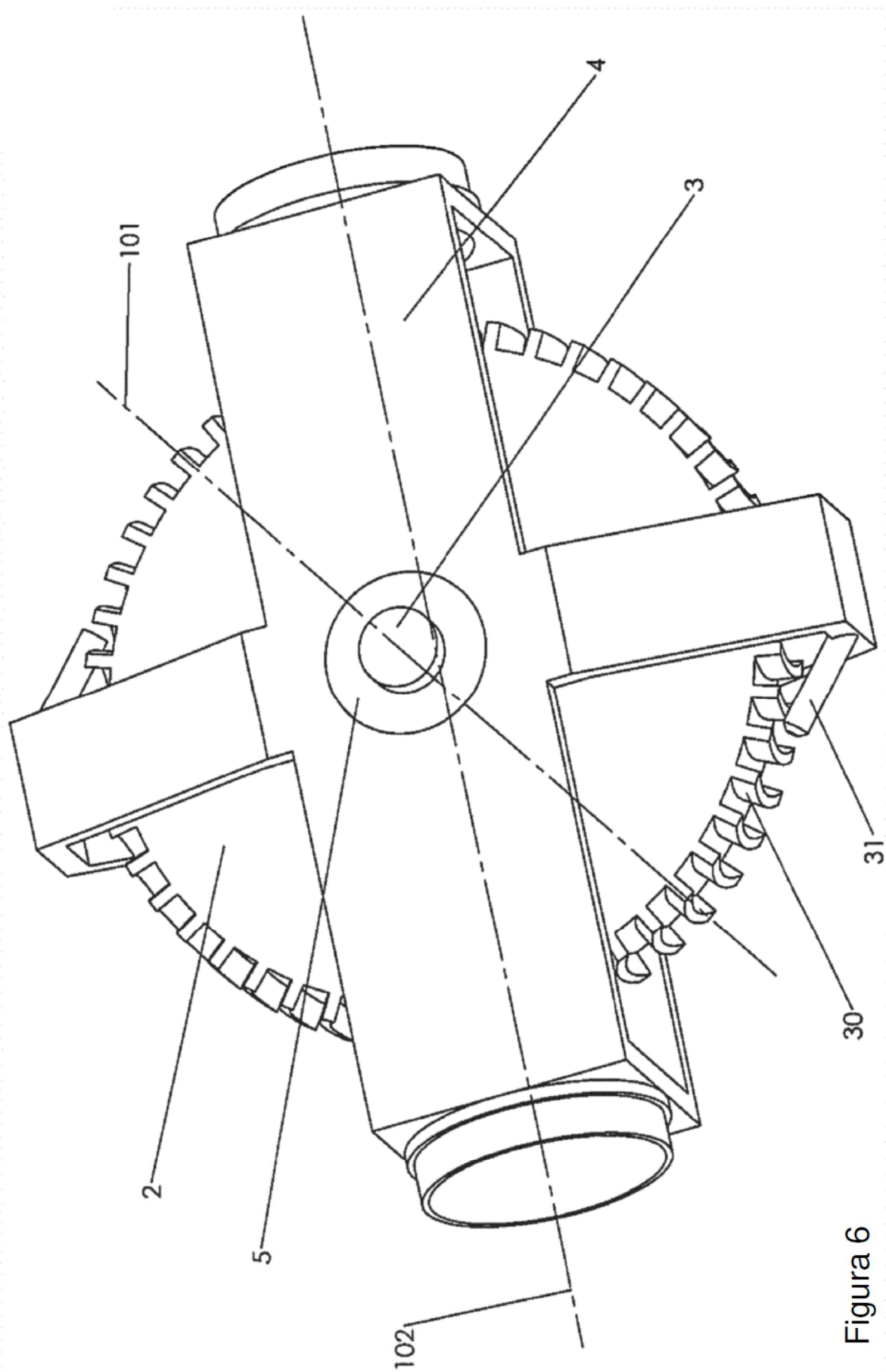


Figura 6

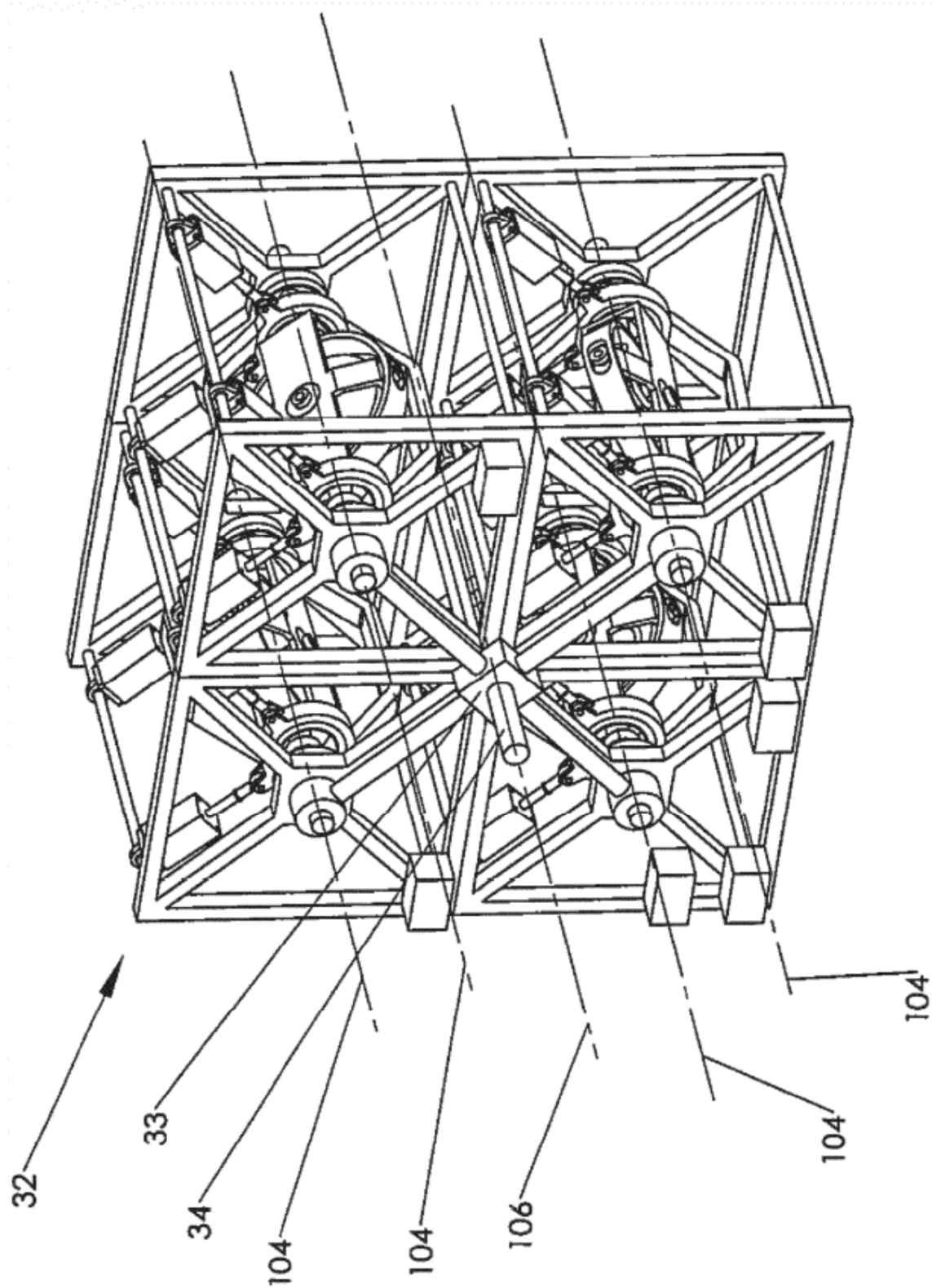


Figura 7

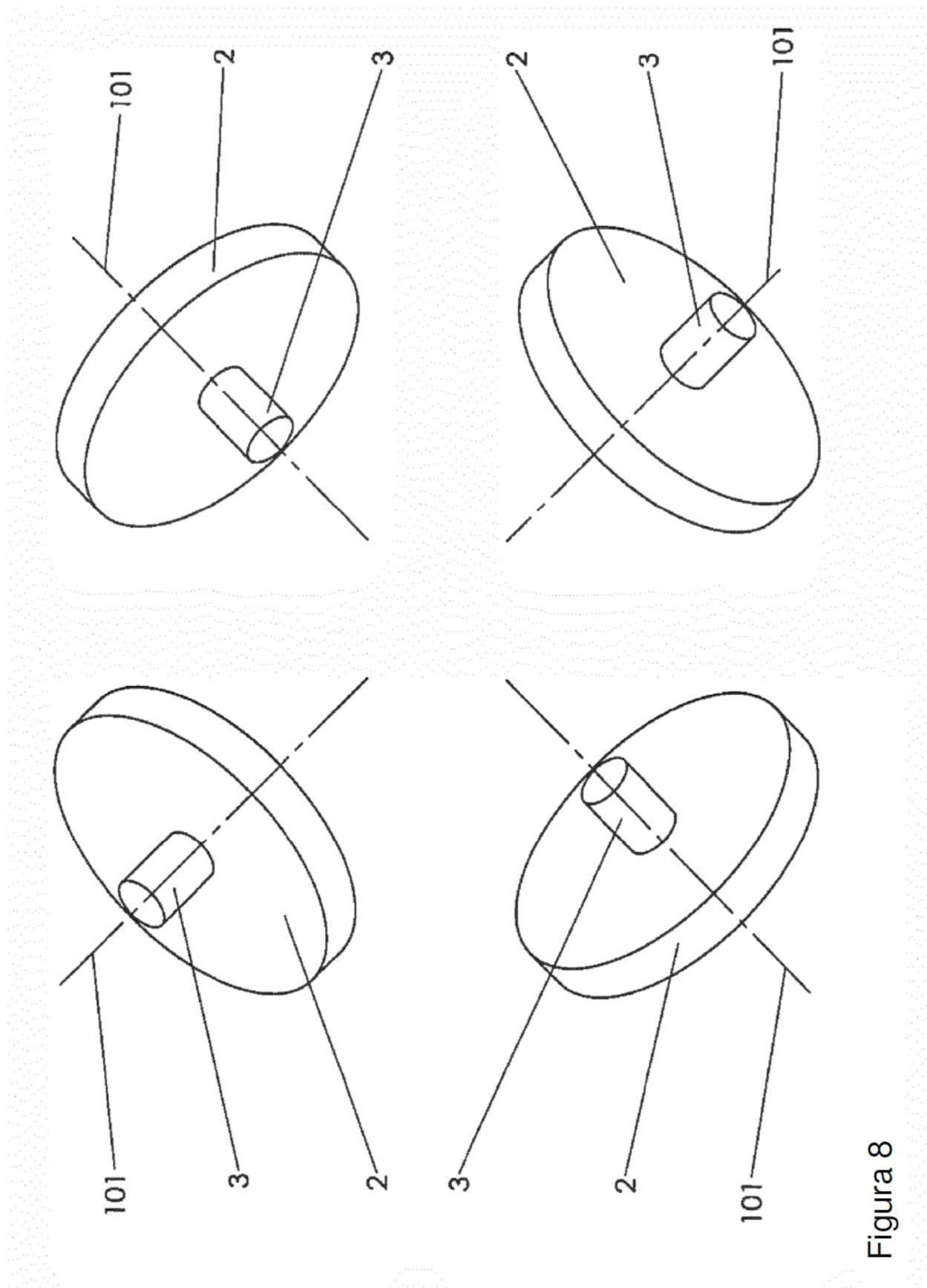


Figura 8