



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① N.º de publicación: **ES 2 078 837**

② Número de solicitud: 9202491

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>: G01J 5/28

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A2

② Fecha de presentación: **04.12.92**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **16.12.95**

④ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**16.12.95**

⑦ Solicitante/s:  
**Universidad Politécnica de Cataluña,  
Antoni Giro Roca Vicerrector Invest.  
Av. del Doctor Gregorio Marañón s/n  
08028 Barcelona, ES**

⑦ Inventor/es: **Cremades Oliver, Lázaro;  
Bartolomé Lacambra, Carlos;  
Güell i Rosset, Oriol;  
Muñoz Muñoz, Blas José y  
Ruiz Torrejón, Salvador**

⑦ Agente: **No consta**

⑤ Título: **Sistema de posicionado automático de la banda parasol de un piranómetro.**

⑤ Resumen:

Sistema de posicionado de la banda parasol de un piranómetro.

La finalidad de la invención es automatizar el funcionamiento de sistemas que miden irradiancia difusa del sol, facilitando la toma de datos y suprimiendo la labor manual del posicionado correcto de la banda parasol. Esta invención es adaptable a los diferentes modelos que se basan en el método de banda parasol, existentes o no en la actualidad. No obstante, presentarán pequeñas variaciones en el sistema mecánico. La invención se caracteriza por impedir de forma automática la incidencia de radiación directa sobre el instrumento de medida de irradiancia solar (piranómetro).

## DESCRIPCION

Sistema de posicionado automático de la banda parasol de un piranómetro.

### Estado de la técnica

Para medir la radiación solar difusa es necesario un dispositivo que genere sombra constantemente sobre un piranómetro. En la actualidad existen dos métodos diferentes de conseguirlo.

Método del plato: consiste en un plato (1, figura 1) que genera siempre sombra al piranómetro (3) y se sustenta por una varilla (2). El correcto posicionado del plato exige un movimiento que, como mínimo, requiere dos grados de libertad. Este método actualmente está automatizado.

Método de la banda parasol: se basa en una banda circular (9, figura 2) que se orienta de este a oeste de forma que en un día genere la sombra sobre el piranómetro.

Se describe a continuación y a modo de referencia una configuración típica del dispositivo. El soporte del piranómetro (4, figura 2) tiene como finalidad sujetar al piranómetro (3) y ofrecer una referencia exacta de su posición. Por debajo del plano (5), lugar donde se sitúa el piranómetro (3), hay un cilindro transversal (6) que actúa de pedestal y sobre el que se apoya y rota otro cilindro (7).

El ángulo  $\alpha$  entre ambos cilindros ha de coincidir con la colatitud del lugar geográfico donde se ubicará el artefacto. Ver figura 3.

Por otro lado el soporte de la banda parasol (8) es el elemento de unión entre la banda parasol (9) y el cilindro (7). Ver el despiece en las figuras 3 y 4. Estos elementos tienen un movimiento relativo entre ellos (mediante por ejemplo una cremallera (10, figura 3) y un engranaje).

Con este dispositivo, para lograr que durante un año la sombra generada incida siempre sobre el piranómetro, es necesario desplazar la banda parasol en la dirección del cilindro 7 de la figura 2.

Este último método es el más usado en Europa y actualmente no está automatizado, por tanto requiere la presencia de un operario que se encargue periódicamente del correcto posicionado de la banda parasol.

### Breve descripción de la invención.

La finalidad de la invención es automatizar el funcionamiento de sistemas que miden irradiancia difusa del Sol, facilitando la toma de datos y suprimiendo la labor manual del posicionado correcto de la banda parasol. Esta invención es adaptable a los diferentes modelos que se basan en el método de banda parasol, existentes o no en la actualidad. No obstante, presentarán pequeñas variaciones en el sistema mecánico.

La invención se caracteriza por impedir de forma automática la incidencia de radiación directa sobre el instrumento de medida de irradiancia solar (piranómetro).

La invención implica el movimiento con un solo grado de libertad, lo cual simplifica enormemente los sistemas mecánicos y de control.

El objeto de la presente invención consta básicamente de tres sistemas: sistema de detección, sistema de control y sistema mecánico.

### - Descripción del sistema de detección.

Está formado por dos transductores de luz a señal eléctrica, ya sea corriente o tensión. Su función es informar al sistema de control de las condiciones de irradiación que hay en todo momento alrededor del instrumento de medición; es decir, si el posicionamiento de la banda parasol es correcto.

El posicionado es correcto cuando no incide radiación directa sobre los transductores.

### - Descripción del sistema de control.

El sistema de control está constituido por un dispositivo electrónico que interpreta y adecúa las señales que llegan de los transductores de luz/señal eléctrica. Este sistema genera una señal hacia el sistema mecánico que produce el posicionado correcto de la banda parasol en el momento oportuno. La generación de la señal de control es función de los valores recibidos de los captadores y los de referencia que incorpora para evitar inestabilidades debido al paso de nubes u otros elementos extraños que produzcan variaciones de irradiación solar bruscas.

### - Descripción del sistema mecánico.

El sistema mecánico está formado principalmente por dos partes: una fija (figura 3) y una móvil (figura 4). La parte fija actúa como soporte pedestal del piranómetro y como referencia exacta del mismo. Está formado por un soporte pedestal, donde es posible la ubicación del piranómetro y su posicionado perfectamente horizontal; y por un cilindro transversal (6, figura 3) sobre el que se apoya y rota el cilindro 7, guía y soporte de la parte móvil.

La parte móvil está formada por la banda parasol (9, figura 4) y por el soporte de dicha banda. Las dos partes tienen movimiento entre sí gracias a, por ejemplo, una cremallera (10 de la figura 3). Sobre el soporte de la banda parasol (8) en el plano 11, se sitúa un pequeño motor y reductor adecuado de forma que se pueda realizar el movimiento de posicionado de la banda parasol sin la necesidad de la labor humana. Es imprescindible que todos los elementos móviles a excepción de un arco de la banda parasol queden por debajo del plano horizontal de captación del piranómetro.

### Descripción de la invención

El movimiento a automatizar de la banda parasol es necesario debido a una variación diaria del plano de la eclíptica respecto al Ecuador que obliga a un movimiento periódico de la banda parasol.

El posicionado de la banda parasol debe ser tal que no incida radiación directa del Sol sobre la cúpula del piranómetro, de forma que se produzca una sombra permanente sobre el piranómetro a lo largo de todo el año, corrigiéndose automáticamente la posición de la banda por la acción coordinada de los tres sistemas.

El sistema mecánico no constituye propiamente parte de la invención y no es más que la concreción material de cualquier dispositivo capaz de producir movimiento entre la parte fija (figura 3) y la parte móvil (figura 4).

### - Sistema de detección:

Para conseguir el correcto posicionado de la banda parasol se han situado dos transductores (12, figura 4) del sistema de detección centrados

respecto al piranómetro. Debido a la variación de la eclíptica a lo largo del año la proyección de la sombra de la banda parasol sobre el plano de captación del piranómetro no es constante sino que varía, pasando por una sombra mínima "D" (ver figura 5). Los captadores han de estar situados centrados y a una distancia "d" menor que la sombra mínima para evitar inestabilidades. Estos captadores en su funcionamiento normal han de situarse dentro de la sombra parasol de forma que el piranómetro mida entonces valores de irradiancia difusa al incidir sombra su cúpula. A medida que transcurre el tiempo el límite de la sombra se irá acercando a uno de ellos; variando la irradiancia que recibe.

- *Sistema de control:*

Los captadores están recibiendo valores de irradiancia difusa en su funcionamiento normal (alrededor de 200 W/m<sup>2</sup>) pero debido a que los valores de irradiación difusa en días claros se solapan con los valores de irradiación total de los días oscuros. La señal de un único captador no es suficiente para generar una correcta señal de gobierno. En la invención se realiza la señal de gobierno basándose no en un captador, sino en la diferencia de al menos dos captadores. Cuando un captador está recibiendo sólo irradiación total dará siempre un valor más alto que el otro que estará recibiendo irradiancia difusa. Esta señal diferencia se compara después con unos valores umbrales para asegurarnos de que realmente haya incidencia de irradiación sobre un captador.

Es importante que los transductores (12) estén situados por debajo del plano horizontal que define la superficie de captación del piranómetro para no disminuir el factor de visión del mismo y distorsionar las medidas tomadas. Al mismo tiempo han de estar centrados respecto al piranómetro. Dependiendo del modelo de piranómetro, es necesario situarlos por debajo de la carcasa de protección (13) y, por ejemplo, agujerarla para que puedan recibir irradiancia del exterior.

Ejemplo

Se dota al sistema de un accionamiento formado por un motor y una transmisión. El control del desplazamiento se consigue mediante dos fotodiodos convenientemente situados, de forma que, cuando la diferencia de irradiancia incidente en cada uno es superior a 46 W/m<sup>2</sup>, el subsistema de control da señal de movimiento y se corrige la posición de inmediato.

El sistema se encuentra la mayor parte del tiempo en estado de reposo, a la espera del momento en que deba ser corregida su posición. La etapa de movimiento durará menos de 5 segundos y la frecuencia con que éste se produce depende de la época del año (la separación en el tiempo de desplazamientos sucesivos oscila entre 3 días y 3 semanas, aproximadamente).

Tal como se ha apuntado, el sistema incorpora dos fotodiodos simétricamente dispuestos de forma que en estado de reposo se encuentran ambos bajo la sombra mínima de la banda parasol. En esta situación la diferencia de señales que proporcionan cada uno de los fotodiodos es prácticamente nula y el sistema de control no facilita orden de gobierno.

El cambio de la declinación solar con el transcurso del tiempo provoca distintas incidencias de radiación en cada uno de los fotodiodos, hasta que, alcanzado el valor umbral, el sistema de control activa el mecanismo incorporado al sistema y este corrige automáticamente su posición. Tras el intervalo de movimiento, el sistema queda de nuevo en estado de reposo.

En un día soleado normal la irradiancia solar oscila entre un valor máximo de 750 W/m<sup>2</sup> (exposición directa a la luz solar) y un mínimo de 150 W/m<sup>2</sup> (a la sombra). Los fotodiodos de control deberán ser sensibles a estos márgenes, aunque no rigidamente, por cuanto la orden de gobierno no puede darse ante eventualidades tales como niebla, calima, sombras producidas por el paso de nubes... o bien durante la noche.

El diseño del sistema de regulación se basa en detectar la presencia de luz directa del Sol en las proximidades de la cúpula del piranómetro. Para ello se han situado dos fotodiodos separados entre sí una distancia que será igual a la mínima de la sombra generada por la banda parasol.

La señal que envían los diodos sigue una ley creciente, función de la irradiancia. Debido a que los valores de irradiancia difusa (captados si se proyecta sombra sobre el piranómetro) en un día claro y los de directa (si se produce exposición al sol) en un día oscuro se confunden, la señal de gobierno será la diferencia entre los valores dados por los fotodiodos. Esta señal diferencia será amplificada y se comparará con los valores de referencia.

El margen creado por las dos señales de referencia impide el movimiento de la banda parasol.

El sistema de regulación está compuesto por:

a) Transductor luz - tensión.

La irradiación incide sobre los fotodiodos generando una pequeña corriente. Por tanto los fotodiodos actúan como un generador de corriente. Esta corriente entra en un circuito amplificador de transconductancia típico, con una ganancia de 8200.

b) Amplificador diferencial.

Es un circuito también standard, con una ganancia diferencial de 10. Está formado por resistencias, y amplificadores operacionales del tipo LM741.

c) El generador de la señal de control.

Consta de dos etapas: etapa de generación y etapa de amplificación de corriente. La etapa de generación esta formada por dos circuitos comparadores para generar la señal de control. Esta etapa está constituida por amplificadores operacionales tipo LM741 trabajando como comparadores y diodos. La señal aquí generada pasa a la etapa de amplificación diferencial de corriente para, generar una intensidad que sea capaz de actuar sobre los relés del motor.

Esta última etapa de potencia está formada por transistores y resistencias.

El sistema eléctrico aparece integrado por los elementos:

- baterías de 12 V que actúan como fuente de alimentación del sistema,

- un interruptor de protección ante sobrecorrientes,

- un juego de relés que controla el sentido de giro del motor mediante la inversión de la tensión,

- un motorreductor de continua que constituye el accionamiento del artefacto automatizado.

En lo que se refiere al motor, las exigencias mecánicas obligan a la incorporación de un reductor al cuerpo del motor.

Considerando estos factores, conviene adquirir un motorreductor. Las características de dicho motor deberán ser:

- motor de excitación independiente
- velocidad nominal de rotación de 20 rpm
- par de arranque a la salida del eje de 30

mN.m

- potencia útil máxima de 3,9 W.

Se elige un motor de continua por el hecho de constituir el tipo de accionamiento susceptible de mejor regulación. Además se ha optado por un modelo de excitación independiente por cuanto constituye, de entre los de su clase, la categoría más robusta. A partir de las especificaciones impuestas por el motor es posible caracterizar y dimensionar los restantes elementos del sistema eléctrico.

El juego de relés tendrá como misión invertir la tensión en bornes del motor para determinar su sentido de giro. Se caracterizarán por los siguientes parámetros:

- 12 V y 3 A en el circuito de potencia
- 12 V en el circuito de control

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**REIVINDICACIONES**

1. Automatización de la banda parasol de un piranómetro mediante un dispositivo que permite el correcto posicionado de ésta con un movimiento de un solo grado de libertad, y **caracterizado** por que la señal de gobierno por parte del sistema de control se obtiene a partir del contraste entre

5

las señales de, al menos, dos transductores, entendiéndose por tales cualquier dispositivo capaz de transformar irradiación solar o cualquiera de sus efectos físicos sobre la materia (como, por ejemplo, dilatación, variación de la temperatura,...) en una señal susceptible de ser tratada por cualquier dispositivo de control para generar la señal de gobierno.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

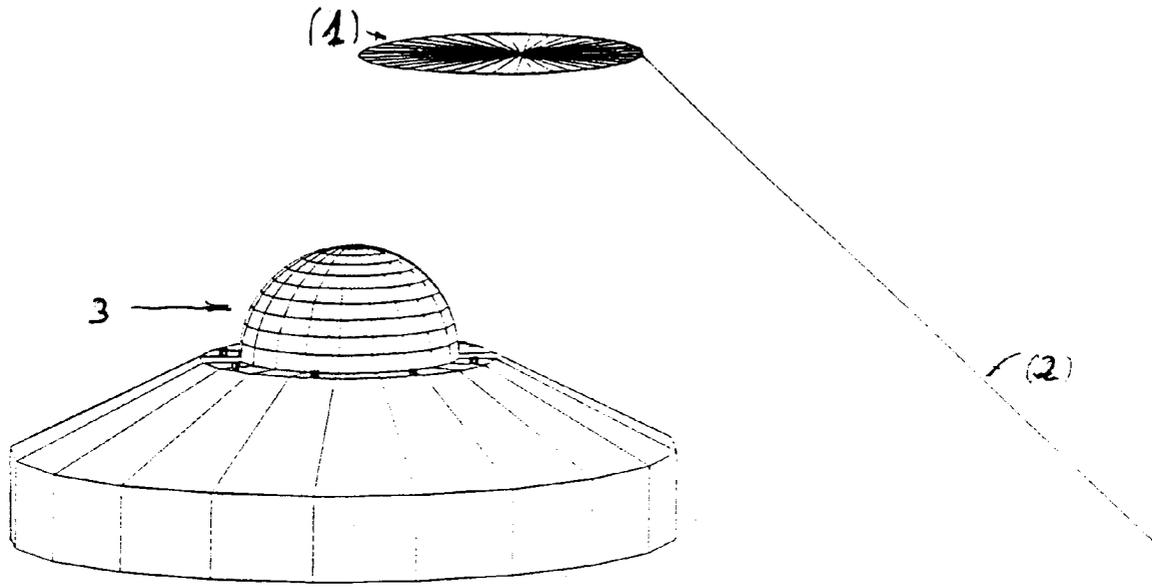


FIGURA 1  
MODELO DE PIRANOMETRO BASADO EN PLATO

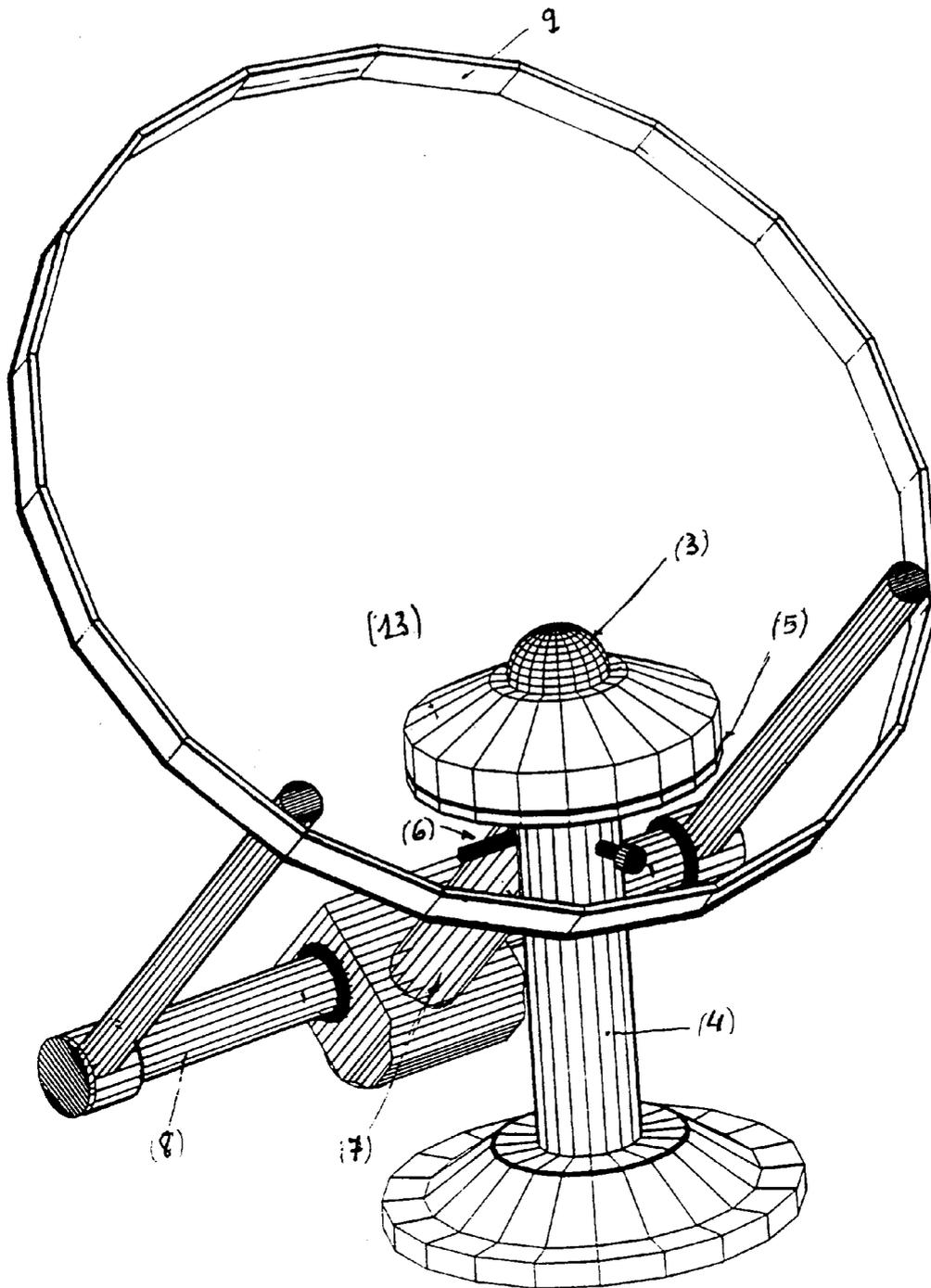


FIGURA 2  
MODELO DE PIRANOMETRO BASADO EN BANDA SOLAR

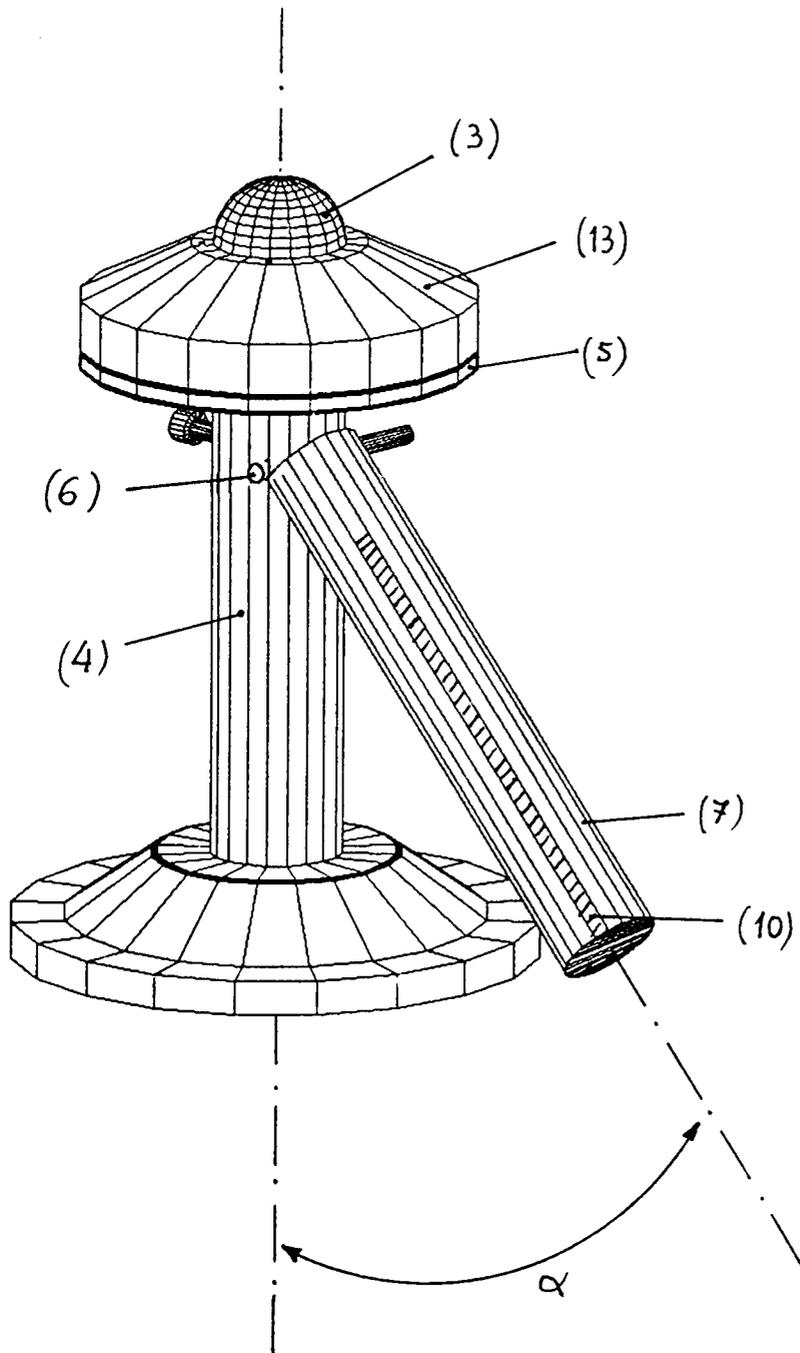


FIGURA 3  
PARTE FIJA DEL SISTEMA MECANICO

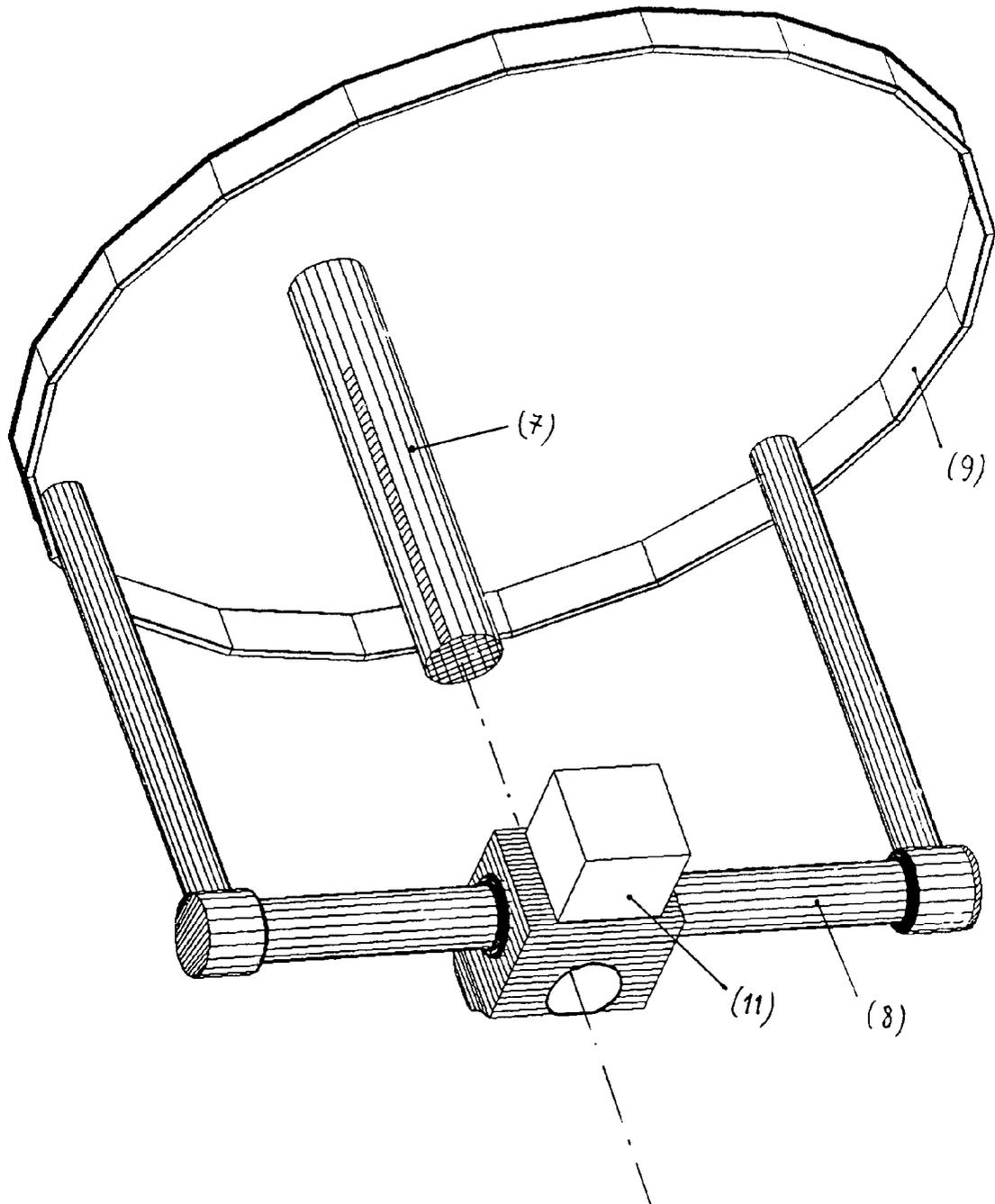


FIGURA 4  
PARTE MOVIL DEL SISTEMA MECANICO

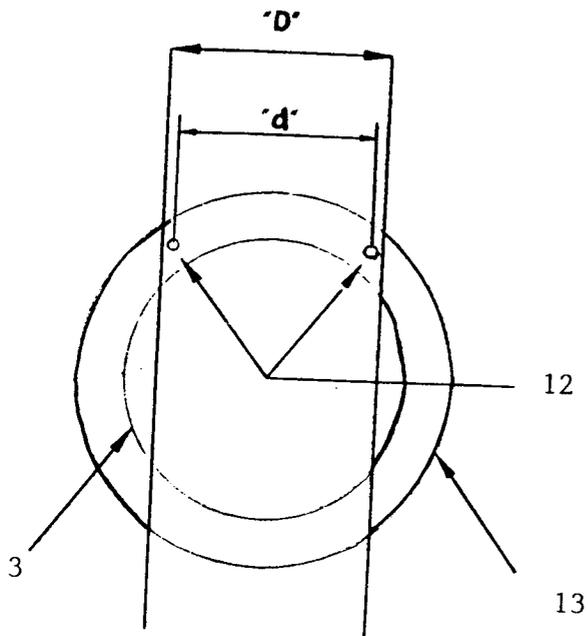


FIGURA 5 UBICACION DE LOS TRANSDUCTORES