

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 375 131**

51 Int. Cl.:

**G01L 5/16** (2006.01)

**F16C 11/12** (2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04741237 .4**

96 Fecha de presentación: **20.07.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1646853**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.04.2006**

54 Título: **DISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO PARA MEDIR FUERZAS Y MOMENTOS.**

30 Prioridad:  
**22.07.2003 IT MI20031500**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**27.02.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**27.02.2012**

73 Titular/es:  
**POLITECNICO DI MILANO  
PIAZZA LEONARDO DA VINCI, 32  
20133 MILANO, IT**

72 Inventor/es:  
**MASTINU, Gianpiero y  
GOBBI, Massimiliano**

74 Agente: **Curell Aguilá, Mireia**

**ES 2 375 131 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 procedimiento para medir fuerzas y momentos.

5 La presente invención se refiere a un dispositivo y a un procedimiento para medir fuerzas y momentos.

En muchas aplicaciones (mecánicas y otras) es útil medir un vector de fuerza y un vector de momento aplicados a una estructura o a un cuerpo. Como ejemplo, podría ser necesario medir las fuerzas y momentos que actúan entre una goma de neumático y la superficie de la carretera.

10 En general, se utilizan objetos o sensores rígidos, dispuestos entre las estructuras o elementos que intercambian fuerzas, para medir las fuerzas generalizadas que actúan entre dos estructuras o dos elementos.

15 Un inconveniente de dichos sistemas es la complejidad del diseño, con una consiguiente masa y dimensiones grandes inaceptables para algunas aplicaciones.

El documento D1, DE 41 01 732, describe un sensor de fuerza-momento que consiste en dos placas rígidas que están dispuestas paralelas en la condición libre de fuerza y que están acopladas entre sí. El acoplamiento anterior consiste en seis brazos, en la condición libre de fuerza de igual longitud, que tienen en su extremo dos articulaciones colocadas en cojinetes sobre las placas anteriores, siendo las articulaciones y los cojinetes rígidos con el fin de crear una estructura estáticamente determinada.

20 El documento D3, FR 2 708 101, describe un sensor de fuerza-momento con el fin de encontrar el par y el momento de flexión que actúan sobre un cuerpo.

25 El documento D5, FR 2 696 002, muestra un sensor de fuerza-momento con una estructura tetraédrica que está estáticamente determinada.

30 El objetivo de la presente invención es la de materializar un dispositivo y definir un procedimiento para medir fuerzas y momentos, también apto para medir esfuerzos dinámicos.

Otro objetivo de la presente invención es realizar un dispositivo para medir fuerzas y momentos que sea preciso y sensible.

35 Otro objetivo de la presente invención es realizar un dispositivo y definir un procedimiento para medir fuerzas y momentos, que sean particularmente simples y funcionales, con un coste reducido.

Estos objetivos según la presente invención se alcanzan realizando un dispositivo y definiendo un procedimiento para medir fuerzas y momentos como los que se explican en las reivindicaciones independientes.

40 Se prevén otras características en las reivindicaciones dependientes.

45 Las características y ventajas de un dispositivo y un procedimiento para medir fuerzas y momentos según la presente invención se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la siguiente descripción, proporcionada a título de ejemplo no limitativo, haciendo referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los que:

- la figura 1 muestra esquemáticamente una primera forma de realización de un dispositivo para medir fuerzas y momentos según la presente invención; el dispositivo está sometido a unas fuerzas generalizadas T y F;
- 50 - la figura 2 es una vista desde arriba de una posible forma de realización del dispositivo de la figura 1;
- la figura 3 es una sección según la línea III-III de la figura 2, mostrada ampliada;
- la figura 4 muestra un elemento de conexión de tipo rótula esférica y deslizante realizado por medio de un elemento de elastómero;
- 55 - la figura 5 muestra esquemáticamente otra rótula esférica y deslizante realizada por medio de unos elementos elásticos;
- 60 - las figuras 6 a 8 muestran esquemáticamente una segunda forma de realización de un dispositivo para medir fuerzas y momentos según la presente invención, sometido a unas fuerzas generalizadas T y F;
- la figura 9 muestra otra forma de realización esquemática del dispositivo de las figuras 6-8;
- 65 - la figura 10 es una representación esquemática de una junta de Hooke elástica con elementos de flexión, que materializa un elemento de conexión elástico;

- las figuras 11 y 12 muestran una posible forma de realización de la junta de Hooke elástica con elementos de flexión de la figura 10; y

5 - las figuras 13 a 15 muestran esquemáticamente una forma de realización adicional de un dispositivo para medir fuerzas y momentos según la presente invención, sometido a unas fuerzas generalizadas T y F.

Con referencia a las figuras, se muestra un dispositivo para medir fuerzas y momentos, indicado completamente con 10, mostrado en tres realizaciones diferentes según la invención.

10 El dispositivo para medir fuerzas y momentos comprende una estructura de medición 12 compuesta por uno o más elementos y provista de una pluralidad de ligaduras o elementos de conexión para establecer una conexión entre los elementos de la propia estructura y/o un cuerpo en la cual se desea averiguar las fuerzas que actúan sobre él, de tal manera que la estructura 12 esté estáticamente indeterminada.

15 La estructura de medición 12 está sometida a dos fuerzas externas generalizadas, un vector de momento T y un vector de fuerza F, orientadas de cualquier forma, que son las fuerzas externas generalizadas que se desea medir y que actúan sobre el cuerpo.

20 Para dichas estructuras de medición es posible establecer una relación matemática entre el vector  $F_g = [F_x F_y F_z T_x T_y T_z]$  (definido por las componentes a lo largo de tres ejes de coordenadas de las fuerzas externas generalizadas F y T) y el vector  $S = [S_1 S_2 S_3 S_4 S_5 S_6]$  de magnitudes medidas en uno o más puntos de la estructura.

25 Las magnitudes medidas pueden ser deformaciones locales, cargas eléctricas generadas por deformaciones, variaciones de resistencia eléctrica debido a variaciones en deformaciones locales u otras, y pueden ser detectadas por medios de medición adecuados 14 dispuestos en la estructura 12.

En el caso estático, dicha relación puede ser del tipo  $F_g = F_g(S)$ .

30 Dicha relación matemática puede ser lineal, en cuyo caso los cálculos para definir  $F_g$ , conociendo el vector S, son, en realidad, relativamente simples:

$$F_g = C \cdot S$$

35 siendo C una matriz cuadrada invertible de orden 6.

En el caso dinámico la relación matemática puede ser del tipo:

$$\dot{S} = \dot{S}(S, u)$$

$$F_g = F_g(S, u)$$

40 en la que u es un vector que representa una alteración que es variable en el tiempo. En el caso en el que el sistema sea lineal, las ecuaciones dinámicas pasan a ser:

$$\dot{S} = A \cdot S + B \cdot u$$

$$45 \quad F_g = C' \cdot S + D \cdot u$$

en las que A, B, C' y D son matrices.

50 En el caso de estructuras estáticamente determinadas, las matrices C, A, B, C', D contienen principalmente términos dependientes de las dimensiones geométricas del dispositivo de medición; en el caso de estructuras estáticamente indeterminadas, las matrices C, A, B, C', D contienen tanto los términos dependientes de las dimensiones geométricas del dispositivo de medición como los términos relacionados con la rigidez, en particular, de las conexiones (juntas elásticas).

55 Las figuras 1 a 3 muestran una primera forma de realización con tres ligaduras de un dispositivo para medir fuerzas y momentos 10 según la presente invención, en particular adecuado, entre otras cosas, para montarse sobre el cubo de una rueda, no mostrada, para medir las fuerzas generalizadas que actúan sobre la propia rueda.

60 El dispositivo comprende las estructuras de medición 12 configuradas con tres brazos 15, por ejemplo dispuestos a

120°, que llevan en el extremo 16 los elementos de conexión o ligaduras que consten en tres rótulas esféricas 17 que son libres de trasladarse en la dirección del eje de los brazos 15 gracias a la limitación 18 de tipo deslizante realizada por medio de un manguito. En las figuras 1 a 3, como ejemplo, se muestran los brazos rectos 15, pero, por supuesto, la estructura de medición 12 puede consistir en un elemento que tenga tres brazos 15 con una forma más compleja.

Con las limitaciones que consisten en unas rótulas esféricas 17 y unos elementos deslizantes 18, cada brazo 15 de la estructura 12 está sometido a dos momentos de flexión que actúan ortogonalmente. Los dos esfuerzos de flexión, que son generados por los dos momentos de flexión perpendiculares antes mencionados, pueden ser medidos por dos pares de galgas extensiométricas 14a y 14b, como se muestra en las figuras 2 y 3, que constituyen un ejemplo de posibles medios de medición.

En una primera forma de realización, mostrada esquemáticamente en la figura 2 en una vista en sección parcial, las ligaduras dispuestas en el extremo de los brazos 15, en otras palabras las rótulas esféricas 17 con las correderas 18, pueden materializarse por medio de elementos elásticos con características adecuadamente definidas para evitar la introducción de errores significativos en la medición de las fuerzas generalizadas T y F. Por ejemplo, el elemento de conexión según uno de los ejes x y/o y y/o z puede ser un soporte elástico que sea muy rígido en la dirección radial y muy flexible en las otras direcciones. Por ejemplo, la figura 4 muestra, en una vista en sección parcial, una limitación del tipo de rótula esférica elástica y corredera elástica materializada con un elemento de elastómero 19, cuya forma puede ser diferente con respecto a la mostrada, insertada en dos cilindros externos 20, por ejemplo hechos de metal, dentro de los cuales se inserta el extremo 16 de cada brazo 15 de la estructura de medición 12, mostrada sólo parcialmente, que se somete así a una limitación que cede axialmente y es rígida radialmente.

La figura 5, por otro lado, muestra esquemáticamente un ejemplo adicional de una ligadura de tipo rótula esférica elástica 17 y corredera elástica 18, que comprende una junta de Hooke elástica 21 equipada con unos casquillos de holgura y fricción nulas 23, dispuesta en serie con una articulación cilíndrica elástica 22 que consiste en un casquillo adicional de holgura y fricción nulas 23, para realizar una rótula esférica 17 de holgura y fricción prácticamente nulas. Una placa delgada con cuatro extremos fijos 24 está colocada en serie con la articulación esférica 17, materializando una ligadura de tipo corredera 18, puesto que está cediendo axialmente debido a su elasticidad.

Los casquillos 23 de holgura y fricción prácticamente nulas pueden realizarse, por ejemplo, con una o más placas delgadas sometidas a un momento de flexión, dispuestas dentro de los propios casquillos, no mostrados, puramente como ejemplo del tipo de los producidos por la empresa C-Flex Bearing Co., Inc. FRANKFORT, NY 13340 USA.

Por tanto, para medir las fuerzas generalizadas que actúan a lo largo de ejes que pasan a través de un punto de un cuerpo genérico, la estructura de medición 12 del dispositivo para medir fuerzas y momentos 10, según la invención, que comprende los tres brazos 15, está adecuadamente amarrada con un cuerpo de este tipo. Las ligaduras dispuestas en los extremos de los brazos son del tipo rótula esférica 17 y corredera 18 elásticas y permiten que se obtenga una estructura estáticamente indeterminada. Partiendo de las seis mediciones de los momentos de flexión perpendiculares que actúan a lo largo de la longitud de cada brazo 15, por ejemplo obtenidas por medio de galgas extensiométricas 14, pueden medirse un vector de fuerza F, dividido en tres vectores dirigidos a lo largo de tres ejes de coordenadas, y un vector de momento M, dividido en tres vectores dirigidos a lo largo de tres ejes de coordenadas.

Las figuras 6 a 8 muestran una segunda forma de realización con seis ligaduras del dispositivo para medir fuerzas y momentos 10' según la presente invención, en la que la estructura de medición 12 está compuesta por dos elementos rígidos triangulares, una placa superior 25 y una placa inferior 26, unidas juntas en los respectivos tres vértices 25A, 25B, 25C, 26d, 26e y 26f a través de dos bielas 27 para cada vértice. Las dos bielas enlazan dos vértices contiguos del triángulo opuesto. Como se muestra en los dibujos 6 a 8, las bielas 27Ad y 27Af enlazan el vértice 25A del triángulo superior con los dos vértices contiguos 26d y 26f del triángulo inferior 26.

Con respecto a lo que se ha mostrado esquemáticamente en las figuras, los elementos rígidos triangulares 25 y 26 pueden tener una forma más compleja, justamente tal que las bielas 27 puedan alargarse o acortarse y disponerse espacialmente con diferentes proporciones con respecto a lo que se ha ilustrado.

Los elementos de conexión en los extremos de las bielas 27 se materializan por medio de rótulas esféricas o articulaciones esféricas 17 o, en vez de esto, elementos elásticos hechos de un elastómero que puede modelarse por medio de rótulas esféricas con baja rigidez en rotación. La estructura aquí descrita, en la que los elementos triangulares rígidos 25 y 26 están conectados a través de tres triángulos estáticamente determinados materializados por bielas 27, es conocida por el nombre de "estructura reticular hexápoda".

Una de las placas rígidas, por ejemplo la placa inferior 26, está conectada rígidamente a un cuerpo 11 del cual se desea medir el esfuerzo, como se muestra esquemáticamente en las figuras, en el que las fuerzas externas activas están indicadas esquemáticamente y descompuestas en tres ejes de coordenadas.

- 5 Cada biela 27, al estar sometida a fuerzas axiales, aparte de aproximaciones que llevan a errores insignificantes, puede utilizarse para medir la fuerza de tracción o compresión que actúa sobre ella. Conociendo las fuerzas, que son, por tanto, exclusivamente axiales o aproximadamente axiales, que actúan sobre cada biela, se tiene que a partir del equilibrio del triángulo superior 25 o el triángulo inferior 26, es posible derivar las fuerzas externas actuantes.
- A través de la relación introducida previamente  $F_g = C \cdot S$ , se establece la relación entre el vector de medición  $S$  y las fuerzas generalizadas actuantes.
- 10 En la figura 9 se muestra una forma de realización adicional del dispositivo para medir fuerzas y momentos 10'' según la presente invención, similar al dispositivo 10' descrito previamente. Las bielas 27 están conectadas a los elementos rígidos triangulares 25 y 26 a través de rótulas esféricas 17 que son distintas y no coinciden como en la figura 6, proporcionando mayor simplicidad de diseño de las propias juntas.
- 15 Como ya se ha descrito previamente para los brazos de la estructura de medición, las ligaduras en el extremo de las bielas pueden realizarse también por medio de elementos elásticos.
- Por ejemplo, pueden utilizarse elementos elásticos con características adecuadamente definidas para evitar la introducción de errores significativos en la medición de las fuerzas generalizadas  $T$  y  $F$ .
- 20 Por ejemplo, la junta de Hooke elástica 21 dispuesta en serie con la articulación cilíndrica elástica 22, que, en la figura 5, se muestran acopladas además a una chapa plana 24, representan una posible realización de una rótula esférica elástica 17.
- 25 En el caso en el que las fuerzas que actúan sobre las bielas 27 sean sustancialmente siempre fuerzas de tracción, la junta de Hooke elástica mostrada en la figura 5 podría sustituirse por la junta de Hooke elástica con elementos de fijación 28 mostrada esquemáticamente en la figura 10 y, según un posible ejemplo de realización no limitativo, en las figuras 11 y 12.
- 30 Las partes opuestas 29 a conectar a través de la junta de Hooke con elementos de flexión 28 terminan con un elemento de bifurcación 30, como se muestra en la figura 12, y pueden conectarse, por ejemplo a través de pernos, respectivamente a dos pares de placas delgadas 31 y 32 que materializan la junta según dos planos perpendiculares. De hecho, en sus extremos opuestos, las placas delgadas 31 y 32 están unidas a un elemento transversal 33 que consiste en dos elementos perpendiculares 34 unidos por un travesaño de separación 35.
- 35 La junta de Hooke elástica con elementos de flexión 28 tiene la ventaja de ser un sistema que, en el caso de deformaciones pequeñas, permite que se obtenga el comportamiento típico de una junta de Hooke con fricción y holgura prácticamente nulas. La junta de Hooke elástica con elementos de flexión puede utilizarse en el dispositivo para medir fuerzas y momentos, objeto de la presente invención, así como en otros dispositivos en los que sea necesario tener, para rotaciones de unos pocos grados, una doble articulación con ejes perpendiculares y con fricción y holgura prácticamente nulas.
- 40 Finalmente, en las figuras 13 a 15 se muestra esquemáticamente una realización adicional del dispositivo para medir fuerzas y momentos 10''' con tres ligaduras según la presente invención.
- 45 La estructura de medición 12, en la que se muestran esquemáticamente las fuerzas generalizadas externas activas, está construida por medio de dos elementos rígidos triangulares, una placa superior 25 y una placa inferior 26, enlazadas una a otra en los respectivos tres vértices 25A, 25B, 25C, 26d, 26e y 26f a través de tres elementos de cáscara 36, de forma sustancialmente triangular, que, en las figuras, se muestran planos sólo como ejemplo.
- 50 Los elementos 36Adf, 36Bde y 36Cef mostrados en las figuras se conectan al elemento interior 26 a través de una ligadura de tipo articulación 37 y al elemento superior 25 a través de una rótula esférica 17.
- 55 Los elementos triangulares rígidos 25 y 26 se conectan así a través de los tres elementos de cáscara 36 amarrados de una manera estáticamente determinada; cada elemento 36 se somete a un momento de flexión y a una acción axial y puede utilizarse para medir las fuerzas que actúan sobre el dispositivo.
- 60 En realidad, conociendo los esfuerzos que actúan sobre cada elemento 36, los cuales pueden medirse, por ejemplo, por medio de galgas extensiométricas según lo que se ha ilustrado, se tiene que, a partir del equilibrio del triángulo superior 25 o el triángulo inferior 26, pueden calcularse las fuerzas generalizadas externas actuantes a través de la relación introducida previamente  $F_g = C \cdot S$ .
- 65 Las ligaduras 17 y 37 mostradas esquemáticamente en las figuras pueden materializarse por medio de elementos elásticos.
- Por ejemplo, pueden utilizarse elementos elásticos con características adecuadamente definidas para evitar la

introducción de errores significativos en la medición de las fuerzas generalizadas T y F.

El dispositivo y el procedimiento para medir fuerzas y momentos objeto de la presente invención tienen la ventaja de ser fácilmente adaptables para medir las fuerzas que actúan sobre diferentes tipos de cuerpos.

5 El dispositivo y el procedimiento para medir fuerzas y momentos objeto de la presente invención tienen la ventaja de ser de construcción simple y robusta. Puesto que el dispositivo de medición está montado de una manera sustancialmente determinada en el aspecto estático (cuando el conjunto es estáticamente indeterminado, los efectos que proceden de un conjunto estáticamente indeterminado son controlados y tienen una influencia mínima debido a  
10 que la rigidez de las conexiones está siempre predefinida, y así, al ser relativamente baja, la deformación de las ligaduras tendrá poca influencia sobre la medición, un hecho que no puede asegurarse con otros sistemas conocidos montados de una manera altamente indeterminada en el aspecto estático.

15 El dispositivo para medir fuerzas y momentos así concebido es susceptible de numerosas modificaciones y variantes, todas ellas comprendidas en la invención; además, todos los detalles pueden sustituirse por elementos técnicamente equivalentes. En la práctica, los materiales utilizados, así como los tamaños, pueden ser cualesquiera de conformidad con los requisitos técnicos.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para medir fuerzas y momentos que actúan sobre un cuerpo, que comprende la aplicación sobre dicho cuerpo (11) de una estructura de medición (12), comprendiendo dicha estructura de medición (12) uno o más elementos, estando conectado dicho cuerpo (11) a dichos uno o más elementos a través de una pluralidad de elementos de conexión elásticos o ligaduras elásticas (17, 18, 37) de una manera estáticamente indeterminada; siendo tensionado dicho cuerpo (11) por unas fuerzas generalizadas descritas por el vector  $F_g = [F_x \ F_y \ F_z \ T_x \ T_y \ T_z]$  que va a ser determinado, definiéndose  $F_g$  por las componentes a lo largo de tres ejes de coordenadas de las fuerzas externas generalizadas, es decir, un vector de momento  $T$  y un vector de fuerza  $F$  orientados de cualquier modo, obteniéndose dicho vector  $F_g$  mediante la medición sobre dicha estructura de medición (12) de seis magnitudes en uno o más puntos, estando definidas dichas magnitudes por un vector  $S = [S_1 \ S_2 \ S_3 \ S_4 \ S_5 \ S_6]$ ; caracterizado porque comprende la etapa de derivar los vectores  $F$  y  $T$  de una relación matemática entre  $F_g = [F_x \ F_y \ F_z \ T_x \ T_y \ T_z]$  y  $S = [S_1 \ S_2 \ S_3 \ S_4 \ S_5 \ S_6]$  para estructuras estáticamente indeterminadas, comprendiendo dicha relación matemática unas matrices que contienen términos dependientes de las dimensiones geométricas de dicha estructura de medición (12) y términos relacionados con la rigidez de dichos elementos de conexión elásticos o ligaduras elásticas (17, 18, 37).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque en una estructura de medición (12), que comprende tres brazos (15) que llevan en el extremo (16) dichos elementos de conexión que consisten en unas rótulas esféricas (17) libres de trasladarse en la dirección del eje de los brazos (15) gracias a una ligadura adicional (18) de tipo corredera, se miden seis momentos de flexión, siendo dichos seis momentos dos momentos de flexión perpendiculares para cada brazo.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque en una estructura de medición, que comprende dos elementos rígidos triangulares, una placa superior (25) y una placa inferior (26), enlazadas juntas en los respectivos tres vértices (25A, 25B, 25C, 26d, 26e y 26f) a través de dos bielas (27) para cada vértice, siendo aptas dichas bielas (27) para unir dos vértices contiguos del triángulo opuesto (25, 26) a través de unos elementos de conexión realizados por medio de unas rótulas esféricas (17), se miden seis acciones axiales, una por cada biela.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque en una estructura de medición, que comprende dos elementos rígidos triangulares, una placa superior (25) y una placa inferior (26), enlazadas juntas en los respectivos tres vértices (25A, 25B, 25C, 26d, 26e y 26f) a través de tres elementos de cáscara (36) conectados a dicho elemento inferior (25) y a dicho elemento superior (26), respectivamente, a través de una ligadura de tipo articulación y carro (37) y una rótula esférica (17), se miden tres acciones axiales y tres momentos de flexión en tres elementos.
5. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dichas seis mediciones se llevan a cabo por medio de unas galgas extensiométricas (14).
6. Dispositivo para medir fuerzas y momentos que actúan sobre un cuerpo, que comprende una estructura de medición (12) compuesta por uno o más elementos y provista de una pluralidad de elementos de conexión elásticos o ligaduras elásticas para la conexión entre los elementos de la estructura (12) y dicho cuerpo (11) sometido a fuerzas generalizadas, es decir, un vector de momento  $T$  y un vector de fuerza  $F$  orientados de cualquier modo descrito por el vector  $F_g = [F_x, F_y, F_z, T_x, T_y, T_z]$  que se desea medir, en el que dicha estructura (12) es estáticamente indeterminada, estando equipada dicha estructura (12) con unos medios para medir (14) en uno o más puntos, seis magnitudes de esfuerzo  $S = [S_1 \ S_2 \ S_3 \ S_4 \ S_5 \ S_6]$  y/o deformación a partir de las cuales pueden calcularse matemáticamente el vector de fuerza  $F = [F_x, F_y, F_z]$  y el vector de momento  $T = [T_x \ T_y \ T_z]$  que actúan sobre el cuerpo (11), caracterizado porque dicho dispositivo comprende además unos medios adaptados para calcular matemáticamente el vector de fuerza  $F = [F_x, F_y, F_z]$  y el vector de momento  $T = [T_x \ T_y \ T_z]$  que actúan sobre el cuerpo a partir de dichas seis magnitudes de esfuerzo y/o deformación medidas y a partir de unas matrices que contienen términos dependientes de la dimensión geométrica de dicha estructura de medición (12) y términos relacionados con la rigidez de dichos elementos de conexión elásticos o ligaduras elásticas (17, 18, 37).
7. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado porque dicha estructura (12) comprende tres brazos (15) que llevan en el extremo (16) unos elementos de conexión que consisten en unas rótulas esféricas (17) libres de trasladarse en la dirección del eje de los brazos (15) gracias a una ligadura adicional (18) de tipo corredera recta.
8. Dispositivo según la reivindicación 7, caracterizado porque dichas rótulas esféricas (17) con una corredera (18) consisten en un soporte elástico que es rígido en su dirección radial y flexible en la otra dirección, comprendiendo un elemento realizado a partir de elastómero (19) insertado en uno o dos elementos de contención (20), dentro de los cuales se coloca el extremo (16) de dicho brazo (15).
9. Dispositivo según la reivindicación 7, caracterizado porque dichas rótulas esféricas (17) con una corredera (18) consisten en una junta de Hooke elástica (21) equipada con unos casquillos de holgura y fricción nulas (23), dispuesta en serie con una articulación cilíndrica elástica (22) que consiste en un casquillo adicional de holgura y fricción nulas (23), apto para realizar una rótula esférica con holgura y fricción prácticamente nulas, colocado en serie con una placa delgada con cuatro extremos fijos (24) que ceden elásticamente de manera axial, apta para

realizar una ligadura (18) de tipo corredera.

- 5 10. Dispositivo según la reivindicación 7, caracterizado porque cada uno de dichos brazos (15) está equipado con dos pares de galgas extensiométricas (14a, 14b), siendo aptos dichos medios de medición (14) para medir dos momentos de flexión perpendiculares que actúan en cada brazo (15).
- 10 11. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado porque dicha estructura comprende dos elementos rígidos triangulares, una placa superior (25) y una placa inferior (26), unidas juntas en los respectivos tres vértices (25A, 25B, 25C, 26d, 26e y 26f) a través de dos bielas (27) para cada vértice, siendo aptas dichas bielas (27) para enlazar dos vértices contiguos del triángulo opuesto (25, 26) a través de unos elementos de conexión realizados por medio de unas rótulas esféricas (17).
- 15 12. Dispositivo según la reivindicación 11, caracterizado porque dichas rótulas esféricas (17) son elásticas y se llevan a cabo por medio de elementos realizados a partir de elastómero diseñados con baja rigidez en rotación.
- 20 13. Dispositivo según la reivindicación 11, caracterizado porque dichas rótulas esféricas (17) consisten en una junta de Hooke elástica (21) equipada con unos casquillos de holgura y fricción nulas (23), dispuesta en serie con una articulación cilíndrica elástica (22) que consiste en un casquillo adicional de holgura y fricción nulas (23).
- 25 14. Dispositivo según la reivindicación 11, caracterizado porque dichas rótulas esféricas (17) consisten en una junta de Hooke elástica con unos elementos de flexión (28) que comprenden una cruceta (33) que consiste en dos brazos perpendiculares (34) unidos por un travesaño de separación (35), en el que dos pares de placas delgadas (31, 32), aptas para realizar una doble articulación con ejes perpendiculares y fricción y holgura prácticamente nulas, están enlazadas con los brazos (34).
- 30 15. Dispositivo según la reivindicación 14, caracterizado porque cada uno de dichos pares de placas delgadas (31, 32) está conectado en el extremo opuesto con respecto a la cruceta (33) a un elemento de horquilla (30) apto para formar una sola pieza con las partes que van a ser interconectadas.
- 35 16. Dispositivo según la reivindicación 11, caracterizado porque dichas bielas (27) están equipadas con unos medios para medir (14) la fuerza de tracción o compresión axial a la cual son sometidas.
- 40 17. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado porque dicha estructura (12) comprende dos elementos rígidos triangulares, una placa superior (25) y una placa inferior (26), unidas juntas en los respectivos tres vértices (25A, 25B, 25C, 26d, 26e y 26f) a través de tres elementos de cáscara (36) conectados a dicho elemento inferior (25) y a dicho elemento superior (26), respectivamente, a través de una ligadura de tipo articulación y carro (37) y una rótula esférica (17).
- 45 18. Dispositivo según la reivindicación 17, caracterizado porque dicha ligadura de tipo articulación y carro (37) consiste en la combinación de cojinetes lisos, cojinetes de bolas radiales o bien un manguito con bolas y/o rodillos.
19. Dispositivo según la reivindicación 17, caracterizado porque dichas rótulas esféricas (17) son rígidas y se realizan por medio de rótulas esféricas, cojinetes autoalineables o bien cojinetes de bolas radiales equipados con una holgura adecuada.
20. Dispositivo según la reivindicación 17, caracterizado porque dichos elementos (36) están equipados con unos medios (14) para medir la flexión y la acción axial a la cual son sometidos.

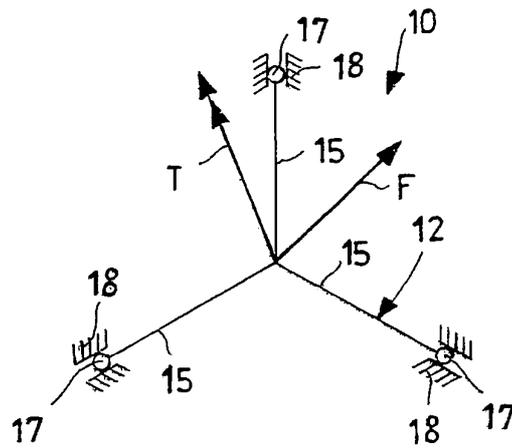


Fig.1

Fig.2

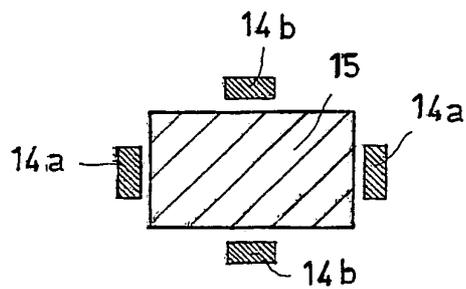
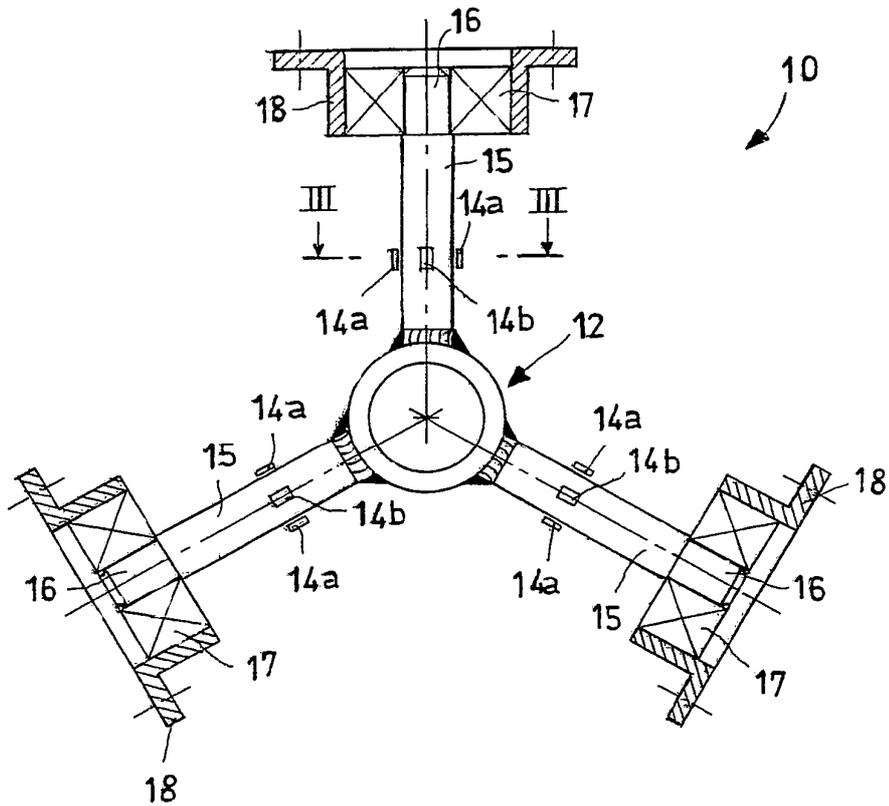


Fig.3

Fig.4

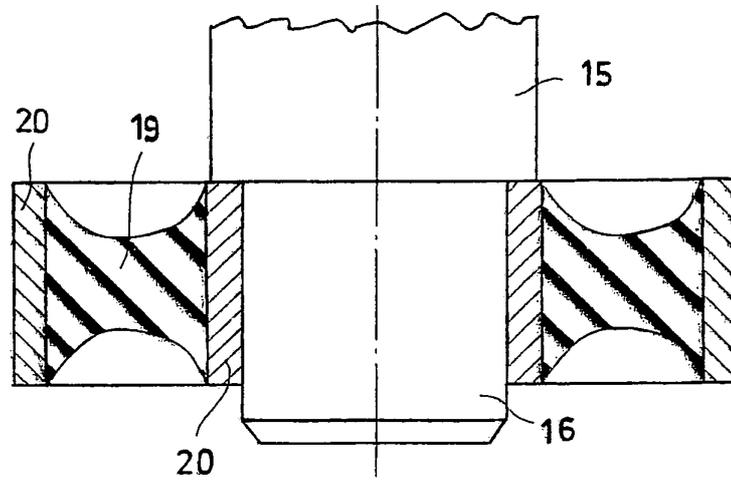
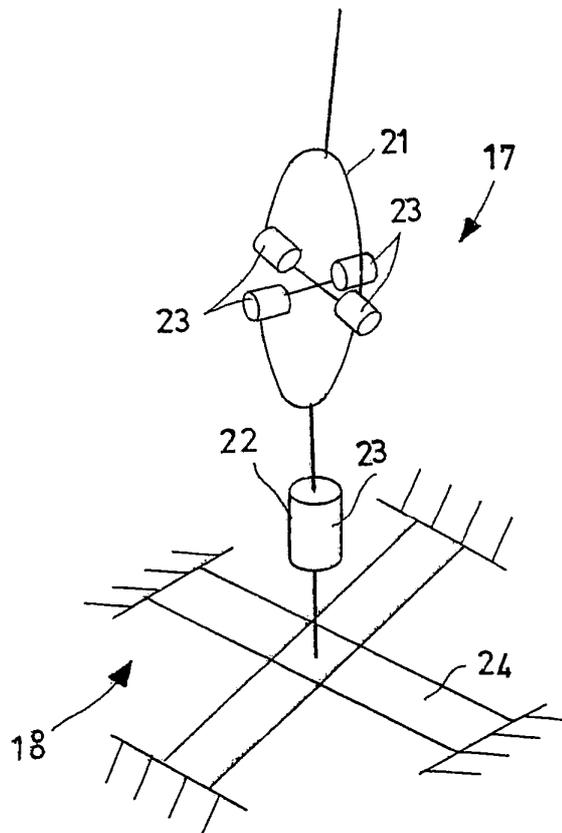
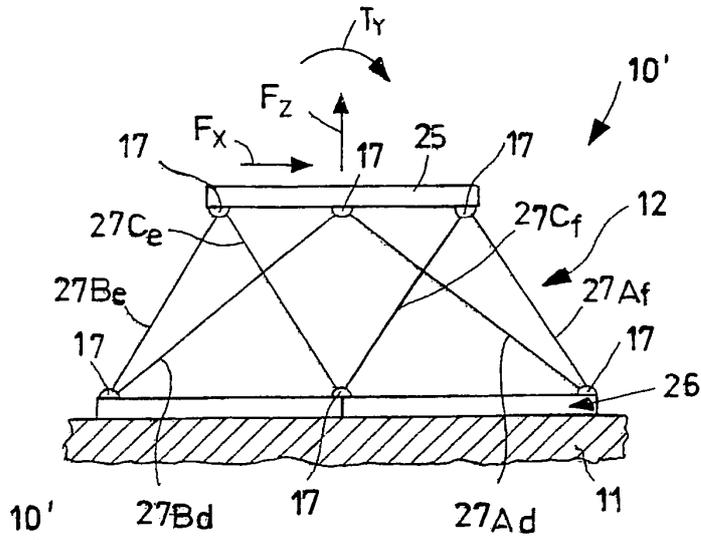
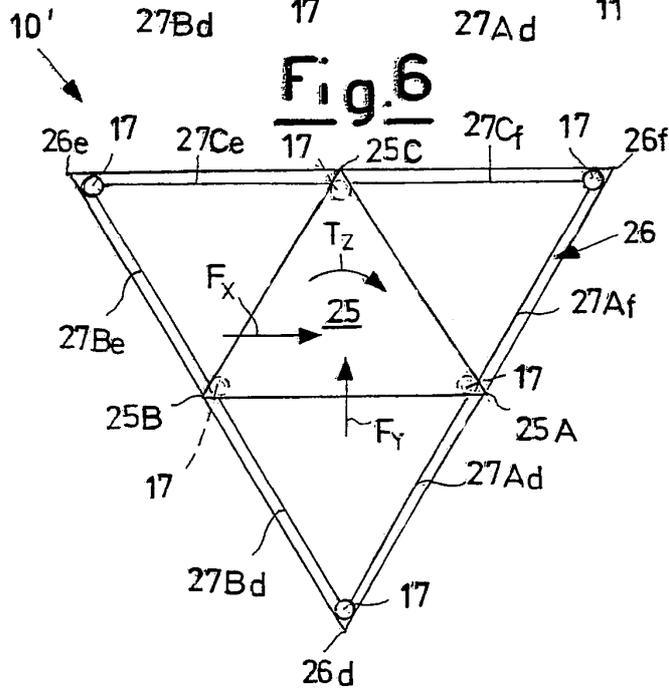


Fig.5

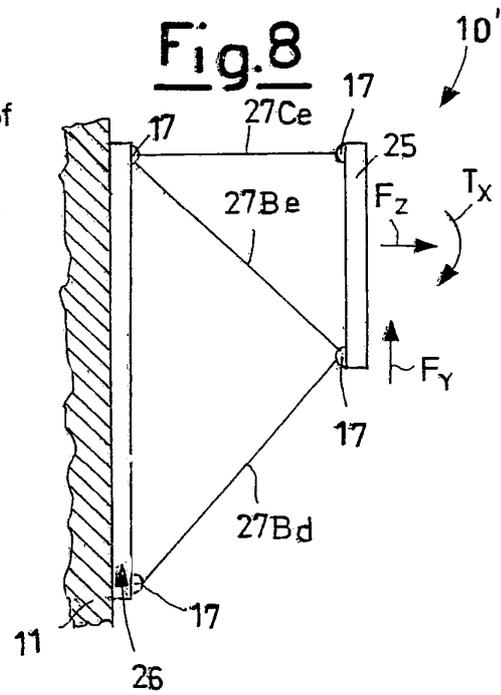




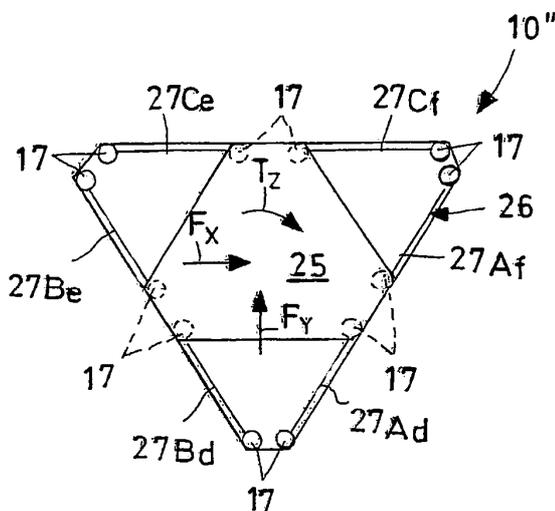
**Fig. 6**



**Fig. 7**



**Fig. 8**



**Fig. 9**

Fig.10

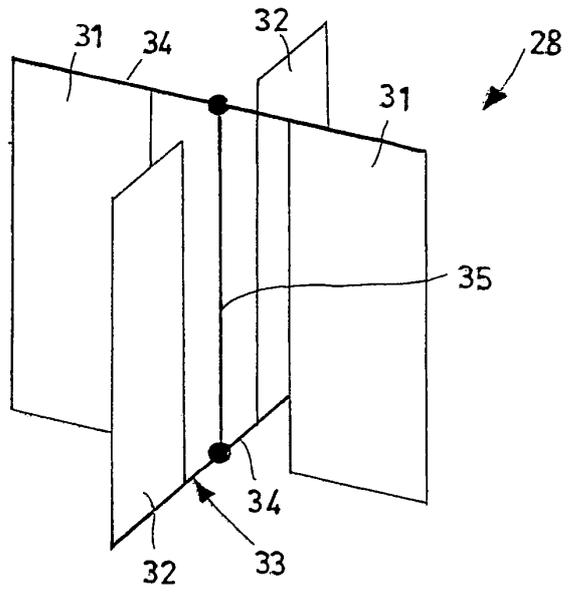


Fig.11

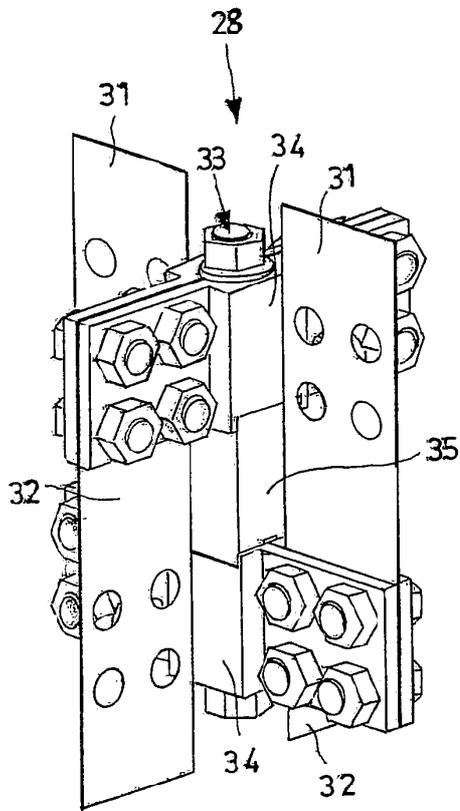
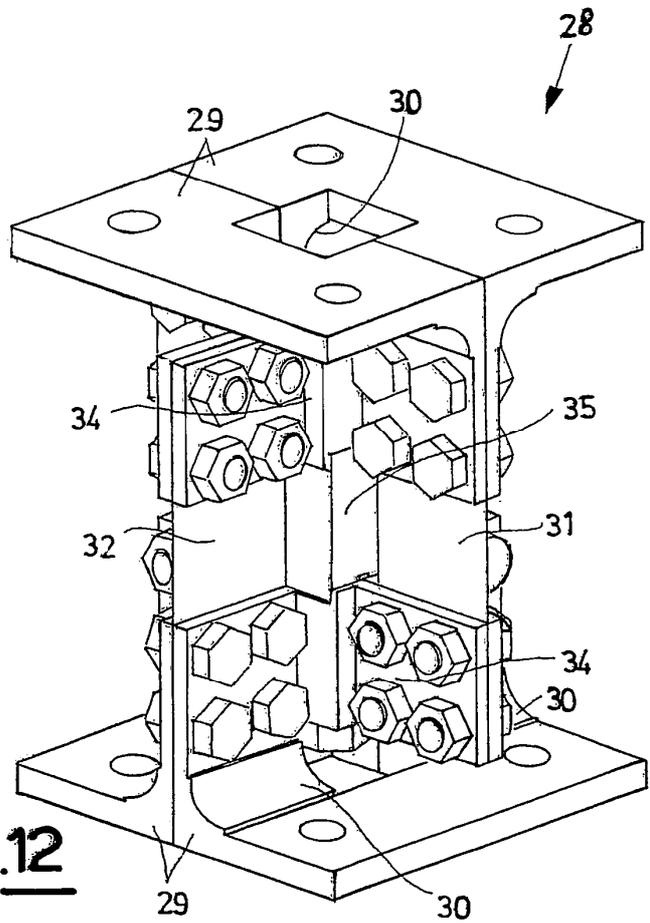


Fig.12



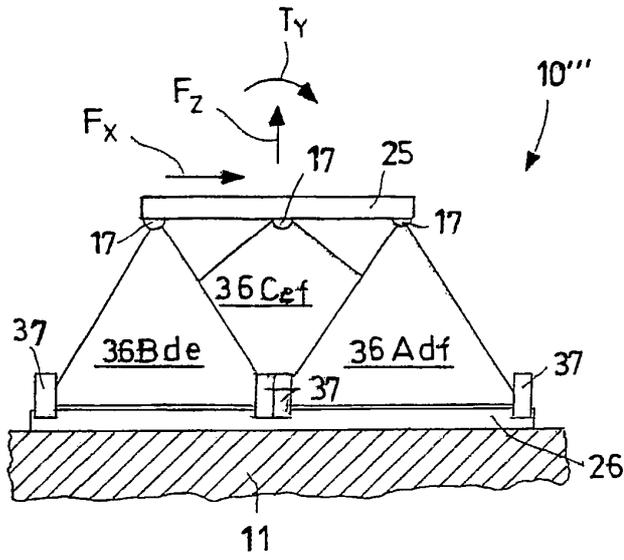


Fig. 14

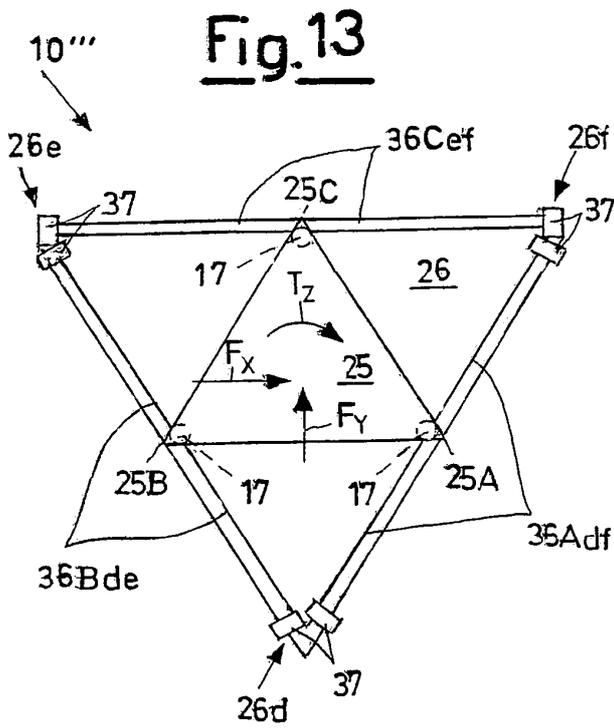


Fig. 13

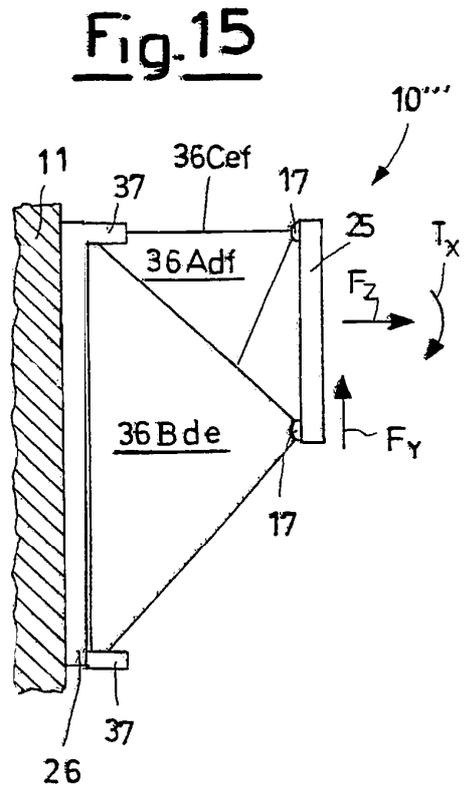


Fig. 15