

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 041**

51 Int. Cl.:

B64C 25/00 (2006.01)

B64C 25/58 (2006.01)

G01G 19/07 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2010 E 10382172 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 2397406**

54 Título: **Disposición de bulón articulado para tren de aterrizaje de aeronave**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.04.2020

73 Titular/es:

**AIRBUS DEFENCE AND SPACE SA (100.0%)
Avenida John Lennon s/n
28906 Getafe (Madrid), ES**

72 Inventor/es:

**GAGO TRIPERO, ANGEL MANUEL y
LÓPEZ ARÉVALO, JOSÉ LUIS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 754 041 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

Disposición de bulón articulado para tren de aterrizaje de aeronave

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una disposición de bulón articulado en un tren de aterrizaje de aeronave, a un método para determinar la posición de los dispositivos de medición en dicha disposición de bulón articulado, y a un método para proporcionar una indicación del estado en tierra de una aeronave.

Antecedentes

10 1 Cuando una aeronave haya aterrizado y está en tierra, el tren de aterrizaje de dicha aeronave es sometida a cargas de tierra. El tren de aterrizaje comprende un brazo de arrastre, conectado al menos a una de las ruedas de la aeronave, y un amortiguador que disipa la mayor parte de la energía cinética proveniente de las cargas de tierra cuando la aeronave ha tocado el suelo, el brazo de arrastre suele ser susceptible de girar con respecto al amortiguador. El brazo de arrastre del tren de aterrizaje por lo general consta de una disposición de bulón articulado fijo en el brazo de arrastre y situado entre el brazo de arrastre y el amortiguador.

Los trenes de aterrizaje de aeronaves por lo general comprenden elementos de medición para proporcionar información para determinar si la aeronave está en tierra o se encuentra todavía en vuelo.

15 En determinados casos, puede ocurrir que, en algunas implementaciones de los trenes de aterrizaje de aeronaves, el conjunto formado por el brazo de arrastre y la disposición de bulón articulado no gira un ángulo hasta un cierto nivel de carga del suelo, cuando la aeronave ha tocado el suelo. Por lo tanto, los elementos de medición no son capaces de medir cualquier rotación del brazo de arrastre, ya que es inexistente, lo que hace que ni micro-interruptores ni sensores de proximidad se puedan utilizar como aparatos de medición válidos en bulones articulados de tren de aterrizaje.

20 Sensores de presión que se encuentra en el interior del amortiguador no se puede utilizar como aparatos de medición válidos, ya sea porque la construcción interna de la estructura mecánica del amortiguador no permite la correcta instalación de sensores de presión tales.

25 De acuerdo con lo que se ha dicho, será conveniente prever bulones articulados con aparatos de medición que sean capaces de determinar con certeza si la aeronave está en tierra o se encuentra todavía en vuelo.

30 La solución se ha encontrado en el uso de medidores de esfuerzos situados en la disposición de bulón articulado. Es conocido en el estado de la técnica, según EP 1147384, la ubicación de los medidores de deformación en los bulones articulados, de tal manera que estos indicadores pueden detectar un esfuerzo cortante constante aplicada en una determinada región de los bulones articulados. Sin embargo, este documento no dice nada acerca de su uso para la indicación del estado sobre el terreno. Además, la ubicación correcta de estos medidores es muy complicado en la práctica, y en este documento se centra en el uso en las pruebas de carga del suelo.

35 Uno de los problemas de los medidores de tensión en las implementaciones en los bulones articulados de trenes de aterrizaje de aeronave, donde el conjunto formado por el brazo de arrastre y el bulón articulado no gira cierto ángulo, hasta un cierto nivel de carga del suelo, incluso cuando la aeronave ha tocado el suelo antes, es que estos indicadores tienen que ser lo suficientemente sensibles como para detectar un nivel de umbral de carga muy bajo en el que la aeronave ya ha tocado el suelo. Por lo tanto, para que funcione correctamente en estos casos, los medidores deben estar localizados de manera que puedan detectar una carga menor: el problema de esto es que los indicadores pueden dar una indicación de que la aeronave está en vuelo, cuando ya ha tocado el suelo.

40 Sin embargo, si los indicadores se encuentran en la disposición de bulón articulado en un lugar en el que se puede detectar cargas más altas, que luego son sometidos a altas presiones, por un período continuado de tiempo, lo que

origina problemas de fatiga fuerte en estos indicadores, por lo tanto, haciendo que los medidores tengan una vida corta. Un problema adicional es que la rotación del brazo de arrastre con respecto a la del amortiguador hace muy variable las condiciones de medición de los indicadores en el bulón.

- 5 Por tanto, es deseable establecer un método para determinar el posicionamiento de los elementos de medición en una disposición de bulón articulado, así como un método para proporcionar una indicación de la condición en tierra de una aeronave, utilizando una disposición de bulón articulado, con el fin para proporcionar una solución adecuada para los problemas antes mencionados.

Resumen de la invención

- 10 La presente invención proporciona un tren de aterrizaje de una aeronave según la reivindicación 1, y métodos según las reivindicaciones 9 y 11.

Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la descripción detallada que sigue en relación con los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

- 15 Figuras 1a y 1b muestran vistas de un tren de aterrizaje de aeronave que incluye una disposición de bulón articulado según la presente invención.

Figuras 2a, 2b y 2c muestran la carga aplicada a la disposición de bulón articulado en un tren de aterrizaje de una aeronave según la presente invención, en diferentes momentos de la progresión del aterrizaje de la aeronave.

La Figura 3 muestra el ángulo óptimo para el posicionamiento de los dispositivos de medición en la disposición de bulón articulado para un tren de aterrizaje de una aeronave según la presente invención.

20 Descripción detallada de modos de realización preferente

- 25 Una realización preferida de esta invención se describirá en relación con un tren de aterrizaje de aeronaves 1 que comprende un brazo de arrastre 2, conectado a al menos una de las ruedas 3 de la aeronave, y un amortiguador 4, que disipa la mayor parte de la energía cinética proveniente de las cargas del suelo cuando la aeronave haya tocado el suelo. El brazo de arrastre 2 del tren de aterrizaje 1 comprende una disposición de bulón articulado 10 fijado al brazo de arrastre 2 y situado entre el brazo de arrastre 2 y el amortiguador 4. El brazo de arrastre 2 es susceptible de girar con respecto al amortiguador 4. Esta disposición de bulón articulado 10 recibe una carga 11 que es el resultado de la carga de tierra que se ha transmitido desde la rueda 3 de la aeronave al amortiguador 4: cuando se mide la magnitud de la carga 11 en la disposición de bulón articulado 10, se puede determinar si la aeronave está o no ya en tierra.

- 30 El mejor lugar para medir la carga que se origina en la carga de tierra y se transmite al amortiguador 4 es la ubicación de la disposición de bulón articulado 10, que está situado entre el brazo de arrastre 2 y el amortiguador 4. En esta ubicación, la carga de tierra se transmite desde la rueda 3 al amortiguador 4, amplificado por un valor no constante, este valor en función del ángulo de rotación 5 del tren de aterrizaje 1, este ángulo 5 es el ángulo adoptado por el brazo de arrastre 2 con respecto a los amortiguadores 4.

- 35 Cuando una sea plica carga de tierra 20 en una o varias de las ruedas 3 aeronave, parte de esta carga 20 se transfiere como carga 11 a la disposición de bulón articulado 10. En una realización preferida de la disposición de bulón articulado 10 en el tren de aterrizaje de la aeronave 1, el brazo de arrastre 2 no gira con respecto al amortiguador 4, por lo tanto, el ángulo 5, adoptado por el brazo de arrastre 2 con respecto al amortiguador 4 tiene un

valor constante, hasta que la carga de tierra 20 alcanza un determinado valor. Cuando esto ocurre, el brazo de arrastre 2 empieza a girar con respecto al amortiguador 4, y la carga 11 que se aplica a la disposición de bulón articulado 10 está entonces, por encima de un valor umbral (valor de la carga 11 en la Figura 2b). Sin embargo, la aeronave ya ha tocado el suelo, incluso cuando la carga de tierra 20 está por debajo de ese valor determinado, y la carga de las 11 de la disposición de rodamientos pin está por debajo de ese valor umbral determinado segundos (valor de la carga 11 en la Figura 2a). Por lo tanto, la carga 11 para ser detectados por la disposición de bulón articulado 10, indicando que la aeronave ya ha tocado el suelo, está por debajo de ese segundo valor umbral de la figura 2b, pero está por encima de un primer valor umbral, que se va a establecer.

La disposición de bulón articulado 10 según la invención comprende al menos dos elementos de medición 12, que efectúan la medición de la carga 11 aplicada a la disposición de bulón articulado 10, en función de la extensión sufrida por dicho elemento de medición de esfuerzo 12. Por lo tanto, según se acaba de mencionar, el elemento de medición de esfuerzo 12 tiene que ser calibrado con el fin de tener una sensibilidad para ser capaz de detectar una carga 11 aplicado sobre la disposición de bulón articulado que es inferior al segundo valor umbral, pero sobre el primer valor umbral, por lo tanto, efectuando una correcta indicación de que la aeronave ya ha tocado el suelo.

El elemento de medición de esfuerzo 12 es un elemento de medición de preferencia una galga de puente, con cuatro o más indicadores que forman puente Wheatstone, pero también puede ser una galga simple, o una combinación de galgas simples con puentes.

En la disposición de bulón articulado 10 de acuerdo con la invención, el elemento de medición de esfuerzo 12 se une en posiciones predeterminadas, estas posiciones están seleccionados de tal manera que el elemento de medición de esfuerzo 12 está, para cualquier valor del ángulo 5 adoptado por el brazo de arrastre 2 con respecto al amortiguador 4, siempre por debajo de un valor máximo de tensión de trabajo en el área de acción de dicho elemento de medición de esfuerzo 12. En una realización preferida de la invención, dicho valor máximo es tal que la resistencia a la fatiga del elemento de medición de esfuerzo 12 es mayor que la vida útil de la aeronave. En otra realización preferida, este valor máximo es tal que la resistencia a la fatiga del elemento de medición de esfuerzo 12 es superior a cinco veces la vida útil de la aeronave: la definición de cinco veces se realiza de acuerdo con los reglamentos US FAR. La vida útil de una aeronave debe ser de al menos 10.000 vuelos (estándar actual de aeronaves militares), que impone al menos 10 millones (10^7) ciclos de medición del elemento de medición de esfuerzo 12, que a veces pueden llegar hasta los 80 millones ($8 \cdot 10^7$) de ciclos de medición.

Una vez que el brazo de arrastre 2 ha comenzado a girar respecto a los amortiguadores 4, la magnitud de la carga 11 en la disposición de bulón articulado 10 comienza a aumentar ya que el ángulo 5, que se mantuvo constante, inicia el descenso: las figuras 2a, 2b y 2c muestran esta tendencia. En este caso, el elemento de medición de esfuerzo 12 en la disposición de bulón articulado está sometido a un valor más alto de la carga 11, que aumenta a medida que el ángulo de rotación 5 disminuye. Debido a las limitaciones de fatiga en el elemento de medición de esfuerzo 12, el valor máximo de la carga aplicada 11 de la disposición de bulón articulado 10 tiene que ser limitado, a fin de proporcionar el elemento de medición de esfuerzo 12 con una vida más larga.

Los elementos de medición de esfuerzo 12 tienen que ser fiables y operativos a lo largo de la vida completa de la aeronave, que suele ser calculada para 30 años. El elemento de medición de esfuerzo 12 tiene que trabajar en condiciones de trabajo muy críticas, asegurando sin fallas en las cargas límite, y la obtención de un mínimo de sensibilidad, por lo general de 0,3 mv/V/90KN, cuando las cargas estáticas 11 se aplican a la disposición de bulón articulado 10. En cuanto a cargas de fatiga en el elemento de medición de esfuerzo 12, debe estar seguro de que el elemento 12 no tiene ningún tipo de fallo debido a cargas de fatiga, en la vida total de la aeronave. Por otra parte, el elemento 12 tiene que ser capaz de trabajar en las condiciones de temperatura crítica, que van desde -54°C a $+80^{\circ} \text{C}$.

De acuerdo con la invención, el número de elementos de medición de esfuerzo 12 es de al menos dos, estos elementos 12 estando espaciados circunferencialmente unos de otros por lo menos 90° en la disposición de bulón articulado 10. Otra realización preferida localiza el elemento de medición de esfuerzo 12 aproximadamente diametralmente opuestos con respecto al eje 14 de la disposición de bulón articulado 10.

La señal dada por el elemento de medición de esfuerzo 12 se utiliza, sola o en combinación con otras señales, para proporcionar una indicación de la condición en tierra de una aeronave que cuenta con una disposición de bulón articulado 10 como el descrito en la invención, o una indicación de la condición durante el vuelo de dicha aeronave.

5 La presente invención también describe un método para proporcionar una indicación del estado en tierra de una aeronave, utilizando una disposición de bulón articulado 10, que conecta giratoriamente un brazo de arrastre 2, conectado a al menos una de las ruedas 3 de la aeronave, y un amortiguador 4, conectado a la aeronave, según el cual la carga 11 se transfiere del brazo de arrastre 2 al amortiguador 4. Este método comprende las siguientes etapas:

10 a) obtener una señal de al menos dos elementos de medición de esfuerzo 12 unidos a la disposición de bulón articulado 10 en posiciones predeterminadas, y

b) la utilización de dicha señal, para entrar, solo o en combinación, con otras señales, para proporcionar una indicación de la condición de tierra, o de la condición de vuelo de dichas aeronaves.

El paso a) del método que se describe de acuerdo con la invención también comprende las etapas de:

15 a1) la obtención de una señal del tipo resistencia de al menos dos elementos de medición de esfuerzo 12 unidos a la disposición de bulón articulado 10 en posiciones predeterminadas, y

a2) acondicionamiento y tratamiento de la señal del tipo resistivo en una señal de tipo inductivo, capaz de ser comprendida y utilizada por los sistemas de las aeronaves existentes.

20 Por otra parte, la invención describe un método para la determinación de las posiciones de al menos dos elementos de medición de esfuerzo 12 en la disposición de bulón articulado 10 de trenes de aterrizaje 1 de aeronaves, este método comprende las siguientes etapas:

a) determinar un valor mínimo detectable de la señal que se da por el elemento de medición de esfuerzo 12, que es confiable, este valor correspondiente al primer valor umbral de la carga 11 en la disposición de bulón articulado 10;

25 b) la determinación de una tensión máxima de trabajo del elemento de medición de esfuerzo 12, de manera que la resistencia a la fatiga del elemento de medición de esfuerzo 12 es mayor que la vida útil de la aeronave, y

c) el cálculo y / o ensayos para cada posición del elemento de medición de esfuerzo 12, y en todo el rango de los vectores, en el módulo y dirección, de las cargas 11 transferidas por la disposición de bulón articulado 10, con el fin de determinar el rango óptimo de posiciones del elemento de medición de esfuerzo 12 que dan valores por encima de a) pero por debajo de b).

30 De preferencia, el rango óptimo en el paso c) se obtiene por modelos computacionales, medidas experimentales, o combinaciones de ellos.

35 Como resultado de lo mencionado, en la invención que comprende al menos dos elementos de medición de esfuerzo 12, la posición óptima de los elementos de medición de esfuerzo 12 en la disposición de bulón articulado 10 se obtiene: los elementos de medición de esfuerzo 12 situados de forma óptima en un área 15 de la disposición de bulón articulado 10, que preferentemente formará un ángulo 13 con respecto al eje 14 del bulón articulado 10, de manera que los elementos de medición de esfuerzo 12 se encuentran en posiciones diametralmente opuestas aproximadamente con respecto a dicho eje 14 (Figura 3), este ángulo 13 se mide con respecto a la dirección de

carga que entra en el amortiguador 4. El posicionamiento del elemento de medición de esfuerzo 12 es que están espaciados circunferencialmente entre sí por lo menos 90° , en la disposición de bulón articulado 10.

5 El ángulo de 13 que ofrece la ubicación óptima de los elementos de medición de esfuerzo 12 en la disposición de bulón articulado 10 está determinado tanto por el análisis de elementos finitos y resultados de las pruebas, a fin de cumplir con las consideraciones y requisitos que se mencionan para los elementos de medición de esfuerzo 12.

En una realización preferida de la invención, el ángulo 13 para el posicionamiento de los elementos de medición de esfuerzo 12 está comprendido entre los valores de 10° y 25° . Mas preferiblemente, el valor del ángulo 13 es de 20° .

Como ya se mencionó, las principales consideraciones que deben tenerse en cuenta en el cálculo de la ubicación del elemento de medición de esfuerzo 12 en la disposición de bulón articulado 10 son las siguientes:

10 - La carga 11 que actúa sobre la disposición de bulón articulado 10 crea áreas que tienen una tensión muy alta, siendo los elementos 12 que normalmente se encuentra en dichas zonas, ya que pueden proporcionar una medida más fiable, porque el material del bulón articulado 10 tiene un alto límite de elasticidad, y el diseño de los bulones articulados 10 se hace de tal manera que estos bulones articulados 10 trabajan con altos niveles de esfuerzo;

15 - A estos valores de trabajo de alto esfuerzo, la ubicación de los elementos de medición de esfuerzo 12 no es obvia, ya que los elementos de medición de esfuerzo 12 podría fallar después de un número muy pequeño de los aterrizajes de la aeronave si están trabajando fuera de su rango operativo de fatiga, por lo general de 350 a 400 MPa, para una probabilidad de al menos 10^{-7} ;

20 - La ubicación de los elementos de medición de esfuerzo 12 tiene que proporcionar la señal detectable en el nivel de carga y el ángulo de detección deseada, pero esta señal no puede disminuir cuando la carga 11 aplicada sobre la disposición de bulón articulado 10 gira alrededor del eje 14, y

- Teniendo en cuenta los valores de trabajo de alto esfuerzo de los elementos de medición de esfuerzo 12, tienen que tener las dimensiones adecuadas para la longitud existente axial de la disposición de bulón articulado 10 para ser integrado de forma correcta.

25 Aunque la presente invención ha sido completamente descrita en relación con realizaciones preferidas, es evidente que pueden introducirse modificaciones en el ámbito de aplicación de la misma, no considerando que ésta está limitada por estas realizaciones, sino por el contenido de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1.- Tren de aterrizaje de aeronave (1), que comprende:

- un brazo de arrastre (2) conectable a al menos una rueda (3) de aeronave,
- un amortiguador (4) conectable a la aeronave, el brazo de arrastre (2) siendo rotativo con respecto al amortiguador (4) y donde la carga (11) se transfiere desde el brazo de arrastre (2) al amortiguador (4), y
- una disposición de bulón articulado (10) que tiene un eje (14) para la medición de cargas en el tren de aterrizaje de aeronave (1), estando fijado al brazo de arrastre (2) y localizado entre el brazo de arrastre (2) y el amortiguador (4),

5

10

15

caracterizado por que la disposición de bulón articulado (10) comprende al menos dos elementos de medición de esfuerzo (12) unidos al bulón articulado (10) en posiciones predeterminadas, posiciones circunferencialmente espaciadas unas de otras respecto a dicho eje (14) por lo menos 90º, estando estas posiciones seleccionados de tal manera que el elemento de medición de esfuerzo (12) proporciona al menos una señal mínima detectable cuando la carga (11) transferida está por encima de un primer valor umbral, para cualquier valor del ángulo (5) adoptado por el brazo de arrastre (2) con respecto al amortiguador (4).

2.- Tren de aterrizaje de aeronave (1), según la reivindicación 1, donde las posiciones predeterminadas son seleccionados de tal manera que los elementos de medición de esfuerzo (12) son, para cualquier valor del ángulo (5) adoptado por el brazo de arrastre (2) con respecto al amortiguador (4), siempre por debajo de un valor máximo de tensión de trabajo en el rango operativo de tales elementos de medición de esfuerzo (12).

3.- Tren de aterrizaje de aeronave (1), según la reivindicación 2, caracterizado por que el máximo valor es tal que la resistencia a la fatiga de los elementos de medición de esfuerzo (12) es mayor que la vida útil de una aeronave.

4.- Tren de aterrizaje de aeronave (1), según la reivindicación 1, caracterizado por que las posiciones predeterminadas son aproximadamente diametralmente opuestas con respecto al eje (14) de la disposición de bulón articulado (10).

5.- Tren de aterrizaje de aeronave (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que cada elemento de medición de esfuerzo (12) es una galga extensiométrica o un puente de galgas extensiométricas.

6.- Tren de aterrizaje de aeronaves (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el brazo de arrastre (2) empieza a girar con respecto a los amortiguadores (4) cuando la carga (11) en el brazo de arrastre (2) es mayor de un segundo valor umbral.

7.- Tren de aterrizaje de aeronaves (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las señales dadas por los elementos de medición de esfuerzo (12) se utilizan para, sola o en combinación con otras señales, proporcionar una indicación de condición sobre el terreno de la aeronave, o una indicación de la condición de en vuelo de la aeronave.

8.- Aeronave que incluye un tren de aterrizaje (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

9.- Método para proporcionar una indicación del estado en tierra de una aeronave, utilizando una disposición de bulón articulado (10) que tiene un eje (14) giratoriamente conectado a un brazo de arrastre (2), conectado al menos a una de las ruedas de la aeronave (3), y un amortiguador (4), conectado a la aeronave, según el cual la carga (11) se transfiere desde el brazo de arrastre (2) al amortiguador (4), método que comprende los pasos:

5 a) obtener una señal de al menos dos elementos de medición de esfuerzo (12) unidos a la disposición de bulón articulado (10) en posiciones predeterminadas espaciadas circunferencialmente entre sí respecto a dicho eje (14) al menos 90° en la disposición de bulón articulado (10); y

b) utilizar esa señal para, sola o en combinación con otras señales, proporcionar una indicación de la condición sobre el terreno de la aeronave, o una indicación de la condición de en vuelo de la aeronave.

10 10. Método según la reivindicación 9, caracterizado por que cada elemento de medición de esfuerzo es una galga extensiométrica, o un puente de galgas extensiométricas, o una combinación de galgas individuales con puentes, y el paso a) comprende los pasos:

a1) obtención de una señal del tipo resistiva de al menos los dos elementos de medición de esfuerzos (12) adjuntos a la disposición de bulón articulado (10) en las posiciones predeterminadas, y

15 a2) acondicionamiento y tratamiento de la señal del tipo resistivo en una señal de tipo inductivo, capaz de ser comprendida y utilizada por los sistemas existentes de las aeronaves.

11. Método para determinar el posicionamiento de los elementos de medición de esfuerzo (12) en una disposición de bulón articulado (10) de un tren de aterrizaje (1) de una aeronave según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, este método comprende los pasos:

20 a) determinar un valor mínimo detectable de la señal dada por los elementos de medición de esfuerzo (12), que sea fiable, siendo este valor correspondiente al valor de primer umbral de la carga (11) en la disposición de bulón articulado (10);

b) determinar una tensión máxima de trabajo para los elementos de medición de esfuerzo (12), de manera que la resistencia a la fatiga del elemento de medición de esfuerzo (12) es mayor que la vida útil de la aeronave, y

25 c) cálculo y / o ensayos para cada posición de los elementos de medición de esfuerzo (12), y en todo el rango de los vectores, en módulo y dirección, de las cargas (11) transferidos por la disposición de bulón articulado (10), para determinar el rango óptimo de posiciones de los elementos de medición de esfuerzo (12) que dan valores de más de a), pero menos de b).

30 12. Método según la reivindicación 11, caracterizado porque el rango óptimo en el paso c) se obtiene por modelos computacionales, medidas experimentales, o combinaciones de ellos.

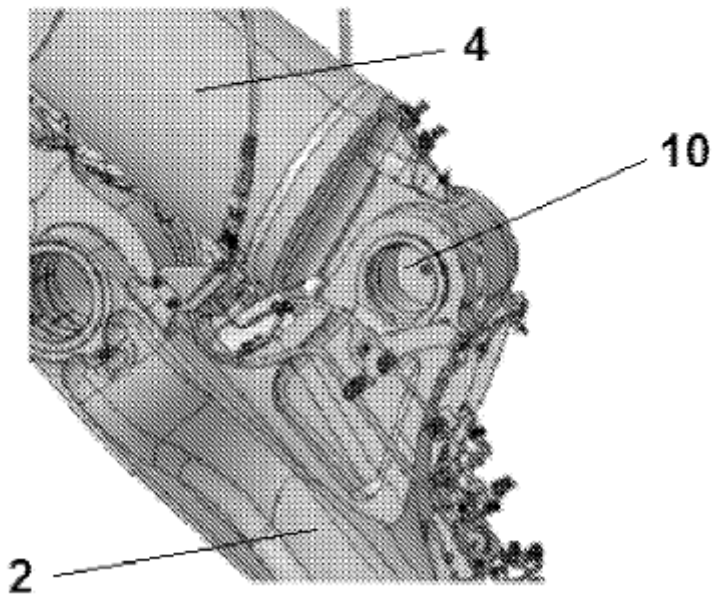
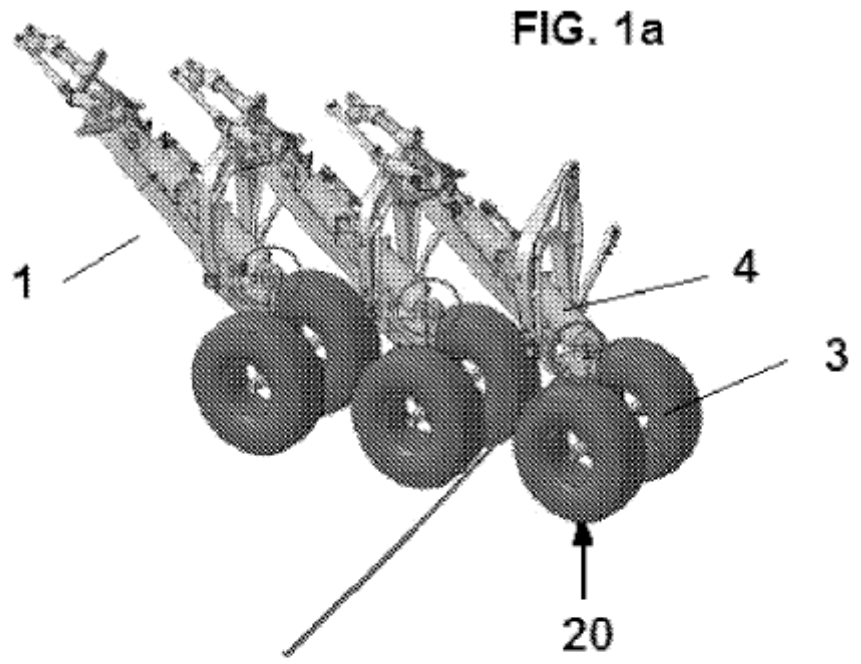


FIG. 1b

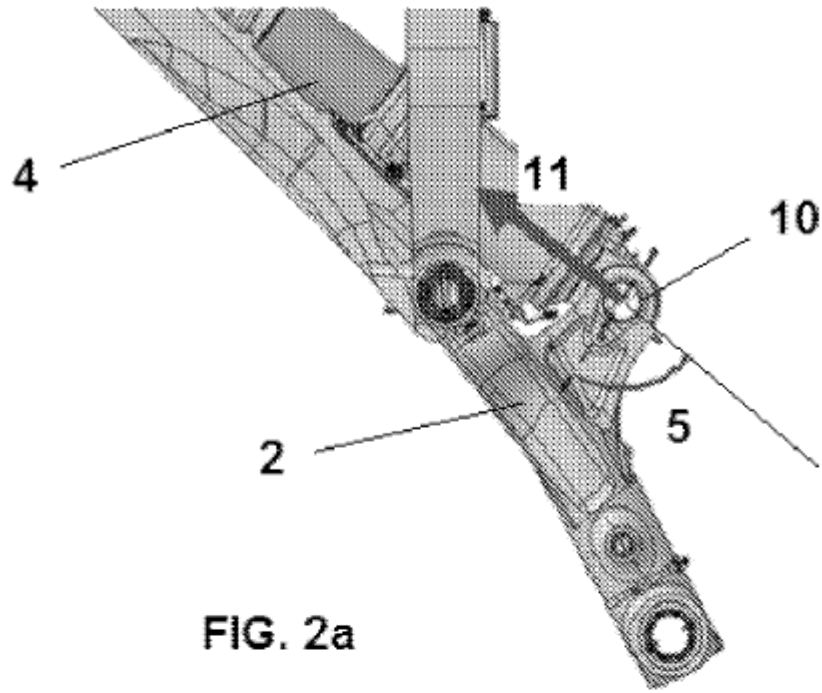


FIG. 2a

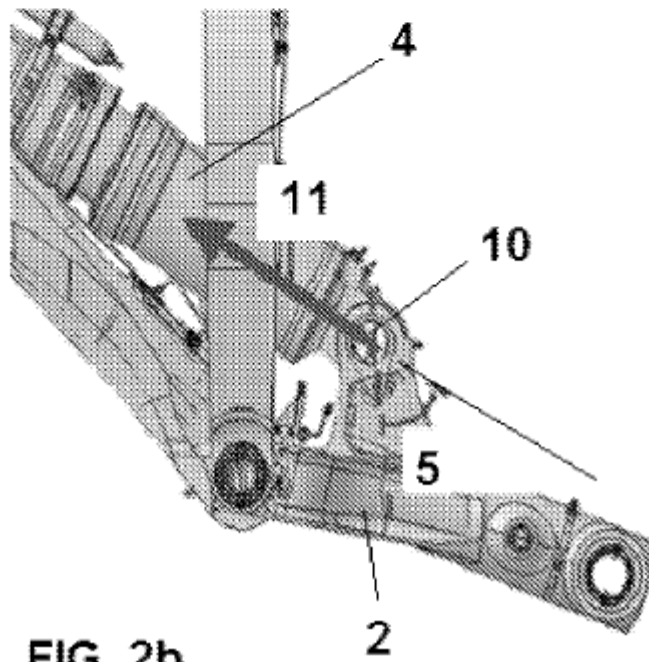


FIG. 2b

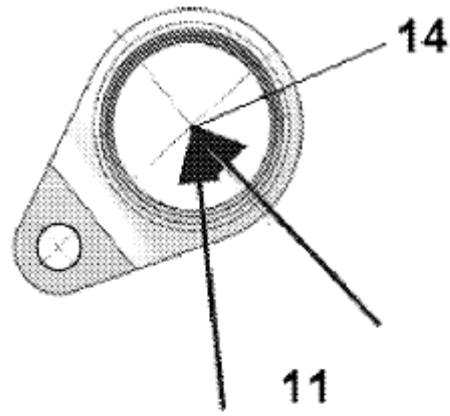


FIG. 2c

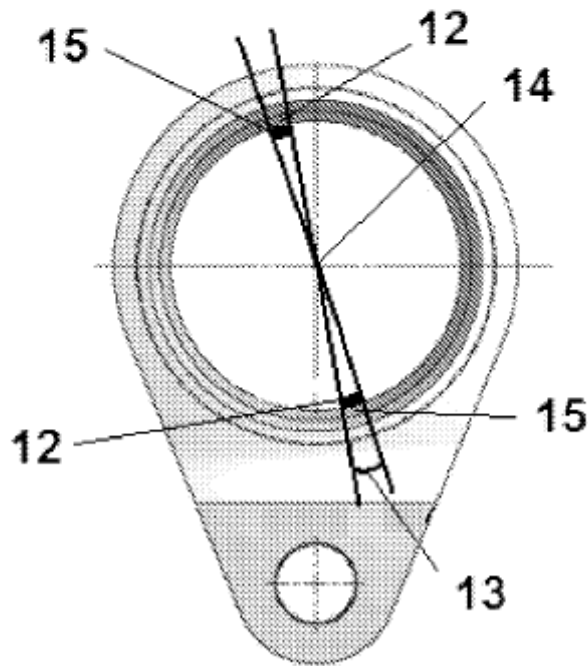


FIG. 3