

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 329**

51 Int. Cl.:

F16F 3/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.10.2014 PCT/FR2014/052702**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.05.2015 WO15063397**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2014 E 14825375 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.10.2017 EP 3063429**

54 Título: **Módulo de aislamiento de vibraciones con efectos no lineales disminuidos**

30 Prioridad:

31.10.2013 FR 1360667

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

20.12.2017

73 Titular/es:

**AIRBUS DEFENCE AND SPACE SAS (100.0%)
51-61 Route de Verneuil
78130 Les Mureaux, FR**

72 Inventor/es:

**CAMARASA, PATRICK y
DHIEUX, EMMANUEL**

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 647 329 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

Módulo de aislamiento de vibraciones con efectos no lineales disminuidos

5 Sector de la técnica

La invención se refiere a un módulo de aislamiento destinado a montarse en un dispositivo que genera vibraciones y una estructura a aislar. Más particularmente, la invención se refiere a un módulo de aislamiento de ese tipo destinado a montarse entre un lanzador de satélite y un satélite. El término aislamiento debe comprenderse en el sentido de al menos una reducción de la amplitud de las vibraciones por el módulo entre la fuente de vibraciones por un lado, es decir el dispositivo que genera unas vibraciones, y la estructura a aislar por otro lado. De ese modo, en ciertos casos, el módulo de aislamiento debe permitir igualmente atenuar choques.

15 Estado de la técnica

En el campo de los satélites, el aislamiento entre el satélite y el lanzador reviste una importancia fundamental. Así, con el fin de evitar que las vibraciones generadas por el lanzador se transmitan a la estructura del satélite y por ella a los equipos transportados por el satélite, es conocida la colocación de unos medios de aislamiento entre el satélite y el lanzador. Los medios de aislamiento deben poder ser eficaces en una amplia gama de frecuencias y presentar una resistencia mecánica suficiente para asegurar la fijación y la buena resistencia mecánica del satélite sobre el lanzador.

Más precisamente, el lanzador comprende un anillo de interfaz con el satélite y el satélite comprende un anillo de interfaz con el lanzador. Los anillos de interfaz se unen entre sí mediante unos medios de aislamiento, por ejemplo unos módulos de aislamiento.

Es conocido el empleo de unos medios de aislamiento que incluyen unos elementos en material viscoelástico.

Sin embargo, un problema frecuentemente encontrado es el comportamiento no lineal de los medios de aislamiento debido en particular a la naturaleza viscoelástica del material empleado. Ahora bien, la no linealidad limita el poder de predicción del comportamiento de los medios de aislamiento. Así, unos cambios de tamaño, de peso y de geometría del lanzador y del satélite necesitan revisar la concepción de los medios de aislamiento: esta se pone a punto caso por caso. Además, eventos imprevistos que generen vibraciones y choques durante la fase de lanzamiento del satélite pueden tener efectos negativos sobre el control del lanzador y del satélite debido en parte al comportamiento imprevisible de los medios de aislamiento.

En consecuencia, está limitado el empleo de elementos de material viscoelástico en el campo particular de los satélites.

Se han propuesto por tanto nuevas concepciones de medios de aislamiento que disminuyan el comportamiento no lineal con el fin de obtener unos medios de aislamiento eficaces para diferentes tipos de lanzadores y de satélites y cuyo comportamiento sea previsible.

El documento US 6.199.801 describe un ejemplo de un dispositivo de aislamiento, en la forma de un módulo. Se coloca una pluralidad de módulos entre el lanzador y el satélite para asegurar su conexión. Un módulo se comporta como un resorte en una dirección vertical, pero es relativamente rígido en las direcciones laterales. Por ejemplo, un módulo se presenta en la forma de dos vigas metálicas, aplicándose una capa amortiguadora de material viscoelástico en cada viga. Las dos vigas se unen entre sí mediante unas partes verticales metálicas. De ese modo, haciendo pasar las fuerzas por las partes verticales metálicas de gran rigidez, los módulos ganarían en linealidad. Las capas de material viscoelástico tienen un papel auxiliar, y no son requeridas para absorber las vibraciones más que en caso de grandes deformaciones de las vigas.

Sin embargo, un módulo de ese tipo se revela de una gran rigidez en las direcciones laterales, haciéndole insuficiente para asegurar un aislamiento lateral.

El documento US 7.249.756 se interesa igualmente por los problemas de no linealidad de los módulos de aislamiento. Propone hacer eficaz un módulo de aislamiento en todas las direcciones. Con este fin, el módulo comprende una parte central de flexión y dos bucles de flexión simétricos con relación a la parte central. En cada cara de cada bucle, se aplica sucesivamente una capa de un material viscoelástico y una capa rígida, de metal. La parte central comprende de hecho dos secciones superpuestas, que pueden desplazarse relativamente entre sí tanto longitudinal como lateralmente. Estos desplazamientos se repercuten en los bucles, y más precisamente en las capas de material viscoelástico, que se deforman en cizallamiento a causa de las capas rígidas.

El empleo de piezas metálicas permite disminuir los problemas ligados a los comportamientos no lineales. Sin embargo, igual que anteriormente, la flexibilidad lateral es muy reducida, en cualquier caso demasiado reducida para proporcionar un aislamiento lateral adecuado.

Además, un módulo de ese tipo constituido por un apilado de capas se revela que es una estructura compleja. Los costes se incrementan. Además, una estructura de ese tipo es voluminosa y pesada, lo que es ampliamente indeseable en el campo de los satélites en los que el volumen y el peso deben ser mínimos. Además, el empleo de
 5 unas capas metálicas implica necesariamente el empleo de capas de material viscoelástico para aportar la amortiguación, introduciendo necesariamente la no linealidad.

El documento FR2895052, considerado como la técnica anterior más pertinente, describe un módulo según el preámbulo de la reivindicación 1.

10 Existe una necesidad de un nuevo módulo de aislamiento que aporte principalmente una solución a los inconvenientes antes citados.

Objeto de la invención

15 De ese modo, un primer objeto de la invención es proponer un nuevo módulo de aislamiento cuyos comportamientos no lineales se disminuyan.

20 Un segundo objeto de la invención es proponer un nuevo módulo de aislamiento que conserve unas dimensiones y peso aceptables para una aplicación en el campo de los satélites.

Un tercer objeto de la invención es proponer un nuevo módulo de aislamiento que tenga una buena resistencia mecánica.

25 Un cuarto objeto de la invención es proponer un nuevo módulo de aislamiento cuyo comportamiento sea fácil de predecir.

30 Un primer aspecto de la invención es proponer un módulo de aislamiento entre un dispositivo generador de vibraciones, tal como un lanzador para satélite, y una estructura a aislar, tal como la estructura portadora de un satélite. El módulo comprende:

- al menos dos piezas de fijación destinadas a fijarse respectivamente al dispositivo generador de vibraciones y a la estructura a aislar,
- unos medios de enlace de material elastomérico interpuestos entre las dos piezas de fijación, que permitan al
 35 menos un grado de libertad en traslación según un eje (X) longitudinal entre las dos piezas de fijación.

40 Una primera pieza de fijación, denominada marco, comprende al menos dos ramas radiales paralelas, a distancia entre sí según el eje longitudinal. La segunda pieza de fijación, denominada soporte, comprende al menos una rama radial que se extiende entre las dos ramas del marco. Las dos ramas radiales del marco son simétricas entre sí con relación a un plano perpendicular al eje longitudinal.

45 Los medios de enlace en material elastomérico comprenden al menos un par de pastillas en elastómero idénticas, en las que cada pastilla se extiende según el eje longitudinal entre un primer extremo y un segundo extremo. De ese modo, una primera pastilla tiene su primer extremo apoyado sobre una primera rama radial del marco y su segundo extremo apoyado sobre la rama radial del soporte. La segunda pastilla tiene su primer extremo apoyado sobre la segunda rama radial del marco y el segundo extremo apoyado sobre la rama radial del soporte. Las dos pastillas del par se montan así en paralelo entre el marco y el soporte y son activas según el eje longitudinal en unos sentidos opuestos, de manera que cuando una pastilla trabaja a tracción, la otra pastilla del par trabaja a compresión e inversamente.

50 De donde resulta que la rigidez del módulo es simétrica según que una fuerza que se le aplique según el eje longitudinal esté orientada en una dirección o su opuesta.

55 El módulo presenta entonces un comportamiento simétrico, que permite disminuir la no linealidad, eventualmente con la ayuda de disposiciones suplementarias.

Cada pastilla se dimensiona entonces de manera que la superficie de contacto de un extremo en contacto con una rama y la superficie libre de contacto respeten la relación:

$$\frac{S_1}{S_2} \leq 3 .$$

60 Ventajosamente, el conjunto formado por las dos piezas de fijación en paralelo presenta una rigidez relativa comprendida entre el 5 % y el 30 % de la rigidez total del módulo.

La rigidez relativa puede aportarse por una sola de las dos piezas de fijación, considerándose la otra pieza de fijación infinitamente rígida.

5 Además de disminuir el comportamiento no lineal, se asegura una buena resistencia mecánica eligiendo la rigidez relativa comprendida entre el 20 % y el 30 % de la rigidez total del módulo.

Preferentemente, el módulo comprende una pluralidad de pares de pastillas en elastómero.

10 Cada pieza de fijación comprende una superficie de fijación, adecuada para estar en contacto directa o indirectamente con uno u otro de entre el dispositivo generador de vibraciones y la estructura a aislar, siendo la superficie de fijación del marco paralela a la superficie de fijación del soporte.

15 Las superficies de fijación de las dos piezas de fijación pueden ser perpendiculares a un eje de fijación paralelo al eje longitudinal. Como variante, las superficies de fijación de las dos piezas de fijación son perpendiculares a un eje de fijación inclinado con relación al eje longitudinal. El ángulo de inclinación del eje de fijación con relación al eje longitudinal es por ejemplo de 40°.

20 Preferentemente, el lugar de fijación del marco sobre uno u otro de entre el dispositivo generador de vibraciones y la estructura a aislar y el lugar de fijación del soporte sobre uno u otro de entre la estructura aislar y el dispositivo generador de vibraciones están alineados según el eje longitudinal. Por ejemplo, la superficie de fijación comprende unas perforaciones cuyos ejes están alineados.

El marco y el soporte pueden presentar cada uno un plano de simetría longitudinal perpendicular al eje (Y) radial.

25 Según un modo de realización, el marco comprende dos ramas superiores en prolongación continua una de la otra y dos ramas inferiores, en prolongación continua una de la otra. El marco comprende además una rama longitudinal que se extiende en el plano de simetría longitudinal, formando el marco una H. El soporte comprende dos ramas medias alineadas, extendiéndose una hacia la otra sin unirse, formando el soporte una C. Cada una de las ramas medias se extiende entre dos ramas del marco.

30 Según otro modo de realización, el marco comprende dos ramas inferiores en prolongación continua una de la otra y dos ramas superiores en prolongación continua una de la otra, extendiéndose de un lado y otro de las dos ramas longitudinales. Las dos ramas inferiores presentan una abertura. El soporte presenta una forma de T, y comprende dos ramas medias que se extienden de un lado y otro de una rama longitudinal central que pasa por la abertura del marco, de manera que las ramas medias se extienden entre las ramas del marco.

35 Según un segundo aspecto, la invención propone una aplicación de un módulo de aislamiento tal como se ha presentado anteriormente, en el que el dispositivo generador de vibraciones es un lanzador para satélite artificial y la estructura a aislar es la estructura portadora de un satélite artificial.

40 Por ejemplo, el lanzador de satélite comprende un anillo circular de interfaz con el lanzador y en el que la estructura portadora comprende un anillo circular de interfaz con el satélite. Se monta una pluralidad de módulos de aislamiento entre los anillos de interfaz. El marco de cada módulo se fija rígidamente respectivamente sobre uno u otro del anillo de interfaz con el lanzador o del anillo de interfaz con el satélite y el soporte de cada módulo se fija rígidamente respectivamente sobre uno u otro del anillo de interfaz con el satélite o el anillo de interfaz con el lanzador. Cada módulo se dispone de manera que su eje longitudinal sea paralelo al eje longitudinal de los otros módulos.

50 Descripción de las figuras

Por supuesto, surgirán otras ventajas y características de la invención con el examen de la descripción detallada de ejemplos posibles de realización, presentados a continuación, y de las figuras adjuntas al presente documento en las que:

55 La figura 1 es una vista lateral de un módulo de aislamiento representado esquemáticamente, según un modo de realización,

La figura 2 es una vista tridimensional de un módulo de aislamiento según un segundo modo de realización,

60 La figura 3 es una vista lateral del módulo de la figura 2,

La figura 4 es una vista desde arriba del módulo de la figura 2,

65 La figura 5 es un diagrama que ilustra, para dos módulos cuyas características son diferentes, la evolución de las deformaciones en función,

La figura 6 es una vista tridimensional de un módulo de aislamiento según un tercer modo de realización, omitiéndose las pastillas de elastómeros,

5 Las figuras 7 y 8 son unas vistas laterales de un módulo de aislamiento no de acuerdo con la invención, respectivamente en dos estados de limitaciones diferentes,

La figura 9 es un diagrama relativo a la rigidez del módulo de las figuras 7 y 8 en función de la deformación de las pastillas,

10 Las figuras 10 y 11 son similares a las de las figuras 7 y 8 para el módulo de aislamiento de la figura 2,

La figura 12 es un diagrama similar al de la figura 10 para el módulo de las figuras 7 y 8,

La figura 13 ilustra una variante de la pastilla de la figura 2,

15 La figura 14 ilustra un montaje que comprende dos anillos circulares de interfaz entre los que se monta una pluralidad de módulos de la figura 13,

La figura 15 es una vista de detalle de la figura 14.

20 Descripción detallada de la invención

La figura 1 representa, de manera esquemática, un módulo **1** de aislamiento simplificado, previsto para su montaje entre un dispositivo generador de vibraciones, y una estructura a aislar. Por ejemplo, el módulo puede montarse en la interfaz entre un anillo **2** de la interfaz con el satélite, fijado al lanzador, y un anillo de interfaz **3** con el lanzador, fijado al satélite.

30 El módulo 1 de aislamiento comprende al menos dos piezas **4**, **5**, de fijación destinadas a fijarse, directa o indirectamente por medio de los anillos 2, 3 de interfaz, respectivamente al dispositivo generador de vibraciones y a la estructura a aislar. Se interponen unos medios **6** de enlace de material elastomérico entre las dos piezas 4, 5 de fijación, y permiten al menos un grado de libertad en traslación según un eje **X** longitudinal entre las dos piezas 4, 5 de fijación.

35 De manera general, una primera pieza 4 se denomina marco, y comprende al menos dos ramas **7**, **8** radiales, es decir que se extienden paralelamente a un eje **Y** radial del módulo 1. Las dos ramas 7, 8 radiales del marco 4 están a distancia entre sí según el eje X longitudinal.

40 Con finalidades de simplificación, pero sin que esto induzca ninguna limitación, una primera rama 7 del marco 4 se denomina inferior y la segunda rama 8 se denomina superior, con referencia a la orientación natural de las figuras 1 a 8, en las que el eje X es el eje vertical y el eje Y es un eje horizontal.

En lo que sigue, el adjetivo "longitudinal" se refiere a cualquier dirección paralela al eje X longitudinal y el adjetivo "radial" se refiere a cualquier dirección paralela al eje Y radial.

45 La segunda pieza 5 se denomina soporte, y comprende al menos una rama **9**, denominada media, que se extiende entre las dos ramas 7, 8 del marco 4. Así, en un plano paralelo a los ejes X e Y, tal como el de la figura 1, se encuentra sucesivamente la rama 7 inferior del marco 4, la rama 9 media del soporte 5 y la rama 8 superior del marco 4.

50 El marco 4 y el soporte 5 pueden realizarse en cualquier material metálico o de aleación, por ejemplo de aluminio, de acero o de titanio, pero también en materiales compuestos tales como carbono o kevlar. El marco 4 puede realizarse en un material diferente del soporte 5.

55 Las dos ramas 7, 8 radiales del marco 4 son tales que son simétricas entre sí con relación a un plano **P** medio perpendicular al eje X longitudinal, extendiéndose la rama 9 media del soporte 5 en este plano cuando el módulo 1 está en reposo, es decir cuando no está sometido a ninguna limitación. De ese modo, las ramas 7, 8 radiales del marco 4 son simétricas en rigidez, en deformación a tracción y a compresión. Más precisamente, como se explica más adelante, es decir cuando el módulo 1 está sometido a una fuerza según el eje X longitudinal, en una dirección o en otra, las dos ramas 7, 8 se solicitan de manera simétrica a sí mismas: una rama 7, 8 flexiona en una dirección cuando se aplica sobre el módulo una fuerza en una primera dirección según el eje X longitudinal, y flexiona en la dirección opuesta, de manera simétrica, cuando se aplica al módulo 1 una fuerza en la otra dirección según el eje X longitudinal.

65 Las dos ramas 7, 8 radiales del marco 4 se unen mediante una rama **10** longitudinal. Cada una de las dos ramas 7, 8 radiales presenta entonces un extremo, respectivamente 7a, 8a libre y un extremo, respectivamente 7b, 8b, encastrado en la rama 10 longitudinal. Los extremos 7a, 8a libres se disponen simétricamente relativamente entre sí según el plano P medio y los extremos 7b, 8b encastrados se disponen simétricamente relativamente entre sí según

el mismo plano P medio.

Cada pieza, respectivamente 4, 5 de fijación presenta una superficie, respectivamente **11, 12**, de fijación. Por ejemplo, la superficie 11 de fijación del marco 4 tiene como misión aplicarse contra una cara del anillo 3 de interfaz con el lanzador, fijado al satélite, y la superficie 12 de fijación del soporte 5 tiene como misión aplicarse contra una cara del anillo 2 de interfaz con el satélite, fijado al lanzador. Por ejemplo, las piezas 4, 5 se fijan por medio de tornillería insertada a través de la superficie 11, 12 de fijación, y repartida regularmente sobre la superficie 11, 12 de fijación. Las superficies 11, 12 de fijación son perpendiculares al mismo eje de fijación, que puede confundirse, como en el ejemplo de la figura 1, con el eje X longitudinal.

Los medios 6 de enlace de material elastomérico comprenden al menos un par de pastillas **13, 14** de elastómero, y que son idénticas, es decir que cada pastilla 13, 14 presenta la misma rigidez a tracción y la misma rigidez a compresión. Preferentemente, la altura de las pastillas 13, 14, es decir su dimensión según el eje X longitudinal, es igual cuando el módulo 1 no está solicitado.

Cada pastilla, respectivamente 13, 14 se extiende según el eje X longitudinal entre un primer extremo, respectivamente **15, 16**, y un segundo extremo respectivamente **17, 18**. Una primera pastilla 13 tiene su primer extremo 15 fijado rígidamente a la rama 7 inferior del marco 4 y su segundo extremo 17 fijado rígidamente a la rama 9 media del soporte 5. De manera simétrica, la segunda pastilla 14 tiene el primer extremo 16 fijado rígidamente a la rama 8 superior del marco 4 y el segundo extremo 18 fijado rígidamente a la rama 9 media del soporte 5. Las pastillas 13, 14 se montan así en paralelo entre el marco 4 y el soporte 5 y son activas según el eje X longitudinal en unos sentidos opuestos. En otros términos, cuando una pastilla 13, 14 trabaja a tracción, la otra pastilla 14, 13 del par trabaja a compresión, e inversamente. Preferentemente, las pastillas 13, 14 del par están alineadas entre sí en la dirección longitudinal.

Según el ejemplo de la figura 1, las dos piezas 4, 5 son sustancialmente idénticas, en forma de C. El soporte 5 comprende entonces una segunda rama **19** radial, denominada tope, y que se extiende enfrente de la rama 7 inferior del marco 4, a una distancia según el eje X longitudinal, preferentemente inferior a la altura de las pastillas 13, 14. Igualmente que para el marco 4, las ramas, respectivamente 9, 19, radiales del soporte 5 presentan un extremo, respectivamente 9a, 19a, libre y un extremo, respectivamente 9b, 19b, encastrado en una rama **20** longitudinal. La superficie 11 de fijación del marco 4 sobresale sobre la rama 8 superior, y la superficie 12 de fijación del soporte 5 sobresale sobre la segunda rama 19 radial. Las dos superficies 11, 12 de fijación se sitúan cada una en la prolongación de la rama 10 longitudinal del marco 4. El tope 19 del soporte 5 no está en contacto con las pastillas, sino que puede llegar a hacer contacto con la rama 7 inferior del marco 4, por ejemplo en caso de choque, como se explicará más adelante.

Se habla entonces de simetría a tracción y a compresión para el módulo 1 así formado porque el módulo 1 se comporta de manera simétrica respecto a sí mismo según que se le aplique una fuerza F longitudinal en una dirección o su opuesta.

Más precisamente, cuando se aplica una fuerza F según el eje X longitudinal, por ejemplo hacia abajo según la figura 1, es decir sobre el satélite y dirigida hacia el lanzador, el marco 4 se desplaza según el eje X longitudinal, de manera que la rama 7 inferior del marco 4 estira la primera pastilla 13, y la rama 8 superior comprime la segunda pastilla 14 contra la rama 9 media: la primera pastilla 13 trabaja a compresión mientras que la segunda pastilla 14 trabaja a tracción. Además, resulta de ello que la rama 7 inferior es solicitada por la pastilla 14 comprimida y la rama 8 superior es solicitada por la pastilla 13 estirada, de manera que las dos ramas 7, 8 sufren unas fuerzas que tienden a hacerlas flexionar en la misma dirección longitudinal, en este caso en la dirección opuesta a la de la fuerza F.

Cuando se aplica una fuerza sobre satélite 3 y dirigida en la dirección opuesta, es decir hacia la parte alta en la figura 1, entonces la rama 7 inferior del marco 4 comprime la primera pastilla 13 contra la primera rama 9 media del soporte 5, y la rama 8 superior estira la segunda pastilla 14: la primera pastilla 13 trabaja a tracción mientras que la segunda pastilla 14 trabaja a compresión. Resulta de ello entonces que es la rama 8 superior la que es solicitada por la pastilla 13 comprimida, siendo solicitada la rama 7 inferior por la pastilla 14 estirada. Las dos ramas 7, 8 sufren unas fuerzas que tienden a hacerlas flexionar también en la misma dirección longitudinal, en la dirección opuesta a la de la fuerza F aplicada sobre el módulo 1.

La estructura del módulo 1 de aislamiento así formado, principalmente con las pastillas 13, 14 dispuestas en paralelo, y las ramas 7, 8 radiales del marco simétricas, asegura que las fuerzas según el eje X longitudinal pasan por las pastillas 13, 14, y las ramas 7, 8 radiales del marco 4, de manera que el módulo 1 tiene un comportamiento simétrico cualquiera que sea la dirección de la fuerza según el eje X longitudinal aplicada sobre el módulo 1. Más precisamente, es la rigidez del módulo 1 la que es simétrica según que una fuerza longitudinal aplicada al módulo esté orientada en una dirección o su opuesta.

Sin embargo, las pastillas 13, 14 tienen un comportamiento no lineal, inherente a la naturaleza misma de los elastómeros que las componen, y en particular a sus propiedades viscoelásticas. Más precisamente, la rigidez de una pastilla comprimida aumenta mientras que la rigidez de una pastilla estirada disminuye. El trabajo simétrico de

las pastillas 13, 14 a tracción y a compresión, gracias a la estructura del módulo 1, permite disminuir el comportamiento no lineal. En efecto, el aumento de la rigidez de la pastilla comprimida se contrarresta en parte por la disminución de la rigidez de la pastilla estirada. El comportamiento del módulo 1 para las aplicaciones en el campo contemplado de los satélites se considera entonces como lineal, o cuasi lineal.

5 El aumento de la rigidez de una pastilla comprimida no se compensa en realidad totalmente por la disminución de la rigidez de una pastilla a tracción. En efecto, cuanto más se comprime una pastilla, mayor es la fuerza a aplicar para comprimirla más intensamente. Gracias a la concepción simétrica del módulo 1, pueden implementarse ventajosamente unas disposiciones suplementarias para reforzar la disminución de la no linealidad.

10 Al estar montadas en paralelo las pastillas 13, 14, sus rigideces respectivas se suman. Existe por tanto un umbral de fuerza en compresión a partir del que una pastilla de material viscoelástico tiene un comportamiento fuertemente no lineal debido al aumento de la rigidez de la pastilla comprimida que no es compensado por la pastilla estirada, de manera que el comportamiento global del módulo 1 es inapropiado para las aplicaciones en los satélites. En otros términos, cuanto mayores son las fuerzas aplicadas al módulo 1, mayores efectos de no linealidad se harán sentir.

15 Con el fin de limitar el comportamiento no lineal en el módulo 1, las dimensiones de las pastillas 13, 14 se eligen de manera que presenten una forma aplastada según el eje X longitudinal. En efecto, los efectos no lineales tienen tendencia a ser mayores cuanto mayor sea la velocidad de deformación de las pastillas. Ahora bien, la velocidad de deformación por su parte tiene tendencia a aumentar cuando disminuye la altura de la pastilla. De ese modo, cuanto mayor es la altura de la pastilla, más se disminuirá su comportamiento no lineal, es decir que el intervalo de fuerzas y el desplazamiento para los que el comportamiento del módulo puede considerarse como lineal o cuasi lineal es mayor.

25 Sin embargo, la altura de las pastillas 13, 14 debe permitir al mismo tiempo el desplazamiento relativo según el eje X longitudinal entre el marco 4 y el soporte 5. Ahora bien, como se ha visto, cuanto más aplastada es la forma de una pastilla, más aumenta la rigidez, de manera que se reduce la función de aislamiento de la pastilla.

30 A partir de estos dos compromisos, indicando por S1 la superficie de una pastilla en contacto con una u otra de las ramas 7, 8 o 9 de las piezas del marco 4 o soporte 5, y por S2 la superficie libre de la pastilla, se ha determinado que las dimensiones de cada pastilla 13, 14 deben satisfacer la relación siguiente:

$$\frac{S_1}{S_2} \leq 3 \quad (1)$$

35 Cuando las dimensiones de las pastillas respetan la relación (1), los efectos no lineales se disminuyen grandemente para la mayor parte de las aplicaciones relativas al aislamiento de los satélites con respecto a su lanzador. En dichas aplicaciones, la componente de la fuerza según el eje X longitudinal aplicada sobre un módulo está comprendida general entre 20.000 N y 30.000 N (newtons).

40 Según un ejemplo, cada pastilla 13, 14 se presenta en la forma de un paralelepípedo de base cuadrada que se extiende según el eje X longitudinal, cuyos lados de la base tienen 60 mm (milímetros) y la altura, es decir la dimensión según el eje X longitudinal, es de 5 mm.

45 Preferentemente sin embargo, las dimensiones de cada pastilla 13, 14 satisfarán la relación siguiente:

$$\frac{S_1}{S_2} \leq 1,6 \quad (2)$$

50 La no linealidad se reduce entonces de manera significativa para las aplicaciones contempladas en el campo de los satélites.

Por ejemplo, como en el ejemplo precedente, cada pastilla se presenta en la forma de un paralelepípedo de base cuadrada que se extiende según el eje X longitudinal, cuyos lados de la base miden 50 mm en la dirección según el eje Y transversal, 69 mm en la otra dirección, y cuya altura es de 22 mm.

55 La figura 5 compara el comportamiento por el desplazamiento relativo de las piezas 4, 5 de fijación en función de la fuerza F aplicada, para dos módulos que tengan unas pastillas de diferentes dimensiones, la curva de líneas discontinuas se refiere a un primer módulo cuya altura h de las pastillas es inferior a la de un segundo módulo al que le concierne la curva de trazo continuo: el primer módulo no respeta la relación (1), mientras que el segundo módulo la respeta.

60 Así, para el primer módulo, el intervalo **D1** de los desplazamientos para los que el comportamiento puede asimilarse a lineal, denominado intervalo de linealidad, es inferior al **D2** del segundo módulo, este según la invención.

5 El comportamiento simétrico contribuye al aumento del intervalo de linealidad. En efecto, si el comportamiento no es simétrico, entonces el módulo no se comporta de la misma manera dependiendo de la orientación de las fuerzas según el eje X longitudinal que se le aplican, y el intervalo de las deformaciones del módulo en el que el comportamiento puede considerarse como lineal se reduce o bien para los desplazamientos en un sentido o bien en el otro sentido según el eje X longitudinal.

Con el fin de disminuir aún más el comportamiento no lineal, el marco 4 y el soporte 5 forman un conjunto para el que se define una rigidez relativa que está comprendida entre el 5 % y el 30 % de la rigidez total del módulo 1.

10 La rigidez es una magnitud medida de manera clásica con ayuda de un dinamómetro o de una máquina de tracción. Se impone un desplazamiento conocido a la pieza de la que se desea medir la rigidez, y una célula piezoeléctrica o unos indicadores de solicitaciones miden la fuerza F necesaria para obtener el desplazamiento.

15 En el caso de las pastillas de elastómeros, la rigidez no es constante, la curva que caracteriza la evolución de la rigidez se predice mediante un programa de elementos finitos como MARC o ABAQUS. La rigidez puede definirse entonces como la relación de una fuerza respecto al desplazamiento correspondiente. Para cada pastilla, la rigidez puede definirse para una pequeña variación de desplazamiento y de la fuerza alrededor de un punto de la curva o como la rigidez media en un intervalo completo de desplazamientos y de fuerzas.

20 Para un módulo 1, la rigidez K_T total corresponde a la suma siguiente:

$$\frac{1}{K_T} = \frac{1}{K_P} + \frac{1}{K_R} \quad (3)$$

25 En efecto, al estar en paralelo las pastillas 13, 14, sus rigideces se suman para formar la rigidez K_P representativa de la contribución de las pastillas 13, 14 de elastómero a la rigidez total del módulo. Al estar en serie las piezas 4, 5 de fijación, se suma la inversa de sus rigideces para formar K_R representativa de la contribución del conjunto 4, 5 de fijación a la rigidez total del módulo 1. Las pastillas 13, 14 se montan en serie con el marco 4 y el soporte 5, por ejemplo de metal, de manera que son las inversas de la rigidez K_P de las pastillas por un lado y la rigidez K_R del conjunto 4, 5 de fijación por otro lado las que se suman para dar la inversa de la rigidez K_T total. En otros términos, el módulo 1 puede modelizarse como dos resortes en serie, un primer resorte de rigidez K_P y un segundo resorte de rigidez K_R .

La rigidez K_R de las piezas 4, 5 se define entonces como la rigidez relativa.

35 De ese modo, por ejemplo, cuando la rigidez K_R relativa se considera que contribuye al 20 % de la rigidez K_T total, se obtiene $K_R = \frac{K_T}{0,2}$.

40 En otros términos, tomando la fórmula (3) se obtiene que la rigidez K_T total equivale a $(1 - 0,2) \times K_P$, o también que la rigidez K_P de las pastillas vale $1,25 \times K_T$. De ese modo, las pastillas 13, 14 son el 25 % más rígidas que el módulo 1 completo.

De ese modo, en este ejemplo, para una rigidez K_T total de 2000 N/mm (newtons por milímetro), la rigidez K_P de las pastillas 13, 14 es de 2500 N/mm y la rigidez K_R relativa es de 10.000 N/mm.

45 Ajustando la rigidez K_R relativa del conjunto de fijación formado por el marco 4 y el soporte 5, el comportamiento no lineal puede disminuirse también más intensamente. Por ejemplo, la rigidez relativa del conjunto 4, 5 de fijación puede ajustarse utilizando un material para el marco 4 de una rigidez muy superior a la del soporte 5, de manera que solo se deforme sustancialmente el soporte 5 cuando el módulo 1 se somete a unas fuerzas: la rigidez del marco 4 se considera como infinita. La rigidez del soporte 5 puede ajustarse además controlando la longitud, es decir la dimensión radial, de la rama 9 media del soporte 5, así como el grosor, es decir la dimensión radial, de la rama 20 longitudinal. En efecto, cuanto mayor es la longitud de la rama 9 media, más se podrá flexionar según el eje X longitudinal. Además, cuanto mayor es el grosor de la rama 20 longitudinal, mayor es la rigidez, de manera que limite las deformaciones del soporte 5 más que por la rama 9 media. De ese modo, cuando el módulo 1 se somete a una fuerza que comprime una u otra de las pastillas 13, 14, del par, la rama 9 media del soporte 5 puede flexionar para evitar que el comportamiento no lineal de la pastilla comprimida sea demasiado grande para las aplicaciones relativas al aislamiento del satélite instalado sobre un lanzador y que son las que principalmente se plantean en el presente documento.

60 Sin embargo, con el fin de asegurar una buena resistencia mecánica del módulo, la rigidez K_R relativa del conjunto 4, 5 de fijación debe ser suficiente para evitar principalmente unas deformaciones demasiado grandes del módulo 1, lo que daría como resultado unas solicitaciones sobre satélite y/o el lanzador que pueden dañarlos. De ese modo, preferentemente, la rigidez relativa del conjunto formado por el marco 4 y el soporte 5 está comprendida entre el 20 % y el 30 % de la rigidez K_T total del módulo 1.

De ese modo, cuando solo se alcanza el umbral de fuerza de compresión de una de las pastillas 13, 14, el módulo 1 puede aún deformarse en la dirección de la compresión de la pastilla en cuestión mediante la deformación de la rama 9 media del soporte 5.

5

En la figura 2 se representa un módulo 1 de aislamiento según un segundo modo de realización.

El módulo 1 del segundo modo de realización corresponde a dos módulos 1 del primer modo de realización en el que la rama 10 longitudinal del marco 4 se habría puesto común. En otros términos, el módulo 1 del segundo modo de realización presenta un plano **M** de simetría perpendicular al eje Y radial, extendiéndose la rama 10 longitudinal del marco 4 en este plano M. Los mismos elementos que aquellos descritos con referencia a la figura 1 se designan en este caso por las mismas referencias, incrementadas con un “'” para designar su simetría con relación al plano M.

10

El segundo modo de realización presenta principalmente la ventaja de no generar un par en los medios de fijación de las dos piezas 4, 5 de fijación.

15

Según el segundo modo de realización, el marco 4 se presenta en la forma de una H, y comprende dos ramas 7, 7' inferiores, en prolongación continua una de la otra, extendiéndose respectivamente de un lado y otro de la rama 10 longitudinal.

20

Igualmente, el marco 4 comprende dos ramas 8, 8' superiores, en prolongación continua una de la otra, y que se extienden igualmente respectivamente de un lado y otro de la rama 10 longitudinal. Las ramas 7, 7' inferiores son entonces siempre simétricas de las ramas 8, 8' superiores del marco según un plano P medio perpendicular al eje X longitudinal.

25

El soporte 5 se presenta por su parte bajo la forma de una C, que llega a imbricarse entre las ramas 7, 7' y 8, 8' radiales del marco 4. Más precisamente, el soporte 5 comprende dos ramas 9, 9' medias, que se extienden una hacia la otra sin unirse, y dos ramas 20, 20' longitudinales prolongadas por el tope 19, que cierran la C del soporte 5. Extendiéndose las ramas 9, 9' medias en el plano P medio cuando el módulo 1 está en reposo.

30

El módulo 1 comprende entonces dos pares de pastillas 13, 14 y 13', 14', a saber un primer par de pastillas 13, 14 fijadas en paralelo a las ramas 7, 8 radiales del marco 4 y a una primera rama 9 media del soporte 5 situadas en un mismo lado que la rama 10 longitudinal, y un segundo par de pastillas 13', 14' fijadas en paralelo a las otras ramas 7', 8' radiales del marco 4 y a la otra rama 9' media del soporte 5 situadas en el otro lado de la rama 10 longitudinal.

35

Las superficies 11, 12 de fijación se centran con la rama 10 longitudinal de marco 4. Más precisamente, la superficie 11 de fijación del marco 4 sobresale hacia las ramas 7, 7' inferiores y la superficie 12 de fijación del soporte 5 sobresale en el tope 19 del soporte 5. Las superficies de fijación 11, 12 comprenden unas perforaciones **21**, cuyos ejes son paralelos al eje X longitudinal, y pasan por el plano M de simetría en el que se extiende la rama 10 longitudinal. De ese modo, cuando se aplica una fuerza según el eje X longitudinal, se transmite de igual manera a un lado y otro de la rama 10 longitudinal de marco 4, de manera que los medios de fijación de las piezas 4, 5 de fijación no se someten o en pequeña medida a un par.

40

De manera general, el módulo 1 puede comprender una pluralidad de pares de pastillas, montándose los pares de cada par en paralelo, de manera que se tenga siempre, para cada par de pastillas, una pastilla en tracción y una pastilla en compresión cuando se solicita el módulo 1.

45

El módulo 1 se obtiene por ejemplo recubriendo el marco 4 y el soporte 5 con un adhesivo destinado a adherirse al elastómero de las pastillas. Más precisamente, al menos las caras de las ramas 7, 8 radiales destinadas a fijarse a los primeros extremos 15, 16 de las pastillas 13, 14, y las caras de la rama 9 media del soporte destinadas a fijarse a los segundos extremos 17, 18 de las pastillas 13, 14 se recubren con este adhesivo. El marco 4 y el soporte 5 se colocan en un molde cuya temperatura está controlada, por ejemplo llevada a 150 °C. Se inyecta el elastómero en el molde y posteriormente se vulcaniza. El adhesivo reacciona con el elastómero para asegurar la fijación.

50

55

Como variante, el eje X longitudinal puede ser un eje de simetría de revolución. El módulo 1 presenta entonces una configuración denominada asimétrica, presentándose las pastillas 13, 14 bajo la forma de anillos, continuos o no, centrados sobre el eje X longitudinal.

60

La figura 6 ilustra un tercer modo de realización para el marco 4 y el soporte 5. Como anteriormente, las mismas referencias designan los mismos elementos que los del primer y segundo modos de realización.

El marco 4 comprende como anteriormente dos ramas 7, 7' inferiores y dos ramas 8, 8' superiores, siendo simétricas las ramas 7, 7' inferiores respecto a las ramas 8, 8' superiores con relación a un plano P medio perpendicular al eje X longitudinal. El marco comprende dos ramas 10, 10' longitudinales, en la unión entre las dos ramas 7, 7' inferiores y las dos ramas 8, 8' superiores, de manera que las dos ramas 7, 7' inferiores y las dos ramas 8, 8' superiores se

65

extienden de un lado y otro de las ramas 10, 10' longitudinales. Las dos ramas 10, 10' longitudinales se disponen de un lado y otro de las ramas 7, 7', 8, 8' radiales según una dirección perpendicular al eje X longitudinal y al eje Y radial. Se forma una abertura **22** entre las segundas ramas 8, 8'.

- 5 El soporte 5 se presenta en la forma de una T, y comprende dos ramas 9, 9' medias, y una rama 23 longitudinal central, de manera que la rama 9, 9' media se extiende de un lado y otro de la rama **23** central.

La rama 23 central del soporte 5 pasa a través de la abertura 22 en la segunda rama 14, 14' radial del soporte, de manera que las ramas 9, 9' medias del soporte se extienden entre la rama 7, 7' y 8, 8' radiales del marco 4.

- 10 El marco 4 y el soporte 5 pueden tener entonces movimiento relativo según el eje X longitudinal.

Los pares de pastillas, no representados en la figura 6, se montan como anteriormente, a saber para un primer par, se monta una primera pastilla entre una rama 7 inferior del marco 4 y una rama 9 media del soporte 5 y la segunda pastilla se monta entre una rama 8 superior del marco 4 y la misma rama 9 media del soporte 5, y para el segundo par, se monta una primera pastilla entre la otra rama 7' inferior del marco 4 y la otra rama 9' media del soporte 5 y la segunda pastilla se monta entre la otra rama 8' superior del marco 4 y la misma otra rama 9' media del soporte 5.

- 15

De ese modo, el módulo 1 según el tercer modo de realización presenta en él igualmente una simetría entre las ramas 7, 7' inferiores por un lado y las ramas 8, 8' superiores por otro lado del marco 4 con relación a un plano perpendicular al eje X longitudinal, extendiéndose las ramas 9, 9' medias en este plano cuando el módulo 1 está en reposo, es decir no solicitado. El módulo 1 del tercer modo de realización presenta ventajosamente, igual que para el módulo 1 del segundo modo de realización, un plano M de simetría perpendicular al eje Y transversal, extendiéndose las ramas 10, 10' longitudinales en este plano M, para disminuir el par sobre los medios de fijación.

- 20

Se ha representado en las figuras 7 y 8 un módulo 100 de aislamiento próximo al del segundo modo de realización, pero que no presenta la simetría requerida: el módulo 100 de las figuras 7 y 8 corresponde a dos módulos 1 del primer modo de realización, simétricos según la rama 20 longitudinal del soporte 5. El marco 104 presenta entonces dos ramas 107, 107' inferiores y dos ramas 108, 108' superiores. Las dos ramas 108, 108' están en prolongación una de la otra, de manera que forman una única rama cuyos dos extremos se unen a unas ramas 110, 110' longitudinales. Las ramas 107, 107' inferiores se extienden una hacia la otra, cada una partir de una rama 110, 110' longitudinal, sin que sin embargo se unan. Cada rama 107, 107' inferior presenta entonces un extremo 107a, 107'a libre, conservándose un espacio entre estos dos extremos 107a, 107'a. Ahora bien, las ramas 108, 108' superiores no presentan un extremo libre. El soporte 105 se presenta en la forma de una T, cuya rama 120 longitudinal atraviesa el espacio entre las dos ramas 107, 107' inferiores del marco 104 de manera que las ramas 109, 109' medias del soporte 5 se extienden entre las ramas 107, 107' inferiores y las ramas 108, 108' superiores del marco 104. De ese modo, el módulo 100 de las figuras 7 y 8 presenta un plano de simetría perpendicular al eje Y radial, pero no presenta plano de simetría perpendicular al eje X longitudinal.

- 25
- 30
- 35

En la figura 7, se ha representado por unas flechas el camino de las fuerzas en el módulo 100 cuando se aplica una fuerza F1 según el eje X longitudinal de manera que las primeras pastillas 113, 113' están en tracción, es decir estiradas. Solo se representa un camino del lado del plano de simetría del módulo 100, obteniéndose el camino del otro lado por simetría. Las fuerzas toman preferentemente el camino de mayor rigidez. Ahora bien, en el módulo 100, las fuerzas tienen la elección entre dos caminos: o bien pasar por las pastillas, o bien pasar por el marco 104. Las pastillas en compresión presentan la rigidez más elevada, las fuerzas pasarán preferentemente por las segundas pastillas 114, 114' en compresión. La flecha en trazo continuo de la figura 8 indica el camino tomado preferentemente, por ejemplo por el 70 % de todas las fuerzas, y la flecha en trazo discontinuo indica el segundo camino, que pasa por el marco 4.

- 40
- 45

Se ha representado de la misma manera en la figura 8 el camino tomado por las fuerzas para una fuerza F2 aplicada al módulo 100 según el eje X longitudinal, en la otra dirección, de manera que son las segundas pastillas 114, 114' las que están en tracción.

- 50

En el caso en el que son las segundas pastillas 114, 114' las que están en compresión (figura 7), las fuerzas pasan principalmente por las segundas pastillas 114, 114' antes de alcanzar la rama 120 longitudinal del soporte 105.

- 55

En el caso en el que son las primeras pastillas 113, 113' las que están en compresión (figura 8), las fuerzas pasarán principalmente por las ramas 110, 110' del marco 104.

De ese modo, el camino de las fuerzas no es simétrico dependiendo de la dirección de la fuerza F1 o F2 aplicada sobre el módulo 100 según el eje X longitudinal, y esto principalmente a causa de la ausencia de simetría entre las ramas 107, 107', 108, 108' radiales del marco 104 con relación a un plano perpendicular al eje X longitudinal.

- 60

La figura 9 ilustra esta ausencia de simetría para tres diferentes materiales metálicos que componen el marco 4 y el soporte 5, es decir para unas rigideces diferentes:

- 65

- UR: acero considerado como infinitamente rígido,
- ALU: aluminio,
- 5 - INOX: acero inoxidable.

Para cada uno de los tres materiales empleados, se mide la evolución de la rigidez (en N/m) en función del desplazamiento relativo del marco 104 con relación al soporte 105.

- 10 La rigidez evoluciona de manera no simétrica, y esto tanto más cuanto más reducida sea la rigidez del material utilizado.

- 15 Las figuras 10 y 11 son similares a las figuras 7 y 8, para un módulo 1 según el segundo modo de realización. Como en las figuras 7 y 8, se ha representado en la figura 10 el camino principal en línea continua y el camino secundario en línea discontinua de las fuerzas cuando las primeras pastillas 13, 13' están en tracción y en la figura 11 cuando las segundas pastillas 14, 14' están en tracción.

- 20 En los dos casos, las fuerzas toman principalmente el camino que pasa por las ramas 20, 20' longitudinales del soporte 5. De ese modo, el camino de las fuerzas en un caso es sustancialmente simétrico al del otro caso.

- 25 Este resultado se ilustra en el diagrama de la figura 12, que ilustra el comportamiento simétrico del módulo 1 para los tres mismos materiales que los utilizados para el diagrama de la figura 9: cualquiera que sea la rigidez K_T total del módulo 1, la rigidez evoluciona de manera simétrica cualquiera que sea la dirección del desplazamiento según el eje X longitudinal.

- De ese modo, la combinación de la simetría del comportamiento del módulo 1 y la elección de las dimensiones de las pastillas en elastómeros permiten disminuir los efectos no lineales.

- 30 Según una variante, ilustrada en la figura 13 principalmente, el eje de fijación, perpendicular a las superficies 11, 12 de fijación del módulo 1, está inclinado con relación al eje X longitudinal. Sin embargo, los ejes de las perforaciones 22 continúan todos paralelos entre sí para minimizar los esfuerzos sobre las fijaciones. Por ejemplo, el eje de fijación está inclinado en 40° con relación al eje X longitudinal.

- 35 El módulo así obtenido presenta entonces un plano de simetría geométrico, perpendicular al eje Y radial, que pasa por las ramas 10, 10' longitudinales del marco 4.

La descripción anterior se concentra solo en las deformaciones según el eje X longitudinal.

- 40 Sin embargo, las pastillas 13, 14 permiten igualmente unos desplazamientos relativos del marco 4 y del soporte 5 en las direcciones perpendiculares al eje X longitudinal. Considerándose el trabajo en cizalladura de las pastillas 13, 14 como lineal en las aplicaciones contempladas. Con el fin de amortiguar cualquier choque en la dirección Y radial del módulo 1, las superficies del marco 4 orientadas hacia el soporte 5 y/o las superficies del soporte 5 orientadas hacia el marco 4, no portadoras de pastillas, se recubren con una capa 24 de elastómero. Así, cuando una de las piezas 4, 5 de fijación llega a tope contra la otra pieza 5, 4 bajo el efecto por ejemplo de un choque según la dirección radial, se amortigua el choque.

- 50 Por otro lado, el tope 19 del soporte 5 puede servir de tope en caso de gran deformación, es decir en caso de deformación tan grande que se tiene el riesgo de dañar las pastillas. Como se ha visto, el módulo 1 se dimensiona de manera que la distancia entre la primera rama 9 media del soporte 5 y cada una de las ramas 7, 8 radiales del marco 4, es inferior a la distancia entre la rama 7 inferior del marco 4 y el tope 19 del soporte 5, considerándose las distancias cuando el módulo no está solicitado.

- 55 La superficie del tope 19 se recubre entonces con una capa **25** de elastómero, de manera que amortigua el contacto entre la rama 7 inferior del marco 4 y el tope 19 del soporte.

- 60 En la práctica, se instalan una pluralidad de módulos 1 entre el anillo 2 de interfaz con el lanzador y el anillo 3 de interfaz con el satélite. Los anillos 2, 3 tienen sustancialmente el mismo diámetro. Los módulos 1 se disponen de tal manera que su eje X longitudinal es paralelo al eje central de los anillos 2, 3, y su eje Y radial es paralelo al eje radial de los anillos 2, 3. Los módulos se reparten a intervalos regulares en todo el perímetro de los anillos. De ese modo, no es necesario colocar unos topes en cada módulo 1 según la tercera dirección, perpendicular a los ejes X e Y, puesto que para un módulo, cualquier desplazamiento en esta tercera dirección da como resultado un desplazamiento en la dirección radial para al menos otro módulo 1.

- 65 De manera general, el módulo 1 de aislamiento presenta una asimetría en tracción y en compresión, es decir dependiendo de la dirección de la fuerza según el eje X longitudinal aplicada sobre el módulo, que se obtiene gracias a la disposición de las pastillas 13, 13' y 14, 14' en paralelo y una rama 7, 7' y 8, 8' del marco 4 con relación

a la o a las ramas 9, 9' radiales del soporte 5. En efecto, las deformaciones del módulo 1 son simétricas según que la fuerza impuesta sobre el módulo según el eje X longitudinal se dirija en una dirección u otra, de manera que la rigidez evolucione de la misma manera.

- 5 Esta primera disposición permite preparar la disminución del comportamiento no lineal de las pastillas 13, 13', 14, 14' de elastómero.

- 10 Las pastillas 13, 13', 14, 14' se dimensionan entonces según la relación (1) para disminuir el comportamiento no lineal. De ese modo, se aumenta el intervalo de funcionamiento del módulo 1 para el que el comportamiento puede considerarse como lineal. El ajuste de la rigidez K_R relativa del conjunto formado por el marco 4 y el soporte 5 permite disminuir más intensamente los comportamientos no lineales.

- 15 Las pastillas 13, 13', 14, 14' se montan siempre para funcionar por pares, de manera que cuando una pastilla del par se comprima, la otra pastilla se estire. El módulo 1 no incluye una pastilla que no posea su simétrica.

- El módulo 1 así formado permite, gracias a la disminución de su comportamiento no lineal, prever con precisión incrementada su comportamiento y poder adaptar fácilmente a unos diseños de lanzadores y de satélites diferentes sin esfuerzo.

- 20 El módulo 1 puede montarse fácilmente entre los anillos de interfaz de manera conocida, y no necesita por tanto desarrollo de piezas suplementarias.

REIVINDICACIONES

1. Módulo (1) de aislamiento entre un dispositivo (2) generador de vibraciones, tal como un lanzador para satélite, y una estructura (3) a aislar, tal como la estructura portadora de un satélite, que comprende:

- al menos dos piezas (4, 5) de fijación destinadas a fijarse respectivamente al dispositivo (2) generador de vibraciones y a la estructura (3) a aislar,
 - unos medios (6) de enlace de material elastomérico interpuestos entre las dos piezas de fijación, que permitan al menos un grado de libertad en traslación según un eje (X) longitudinal entre las dos piezas de fijación.

- una primera pieza de fijación, denominada marco (4), comprende al menos dos ramas (7, 7', 8, 8') radiales denominadas inferior y superior paralelas, a distancia entre sí según el eje (X) longitudinal, y la segunda pieza de fijación, denominada soporte (5), comprende al menos una rama (9, 9') radial denominada media que se extiende entre las dos ramas (7, 7', 8, 8') del marco (4), siendo simétricas entre sí las dos ramas (7, 7', 8, 8') radiales del marco (4) con relación a un plano perpendicular al eje (X) longitudinal,

- los medios (6) de enlace en material elastomérico comprenden al menos un par de pastillas (13, 13', 14, 14') en elastómero idénticas, en las que cada pastilla (13, 13', 14, 14') se extiende según el eje (X) longitudinal entre un primer extremo (15, 16) y un segundo extremo (17, 18), teniendo una primera pastilla (13, 13') el primer extremo (14) apoyado sobre una rama (7, 7') inferior del marco (4) y el segundo extremo (17) apoyado sobre la rama (9) mediana del soporte (5), y teniendo la segunda pastilla (14, 14') el primer extremo (16) apoyado sobre la rama (8) superior del marco (4) y el segundo extremo (18) apoyado sobre la rama (9) mediana del soporte (5), montándose así las dos pastillas (13, 13', 14, 14') del par en paralelo entre el marco (4) y el soporte (5) y siendo activas según el eje (X) longitudinal en unos sentidos opuestos, de manera que cuando una pastilla trabaja a tracción, la otra pastilla del par trabaja a compresión e inversamente,

- siendo la rigidez del módulo (1) simétrica según que una fuerza según el eje (X) longitudinal que se le aplique esté orientada en una dirección o su opuesta,
 estando el módulo **caracterizado por que**

- cada pastilla (13, 13', 14, 14') se dimensiona de manera que la superficie (S1) de contacto de un extremo (15, 16, 17, 18) en contacto con una rama (7, 7', 8, 8', 9, 9') radial y la superficie (S2) libre de contacto respeten la relación:

$$\frac{S_1}{S_2} \leq 3.$$

2. Módulo (1) de aislamiento según la reivindicación 1, en el que el conjunto formado por las dos piezas (4, 5) de fijación en paralelo presenta una rigidez (KR) relativa comprendida entre el 5 % y el 30 % de la rigidez (KT) total del módulo (1).

3. Módulo (1) de aislamiento según la reivindicación 2, en el que la rigidez relativa se aporta por una sola de las dos piezas (4, 5) de fijación, considerándose la otra pieza de fijación infinitamente rígida.

4. Módulo (1) de aislamiento según la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en el que en el que la rigidez (KR) relativa está comprendida entre el 20 % y el 30 % de la rigidez (KT) total del módulo (1).

5. Módulo (1) de aislamiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una pluralidad de pares de pastillas (13, 13', 14, 14') en elastómero.

6. Módulo (1) de aislamiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada pieza (4, 5) de fijación comprende una superficie (11, 12) de fijación, adecuada para estar en contacto directa o indirectamente con uno u otro de entre el dispositivo (2) generador de vibraciones y la estructura (3) a aislar, siendo la superficie (11) de fijación del marco (4) paralela a la superficie (12) de fijación del soporte (5).

7. Módulo (1) de aislamiento según la reivindicación 6, en el que las superficies (11, 12) de fijación de las dos piezas (4, 5) de fijación son perpendiculares a un eje de fijación paralelo al eje (X) longitudinal.

8. Módulo (1) de aislamiento según la reivindicación 6, en el que las superficies (11, 12) de fijación de las dos piezas (4, 5) de fijación son perpendiculares a un eje de fijación inclinado con relación al eje longitudinal.

9. Módulo de aislamiento según la reivindicación 8, en el que el ángulo (α) de inclinación del eje de fijación con relación al eje (X) longitudinal es de 40°.

10. Módulo (1) de aislamiento según la reivindicación 9, en el que el lugar de fijación del marco (4) sobre uno u otro de entre el dispositivo generador de vibraciones y la estructura a aislar y el lugar de fijación del soporte (5), respectivamente sobre uno u otro de entre la estructura aislar y el dispositivo generador de vibraciones están alineados según el eje (X) longitudinal.

11. Módulo (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el marco (4) y el soporte (5) presentan cada uno un plano de simetría longitudinal perpendicular al eje (Y) radial.

5 12. Módulo según la reivindicación 11, en el que el marco (4) comprende dos ramas (7, 7') inferiores en prolongación continua una de la otra y dos ramas (8, 8') superiores, en prolongación continua una de la otra y comprende una rama (10) longitudinal que se extiende en el plano de simetría longitudinal, formando el marco (4) una H, y en el que el soporte (5) comprende dos ramas (9, 9') medias alineadas, extendiéndose una hacia la otra sin unirse, formando el soporte (5) una C, extendiéndose cada una de las ramas (9, 9') medias entre dos ramas (7, 8, 7', 8') del marco (4).

10 13. Módulo según la reivindicación 10, en el que el marco (4) comprende dos ramas (7, 7') inferiores en prolongación continua una de la otra y dos ramas (8, 8') superiores en prolongación continua una de la otra, extendiéndose de un lado y otro de dos ramas (10, 10') longitudinales, presentando las dos ramas (8, 8') inferiores una abertura (22), y en el que el soporte (5) presenta una forma de T, y comprende dos ramas (9, 9') medias que se extienden de un lado y otro de una rama (23) longitudinal central que pasa por la abertura (22) del marco (4), de manera que las ramas (9, 9') medias se extienden entre las ramas (7, 7', 8, 8') del marco (4).

15 20 14. Aplicación de un módulo (1) de aislamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que el dispositivo (2) generador de vibraciones es un lanzador para satélite artificial y la estructura (3) a aislar es la estructura portadora de un satélite artificial.

25 15. Aplicación según la reivindicación 14, en la que el lanzador de satélite comprende un anillo (2) circular de interfaz con el lanzador y en la que la estructura portadora comprende un anillo (3) circular de interfaz con el satélite, montándose una pluralidad de módulos de aislamiento entre los anillos (2, 3) de interfaz, fijándose el marco (4) de cada módulo (1) rígidamente respectivamente sobre uno u otro del anillo (2) de interfaz con el lanzador o del anillo (3) de interfaz con el satélite y fijándose el soporte (5) de cada módulo (1) rígidamente respectivamente sobre uno u otro del anillo de interfaz (3) con el satélite o el anillo de interfaz (2) con el lanzador, disponiéndose cada módulo (1) de manera que su eje (X) longitudinal sea paralelo al eje (X) longitudinal de los otros módulos.

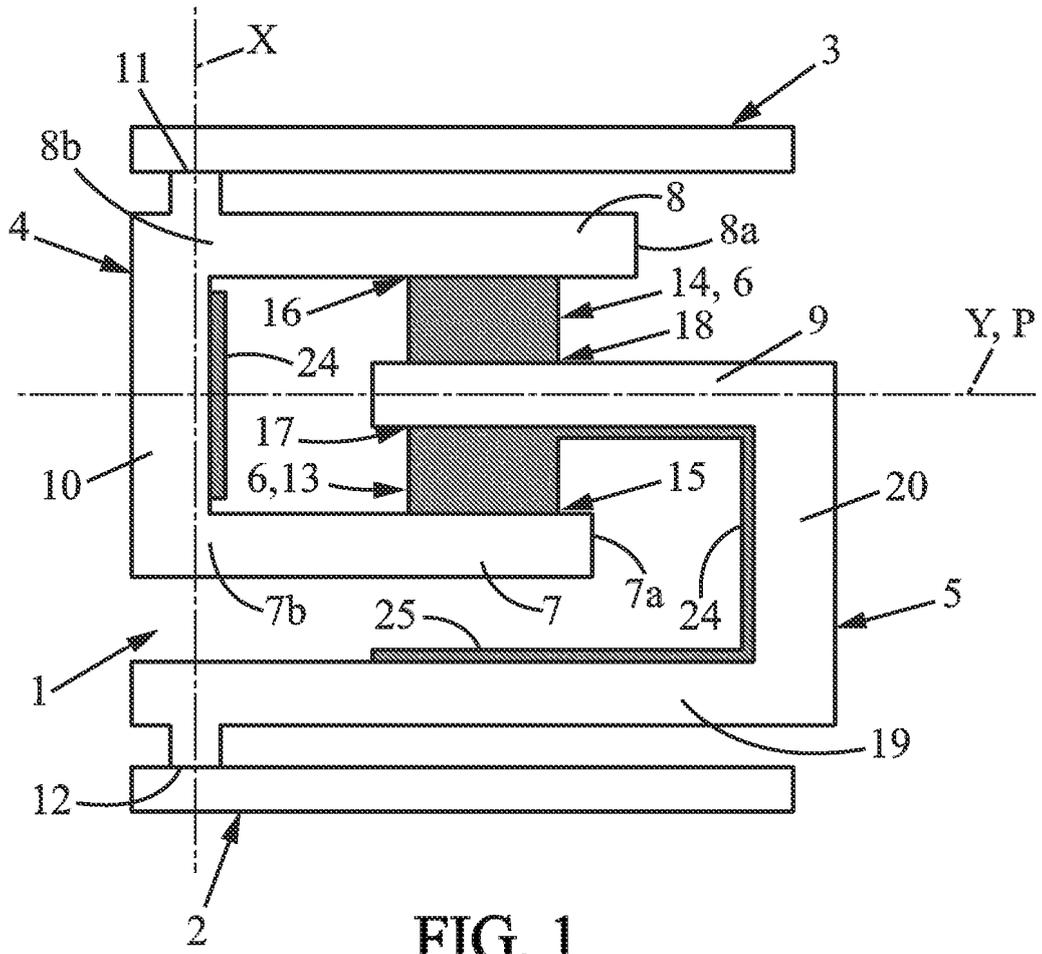


FIG. 1

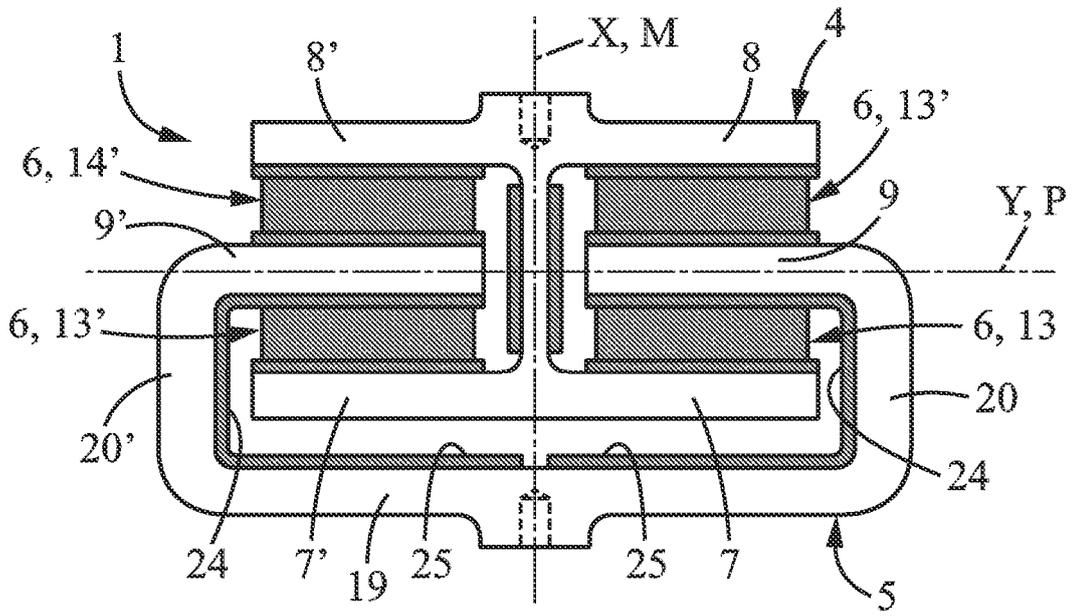


FIG. 3

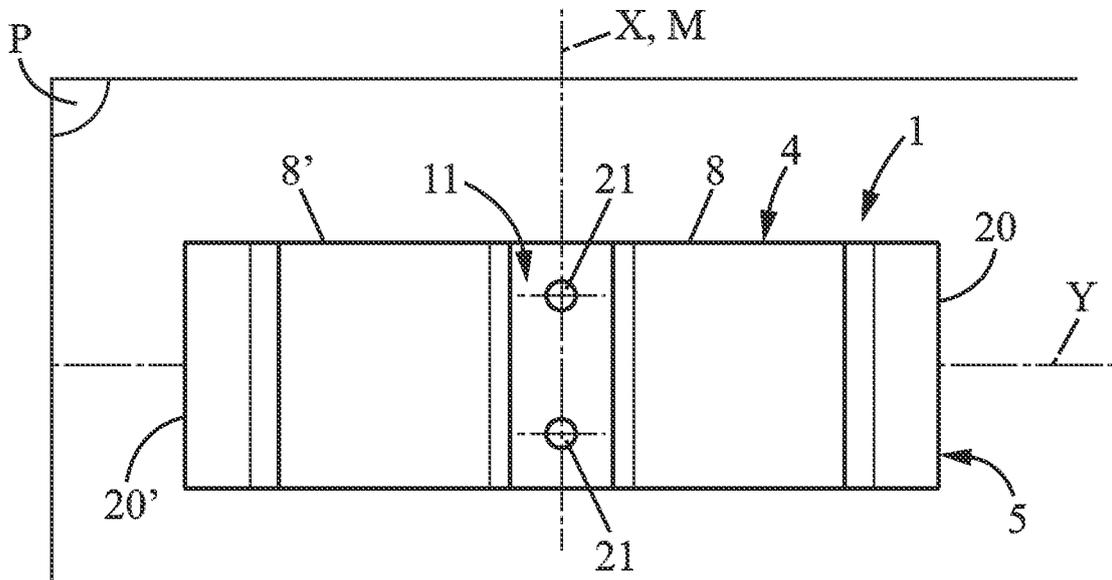


FIG. 4

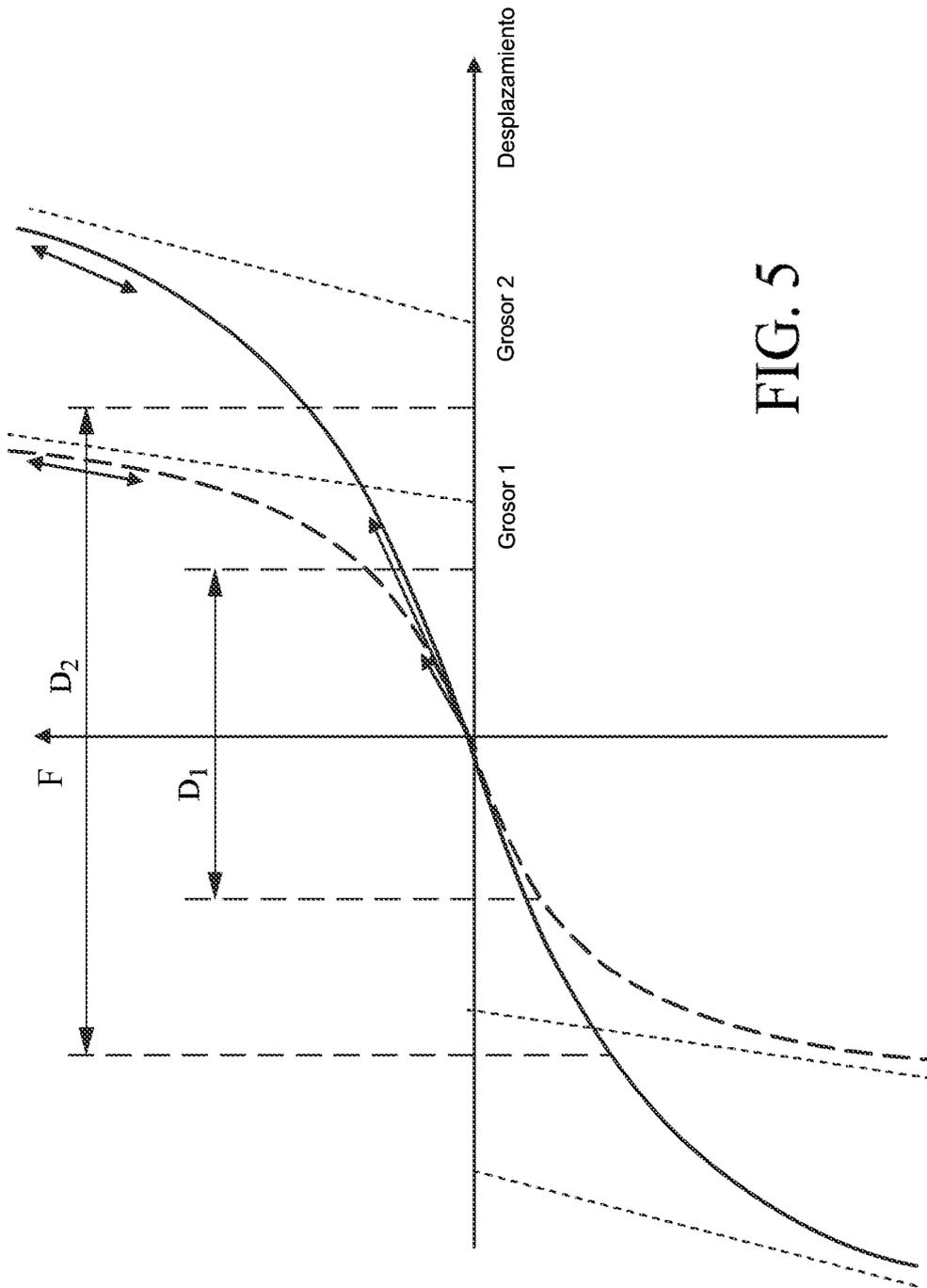


FIG. 5

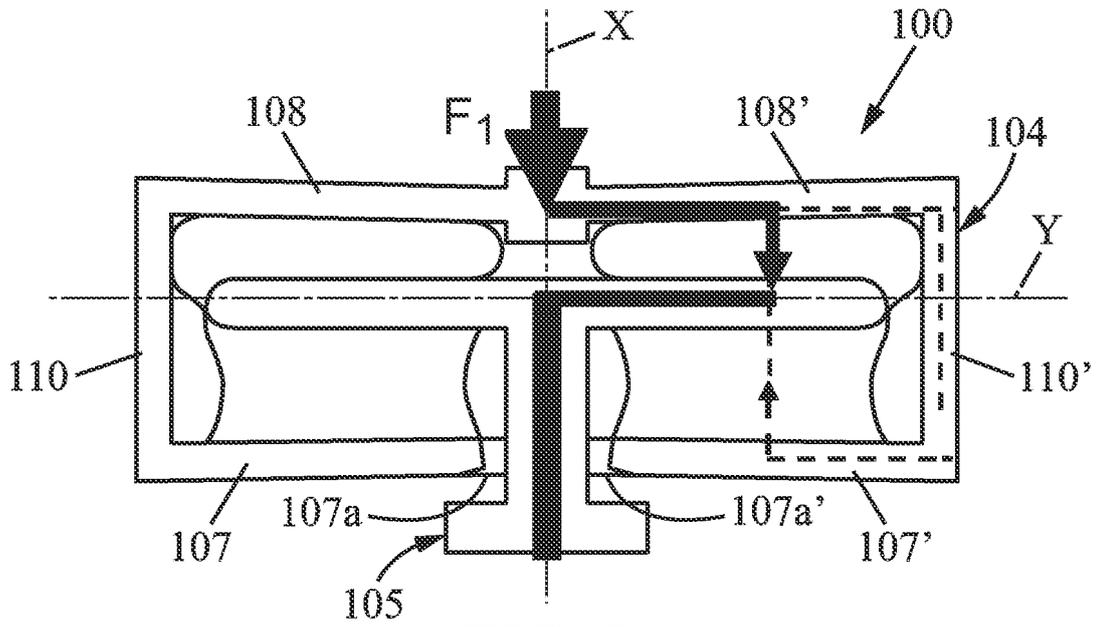


FIG. 7

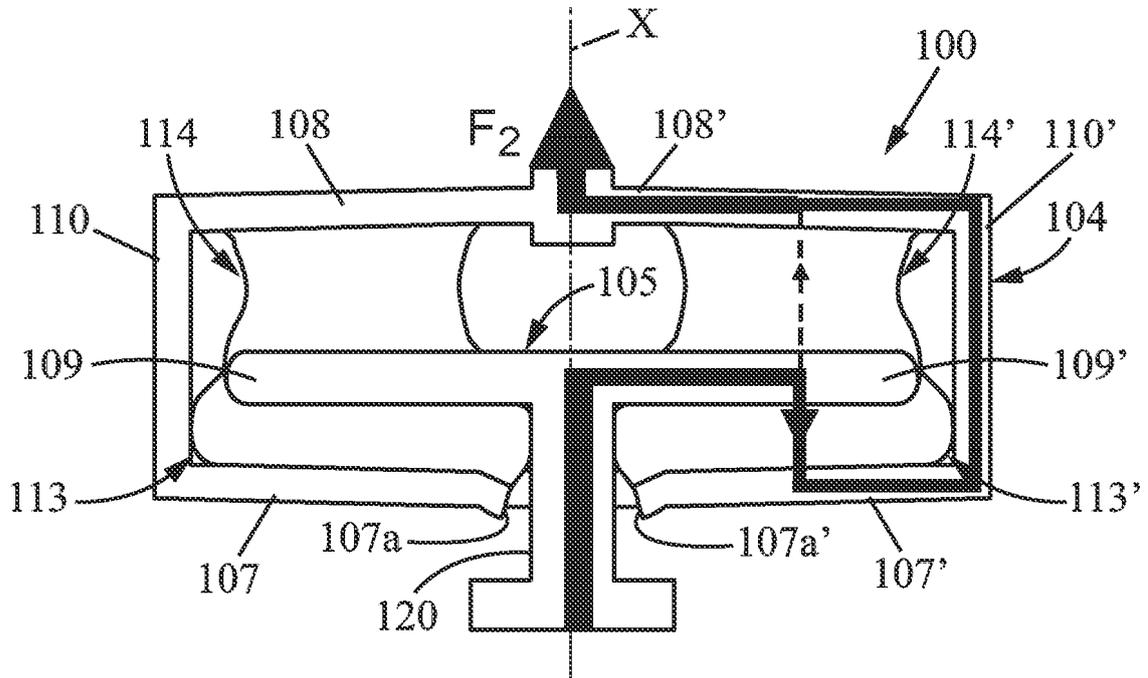


FIG. 8

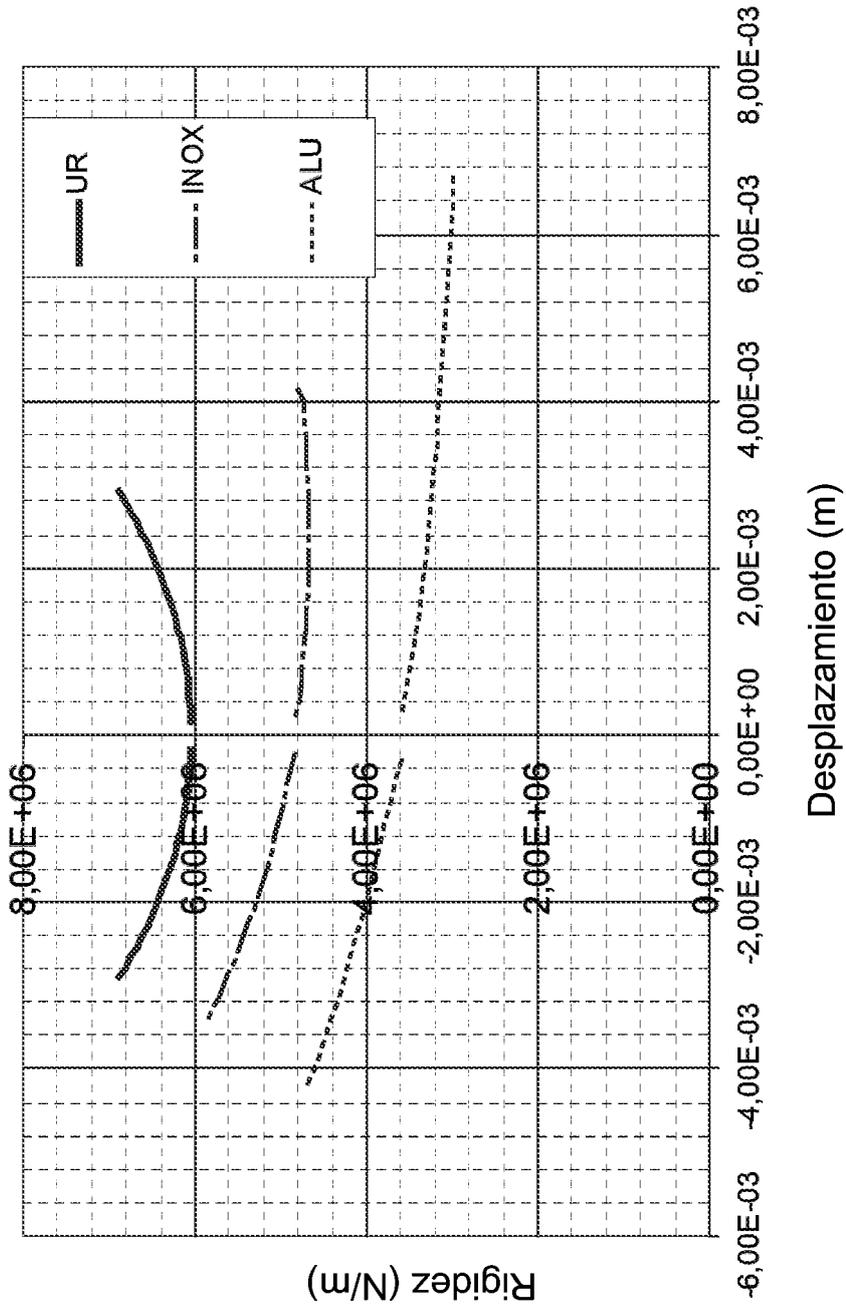


FIG. 9

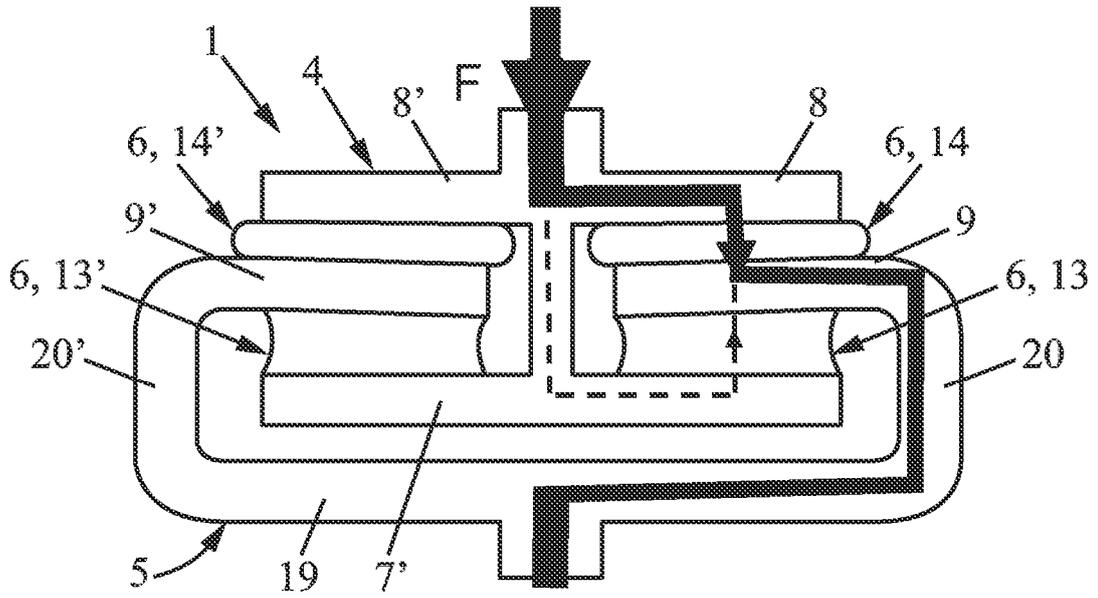


FIG. 10

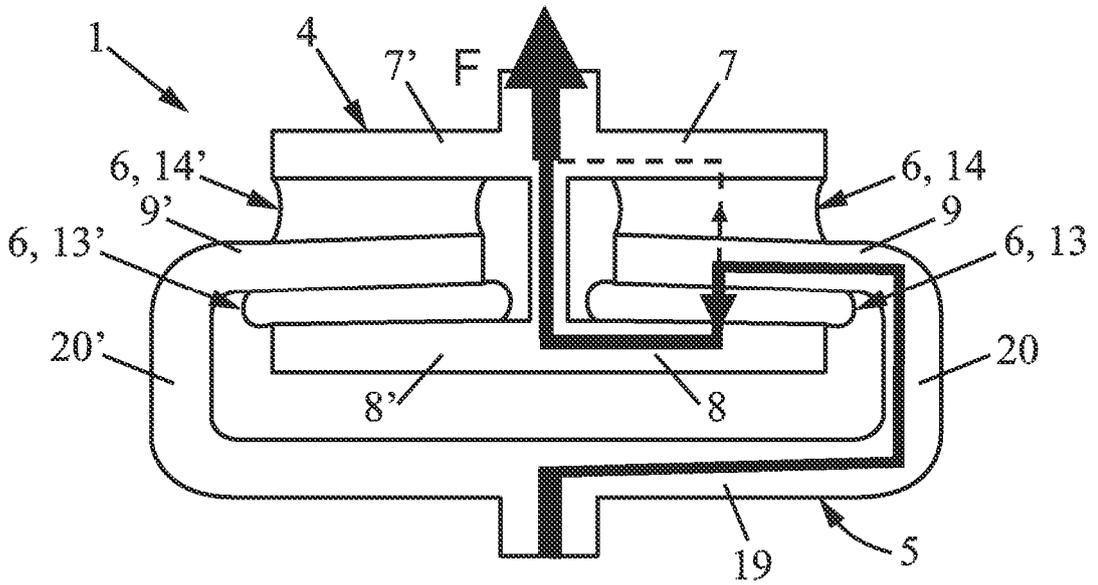
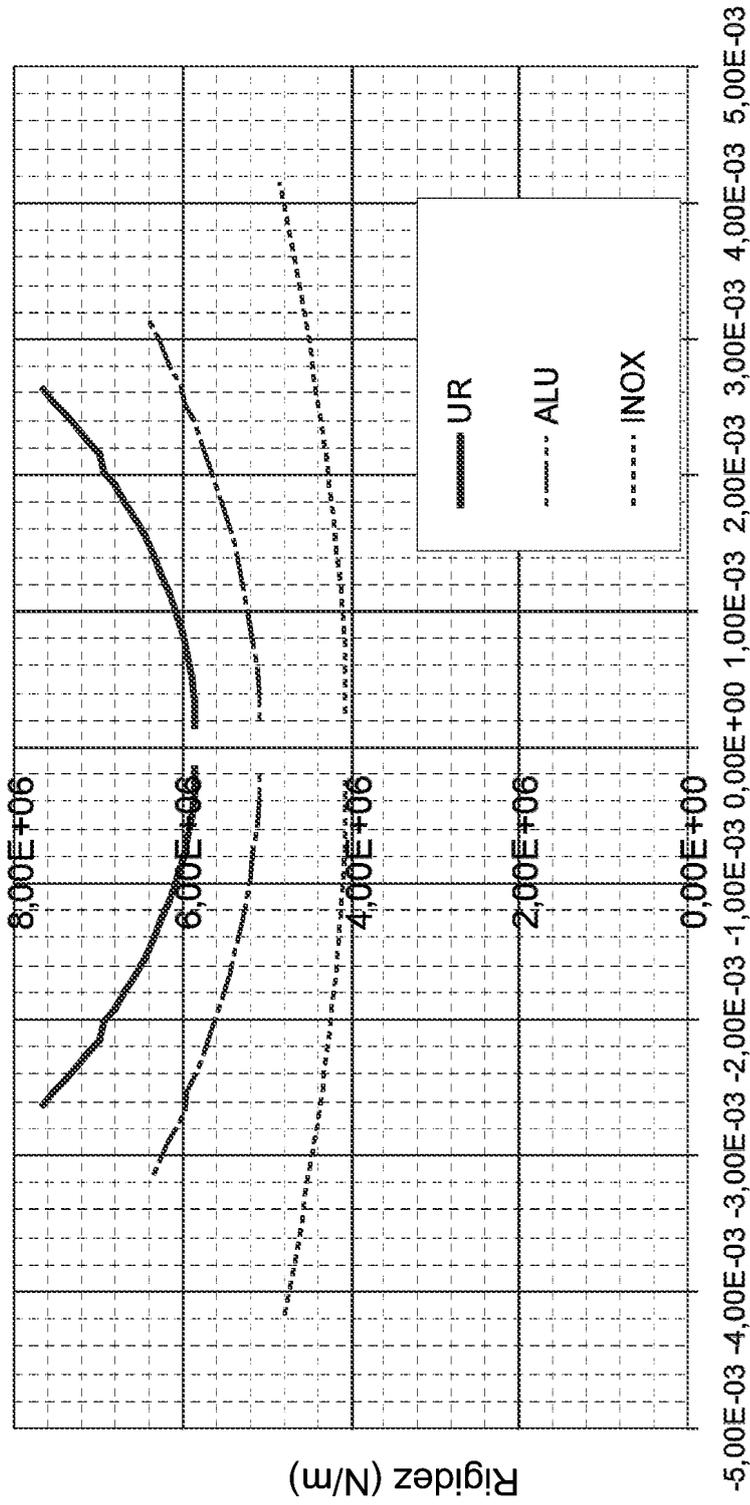


FIG. 11



Desplazamiento (m)

FIG. 12

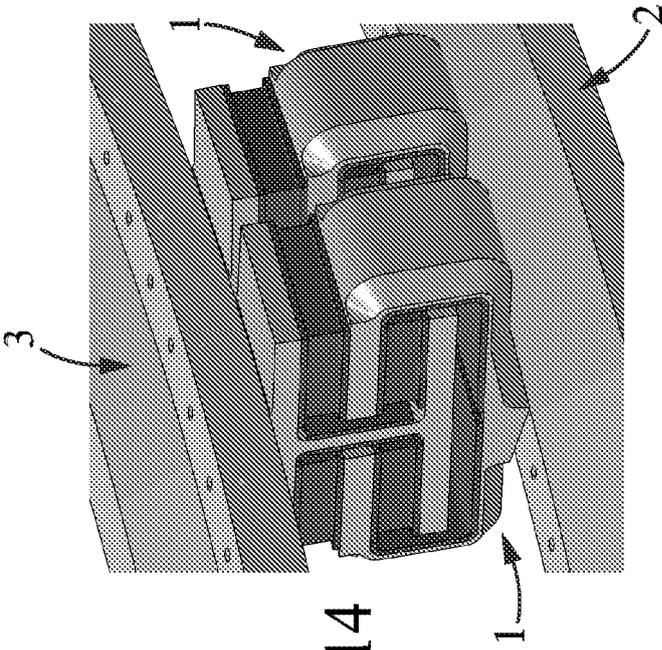


FIG. 14

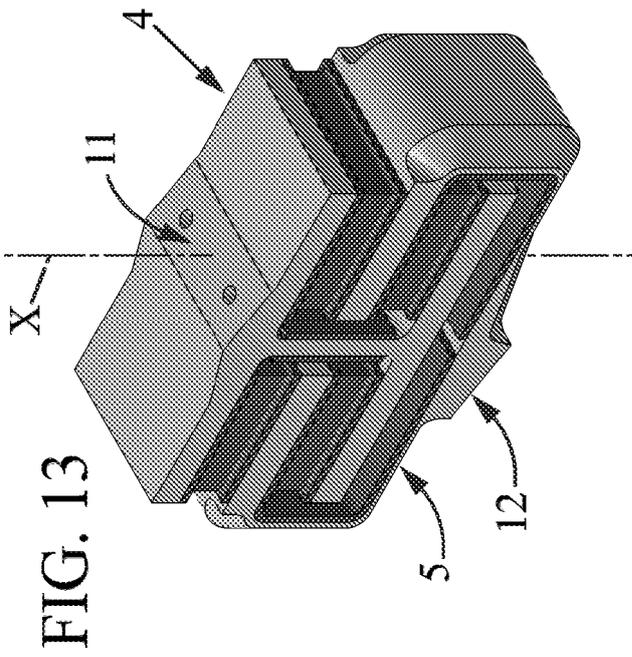


FIG. 13

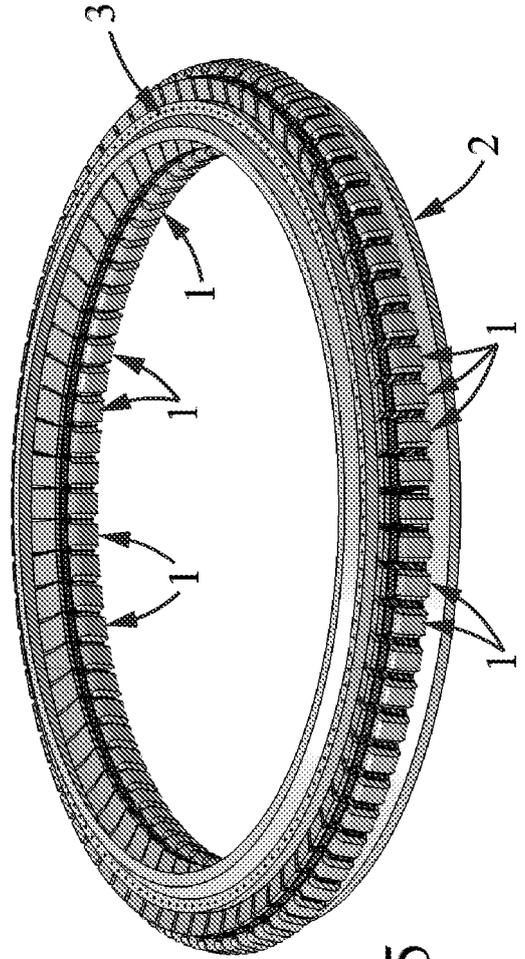


FIG. 15