

ESPAÑA

18 ES	11 21	NUMERO 448.697	10 A1
	22	FECHA DE PRESENTACION 9.6.76	

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO 75/18010	10.6.75	Francia

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL G05D	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
------------------------	--	--------------------------------------

54 TITULO DE LA INVENCION "METODO DE RECONOCIMIENTO DE FORMAS PARA UNA PIEZA AISLADA TRIDI MENSIONAL"
---

71 SOLICITANTE (S) SOFERMO (S0804. JD.)
--

DOMICILIO DEL SOLICITANTE Allée de la Forêt, 92360 MEUDON-LA-FORÊT, Francia
--

72 INVENTOR (ES) Jean Chabrol y Jacques Chevalier
--

73 TITULAR (ES)
-----------------

74 REPRESENTANTE D. ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ (P.- 63.248)
---

P.- 63.248

1 El presente invento, debido a la colaboración de Jean CHABROL y Jacques CHEVALIER, se refiere a un método de reconocimiento de formas para pieza aislada tridimensional.

5 Se trata de permitir la prensión por un robot de piezas que se presentan sobre una superficie plana, fija o móvil.

Sean las piezas idénticas o no, el reconocimiento de forma consiste esencialmente, para cada una de ellas, en:

10 - identificar la cara de apoyo de cada pieza entre todas las posibles,

- señalar un punto de referencia del origen de un sistema de coordenadas unido a cada pieza,

15 - reconocer la orientación de uno de los ejes de coordenadas de la pieza, llamado eje de referencia, que define la orientación de esta pieza con relación a su soporte, es decir, prácticamente con relación a uno de los ejes del plano sobre el cual está situada la pieza.

20 El punto y el eje de referencia considerados más arriba son específicos de cada cara de apoyo. Hay, por lo tanto, tantos pares punto-eje de referencia, como caras de apoyo posibles para una pieza.

25 Las tres informaciones: cara de apoyo, coordenadas del punto de referencia, orientación del eje de referencia, definen enteramente el mando del manipulador automático que debe asir la pieza.

30 A cada cara de apoyo de la pieza sobre su plano de apoyo corresponde un programa de mando de la cinemática de diferentes elementos del útil de prensión; en particular, el elemento de prensión debe dejar siempre libre la cara de apoyo "montaje" de la pieza en su posición de acopla-

miento definitivo y, por este hecho, el programa de mando es función de la cara de apoyo sobre el plano de apoyo.

5 Las coordenadas del punto de referencia en el sistema de coordenadas del plano de apoyo y el conocimiento del sistema de coordenadas correspondiente a la pieza, cuyo punto de referencia constituye el origen y cuyos ejes son paralelos a los del sistema de coordenadas correspondiente al plano de apoyo, definen las condiciones iniciales de los movimientos de los elementos móviles del manipulador.

10 Un análisis exhaustivo ha conducido a la conclusión de que no existen más que tres métodos principales de carácter universal que permiten tratar el problema del reconocimiento de las formas de una pieza aislada, a saber: por medio de la transformada de Fourier, por el método de los momentos de inercia o por un método basado en las características geométricas. Cada uno de estos métodos puede ser tratado por una de las tres técnicas siguientes: por tratamiento analógico, por cálculo sobre una referencial en memoria, y finalmente por comparación con un catálogo.

15 20 Los métodos precedentes presentan todos el inconveniente principal de no necesitar medios importantes tales como la participación de ordenadores potentes que disponen de una importante memoria o de medios mecánicos de investigación lentos. De esto resulta que la determinación de los elementos específicos de una cara de apoyo necesaria para el reconocimiento de formas es relativamente larga, del orden de una decena de segundos.

25 Además, la instalación correspondiente es de un precio elevado y poco compatible con las exigencias industriales.

30 El presente invento permite evitar estos inconvenientes;

5 consiste en una aplicación del método de las características geométricas tratado por la técnica de la comparación con un catálogo, teniendo en cuenta que la cantidad de informaciones a almacenar es reducida de manera radical si la operación de reconocimiento de formas es efectuada a partir de un punto de observación privilegiado, determinado automáticamente sin disponer a priori de información sobre la pieza y caracterizado por una altura constante de observación por encima del plano de apoyo.

10 El invento concierne a un método de reconocimiento de formas para una pieza aislada tridimensional con ayuda de una instalación que dispone de : un aparato de toma de vistas, por ejemplo del tipo cámara de televisión, cuyo eje óptico es perpendicular al plano de apoyo de la pieza,  
15 circuitos de intercara y un micro-ordenador de rendimientos y de capacidad de memoria limitados, y en la cual la pieza aislada tridimensional es iluminada con luz sensiblemente paralela al eje óptico del sistema de toma de vistas. Método de reconocimiento que está caracterizado porque las señales procedentes del aparato de toma de vis-  
20 tas analizadas y tratadas por la intercara y el micro-ordenador, desplazan el plano de imagen del aparato de toma de vistas en un plano paralelo al plano de apoyo, con objeto de colocar su centro en la vertical del centro de gravedad real de la cara visible por un procedimiento de iteración estando luego el centro óptico de este aparato  
25 de toma de vistas a la altura del centro de gravedad real. Se toman las abscisas  $X^i_{\text{mini}}$  y  $X^i_{\text{maxi}}$  del contorno aparente de la pieza para cada ordenada  $X^i$ , siendo  $i$  un entero identificado de las líneas de barrido del análisis TV y que  
30

1 puede tomar cualquier valor igual a  
    número normal de líneas de análisis, siendo  
K un entero elegido en función de la complejidad del  
contorno aparente; se establece, para cada cara de apoyo  
5 de la pieza, la ecuación polar  $p = f(\theta)$  o  $\theta = g(p)$ ,  
tomándose p con relación al centro de gravedad real y se  
deducen de las medidas precedentes, la orientación del eje  
de referencia de la pieza tridimensional, comparando el con-  
junto de los valores tomados y convertidos en coordenadas  
10 polares con los valores registrados en la memoria del micro-  
ordenador, por correlación o filtración.

Ventajosamente, el método según el invento está  
caracterizado porque estando el centro óptico del plano de  
imagen del aparato de toma de vistas a la altura del centro  
15 de gravedad real de la cara aparente de la pieza vista de  
este aparato, se miden en un orden predeterminado las coor-  
denadas de las cuatro rectas paralelas a los ejes de refe-  
rencia y que constituyen un rectángulo circunscrito a la  
cara aparente de la pieza; finalmente, se deduce de las me-  
20 didas precedentes la orientación del eje de referencia de  
la pieza tridimensional por consulta de una tabla registra-  
da en la memoria del micro-ordenador.

En esta memoria se describe además un aparato para la  
aplicación del método de reconocimiento de formas para una pie-  
25 za aislada tridimensional, tal como se ha definido anteriormen-  
te. Este aparato, que comprende: un aparato de toma de vis-  
tas, cuyo eje óptico es perpendicular al plano de apoyo de  
la pieza y cuya cara delantera de toma de vistas está en un  
plano paralelo al plano de apoyo; una intercara y un micro-  
30 ordenador con rendimientos y capacidad de memoria limitados

y en el cual la pieza tridimensional es iluminada con luz sensiblemente paralela al eje óptico del aparato de toma de vistas, siendo la cara delantera de este aparato susceptible de desplazarse en un plano paralelo al plano de apoyo de la pieza aplicada a ejes de coordenadas rectangulares OX, OY, está caracterizado porque, estando el plano de imagen del aparato de toma de vistas a la altura del centro de gravedad real de la cara aparente de la pieza vista de la cámara, el aparato mide sucesivamente las abscisas  $X_{\min}^i$  y  $X_{\max}^i$  del contorno aparente de la pieza para cada ordenada, siendo  $i$  un entero identificado de las líneas de barrido del análisis TV y que puede tomar cualquier valor igual a número normal de líneas de análisis, siendo  $K$  un entero elegido en función de la complejidad del contorno aparente, porque un micro-ordenador conectado al aparato de toma de vistas por medio de una intercara establece, a partir de las medidas precedentes, la ecuación polar  $p = f(\theta)$  o  $\theta = g(p)$ , tomándose  $p$  con relación al centro de gravedad real (G) para la cara de apoyo correspondiente de la pieza y deducido el ángulo de orientación  $\theta$  del eje de referencia de la cara considerada por consulta de tablas registradas en su memoria.

Ventajosamente, el aparato está caracterizado porque, estando el centro óptico del aparato de toma de vistas a la altura del centro de gravedad real del contorno aparente de la pieza vista de este aparato, este último mide sucesivamente las coordenadas  $X_{\max}$ ,  $Y_{\min}$ ,  $X_{\min}$  e  $Y_{\max}$  en este orden, del rectángulo circunscrito en la cara aparente de la pieza vista del aparato de toma de vistas, siendo los lados de este rectángulo paralelos a los ejes de

referencia, y se deduce de esto la orientación del eje de referencia de la pieza tridimensional, por consulta de una tabla registrada en la memoria del micro-ordenador.

5 Según una característica de realización, la cara delantera del aparato de toma de vistas está asociada a un dispositivo óptico a base de espejos, primas y lentes o de fibras ópticas, y el aparato mismo está fijo y solo su plano de imagen se desplaza paralelamente al plano de apoyo de la pieza.

10 Otras características resaltarán de la descripción que sigue y que no está dada más que a título de ejemplo. A este efecto, se hará referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

15 - la figura 1 representa parcialmente en esquema-bloque y parcialmente en vista en perspectiva en el espacio, un modo de realización del aparato según el invento,

- la figura 2 permite explicar cómo se toman las medidas.

20 Según el modo de realización de la figura 1, una pieza aislada tridimensional 1 está dispuesta sobre un plano de apoyo 2 perfectamente horizontal. Un bastidor vertical rígido 3 comprende un plano inferior que puede ser el plano de apoyo 2 y un plano superior 4. Los dos planos inferior 2 y superior 4 son rigurosamente paralelos y su distancia es regulable por medio de correderas 5, 6 dispuestas a lo  
25 largo de los montantes verticales del bastidor 3. Proyectores luminosos 7, 8, 9 solidarios del plano superior 4, permiten inundar de luz la pieza tridimensional, de manera que ésta no presente ninguna zona de sombra para un observador colocado en el plano superior 4. Una cámara de televisión 10  
30 representada de manera esquemática, está dispuesta de manera

que su eje óptico 0-0 sea perpendicular a los planos paralelos inferior 2 y superior 4. La cámara 10 está montada en un carro plano 11 susceptible de desplazarse exactamente en el plano del plato superior 4, gracias al hecho de que una abertura 12 está formada en este último. La cara 5 delantera del tubo de toma de vistas asociado a la cámara 10 está, pues, siempre en el plano 4. La cámara 10 y el carro 11 son solidarios de dos vástagos cilíndricos 13 y 14 por medio de tuercas de tornillos sin fin 20 y 21. Los 10 vástagos cilíndricos 13 y 14 están soportados en sus extremos por vástagos cilíndricos 15 y 16, por medio de tornillos sin fin 22 y 23.

Los vástagos 15 y 16 pueden ser arrastrados en rotación por servomotores terminales que son mandados por una interfaz 15 cara 24 unida a un micro-ordenador 25. Se traslada el conjunto de la figura a un espacio cartesiano representado por ejes rectangulares OX y OY sobre el plano inferior 2. Cuando los servomotores dispuestos en los extremos de los 20 vástagos cilíndricos 15 y 16 funcionan, los vástagos cilíndricos giran sobre sí mismos y arrastran en traslación las barras 13 y 14 paralelamente al eje OY y la cara delantera del tubo de toma de vistas asociado a la cámara 10 sufre un movimiento similar de traslación paralelamente al eje OY. De manera análoga, cuando los servomotores asociados 25 a los vástagos cilíndricos 13 y 14 funciona, estos vástagos cilíndricos giran sobre sí mismos por los tornillos sin fin 20 y 21; arrastran el carro 11 y la cámara 10 en traslación paralelamente al eje OX. Por consiguiente, la cara del tubo de toma de vistas asociado a la cámara 10, sufre un movimiento 30 similar de traslación paralelamente al eje OX. Se ve,

pues, que gracias a la instalación de la figura 1, es posible, bajo el mando del micro-ordenador 25, por medio de la intercara 24 y de los servomotores asociados a los vástagos cilíndricos 13,14,15,16, hacer barrer el plano 4 a través de la abertura 12 por la cara delantera del tubo de toma de vistas asociado a la cámara 10, conservando esta última siempre su eje óptico O O perpendicular a los planos 2 y 4. Esta cinemática permite, pues, el desplazamiento a altura constante de la cámara 10 por encima del plano 2.

Habiendo sido precisada esta posibilidad de desplazamiento de la cámara 10, el aparato del invento funciona como sigue:

La pieza a reconocer 1 reposa sobre el plano horizontal 2 definido por el sistema de coordenadas OX, OY, y este plano es iluminado de modo uniforme por los proyectores verticales 7, 8, 9 para evitar los efectos de sombra llevada. Como captador de observación, se utiliza la cámara de televisión 10, cuyo eje óptico O-O es normal al plano horizontal OX, OY.

Encontrándose la cámara en una posición apropiada con su captador óptico encima de la pieza 1, este captador óptico toma las coordenadas de los puntos que constituyen el contorno aparente de la pieza, y mide su superficie aparente. Estando el captador óptico en la vertical de un punto característico de la superficie aparente, y a una distancia determinada del plano que soporta la pieza, la medida practicada por el captador óptico es realizada en la perpendicular del centro de gravedad de la superficie aparente, para asegurar la posibilidad de repetir la operación. Se demuestra fácilmente que hay, para una pieza dada, una relación simple

entre el centro de gravedad de la superficie aparente y el centro de gravedad de la pieza tridimensional. Los dos centros de gravedad se corresponden de manera biunívoca.

5 Gracias a la interacción entre la cámara 10, debido a las medidas que practica y al micro-ordenador 25, y por medio de la doble subordinación a lo largo de los ejes OX, OY que permiten el desplazamiento del carro 11 en el plano 4, la cámara es desplazada de manera que el eje óptico O-O de su tubo de toma de vistas venga a confundirse, por un procedimiento de interacción, con la vertical del centro de gravedad real de la cara aparente de la pieza vista de la cámara.

10 La cámara llegada a esta posición, mide en un orden predeterminado las coordenadas de las cuatro rectas paralelas dos a dos a los ejes de referencia OX y OY, rectas que constituyen un rectángulo circunscrito en la cara aparente de la pieza.

15 Si se hace referencia a la figura 2, se ve una pieza tridimensional 1, que reposa sobre un plano horizontal 2 trasladado a un sistema de ejes cartesianos OX, OY. Suponiéndose que la cámara está dispuesta de manera que su eje óptico O-O se encuentra en la perpendicular del punto G, centro de gravedad real de la cara aparente de la pieza 1 vista desde la cámara, esta última toma sucesivamente, en el orden especificado, los valores :  $X_{max}, Y_{min}, X_{min}, Y_{max}$ .

20 Es en esto en lo que reside el ingenio del método según el presente invento, de aplicar el reconocimiento de formas para una pieza aislada una propiedad matemática según la cual es posible deducir fácilmente del conocimiento de los valores considerados más arriba en un orden determi-

30

nado, la orientación  $\theta$  del eje de referencia de la pieza tridimensional por consulta de una tabla registrada en la memoria del micro-ordenador 25. Una medida de los cuatro números anteriores define el ángulo  $\theta$  de una manera absoluta y con toda la precisión de que es capaz la cámara de televisión 10.

El tratamiento por el micro-ordenador de las señales procedentes de la cámara de televisión y puestas en forma por los circuitos de intercara, da el valor del ángulo correspondiente por consulta de su tabla.

Haciendo referencia a la figura 2, el criterio de identificación de la forma de apoyo y de orientación de la pieza es el siguiente:

Se consideran las distancias  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$  entre el centro de gravedad  $G$  del contorno y cada una de las rectas  $X_m$ ,  $Y_m$ ,  $X_m$  e  $Y_m$ , paralelas a los ejes  $X$  e  $Y$  y que circunscriben a .

A una orientación dada  $\theta$  de la pieza, corresponde una serie de valores  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$ ; inversamente, una serie de valores medidos  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$  define un ángulo  $\theta$ .

El modo operativo consiste, pues, en buscar en cada una de las tablas establecidas previamente para cada cara de apoyo posible de la pieza y almacenadas en la memoria del ordenador 25, si existe un conjunto de valores  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$  iguales a las medidas y tomadas en el orden indicado; si existe tal conjunto en una tabla, la referencia de la cara de apoyo y la orientación  $\theta$  son determinadas inmediatamente.

Para controlar la validez de los resultados, para cada cara de apoyo posible, se conservan igualmente en memoria

las coordenadas de uno o varios puntos característicos del contorno.

Se verifica con ayuda de las tomas de medida de la cámara 10 y por consulta de las tablas registradas en la memoria del micro-ordenador 25, que estos puntos se encuentran efectivamente sobre el contorno observado.

El método descrito hasta ahora conviene perfectamente en el caso en que las señales obtenidas a la salida de la cámara presentan una buena relación señal/ruido. Este método pertenece a una familia de soluciones en que la determinación del ángulo de orientación es efectuada por comparación del conjunto de los valores tomados ( $X_m, Y_m, X_m$  o  $Y_m$ ) y convertidos en coordenadas polares con valores registrados en la memoria del micro-ordenador 25. Trata el caso simplificado en que la distribución de los datos de medida sobre  $\theta$  es de  $\frac{1}{2}$ .

En el caso en que la relación señal/ruido es pequeña a la salida de la cámara de televisión 10, se perfecciona el método tomando una mayor cantidad de informaciones en forma de las abscisas  $X_{\min}^i$  y  $X_{\max}^i$  del contorno aparente para cada ordenada  $Y^i$ , en la cual  $i$  es un entero identificado de las líneas de barrido del análisis de televisión y que puede tomar cualquier valor igual a número normal de líneas de análisis, siendo  $K$  un entero elegido en función de la complejidad del contorno aparente, y se establece para cada cara de apoyo de la pieza, con ayuda del micro-ordenador 25 y de la intercara 24, la ecuación polar  $p = f(\theta)$  o  $\theta = g(p)$ , tomándose  $p$  con relación al centro de gravedad.

Así, pues, la determinación del ángulo se hace compa-

rando el conjunto de los valores tomados y convertidos en coordenadas polares con los valores en memoria, y esto operando por correlación o filtración del tipo KALMAN, por ejemplo.

5 La originalidad y el interés del método según el invento son triples:

a) el tiempo total necesario para la aplicación es muy breve: es del orden de un segundo,

10 b) la aplicación recurre a equipos corrientes de los que existen versiones industriales, relativamente poco costosas y adaptadas a este tipo de explotación,

15 c) no se requiere al calculador asociado prácticamente ningún tratamiento de datos: su única función consiste en efectuar ciertas operaciones de lógica y buscas en tablas; la duración de estas operaciones y, sobre todo, el volumen de memoria necesario, son compatibles con las características de los micro-ordenadores más sencillos, y por lo tanto, los menos caros.

20 Se observará, para terminar, que en ciertas aplicaciones, puede ser ventajoso asociar a la cara delantera del aparato de toma de vistas un dispositivo óptico a base de espejos, prismas y lentes de fibras ópticas, de modo que el aparato de toma de vistas propiamente dicho permanezca fijo y solo su plano de imagen se desplace paralelamente al plano de apoyo de la pieza.

25

#### REIVINDICACIONES

30 Los puntos de invención propia y nueva, que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

1ª.- Método de reconocimiento de formas para una pieza aislada tridimensional con ayuda de una instalación que dispone de :

5 - un aparato de toma de vistas, por ejemplo del tipo cámara de televisión, cuyo eje óptico es perpendicular al plano de apoyo de la pieza, circuitos de intercara y un micro-ordenador de rendimientos y de capacidad de memoria limitados y en la cual la pieza aislada tridimensional es iluminada con luz sensiblemente paralela al eje óptico del sistema de toma de vistas, método de reconocimiento en el cual señales procedentes del aparato de toma de vistas analizadas y tratadas por los circuitos de intercara y el micro-ordenador, desplazan el plano de imagen del aparato de toma de vistas en un plano paralelo al plano de apoyo, con objeto de colocar su centro en la vertical del centro de gravedad real de esta cara aparente por un procedimiento de interacción, método caracterizado porque estando el centro óptico de este aparato de toma de vistas a la altura del centro de gravedad real de la pieza, se miden en un orden predeterminado las coordenadas de las cuatro rectas paralelas a los ejes de referencia y que constituyen un rectángulo circunscrito en la cara aparente de la pieza, y finalmente, se deduce de las medidas precedentes la orientación del eje de referencia de la pieza tridimensional, por consulta de una tabla registrada en la memoria del micro-ordenador.

2ª.- Método según la reivindicación 1ª, caracterizado porque estando el centro óptico del plano de imagen del aparato de toma de vistas a la altura del centro de gravedad real de la cara aparente de la pieza vista de este

1 aparato, esta última verifica con ayuda de las informaciones almacenadas, en la memoria del micro-ordenador, las coordenadas de un punto situado sobre el contorno aparente de la pieza y que presenta características particulares.

5 3ª.- "Método de reconocimiento de formas para una pieza aislada tridimensional".

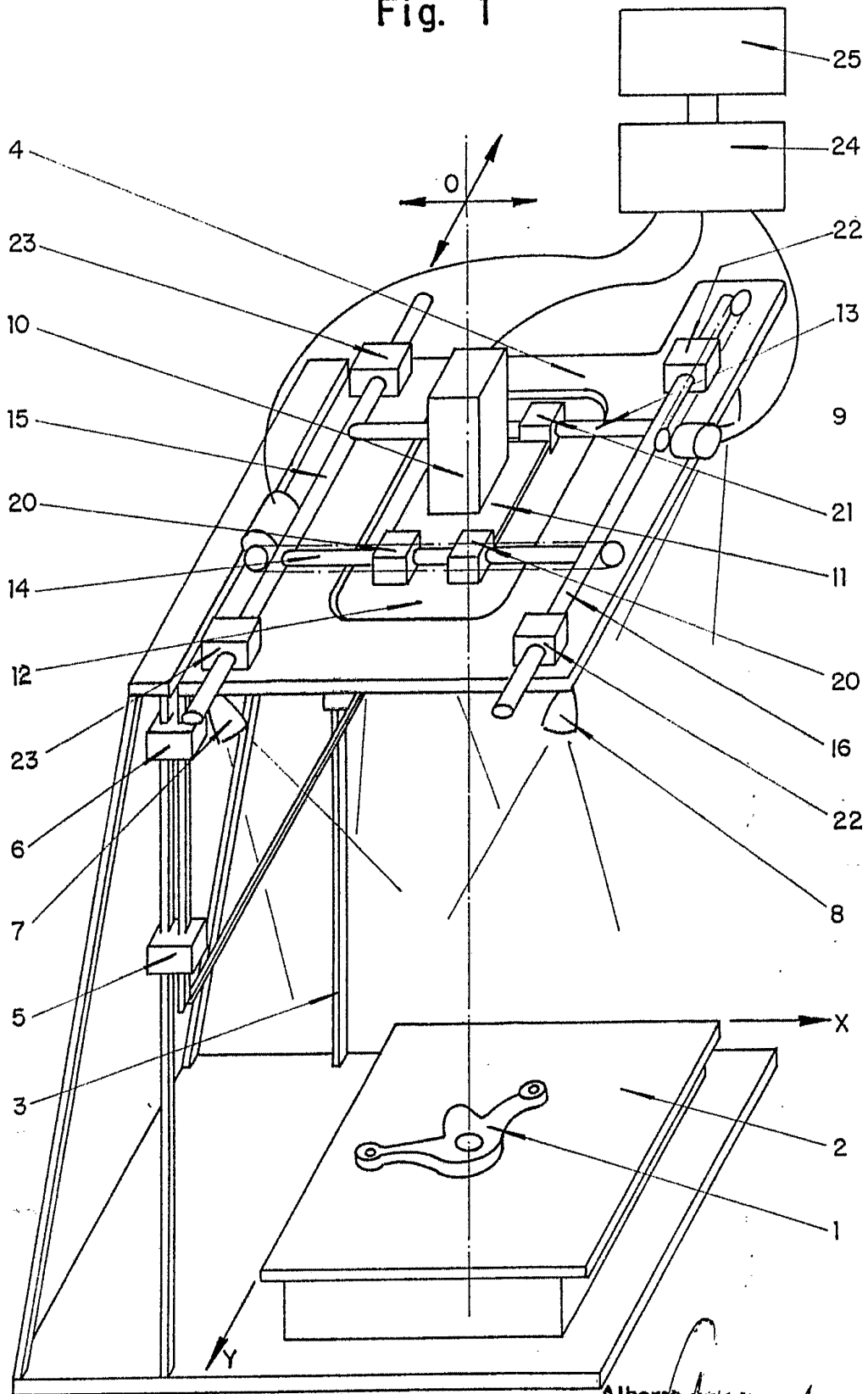
Tal y como se ha descrito en la memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

10 Esta Memoria consta de quince hojas, escritas a máquina por una sola cara.

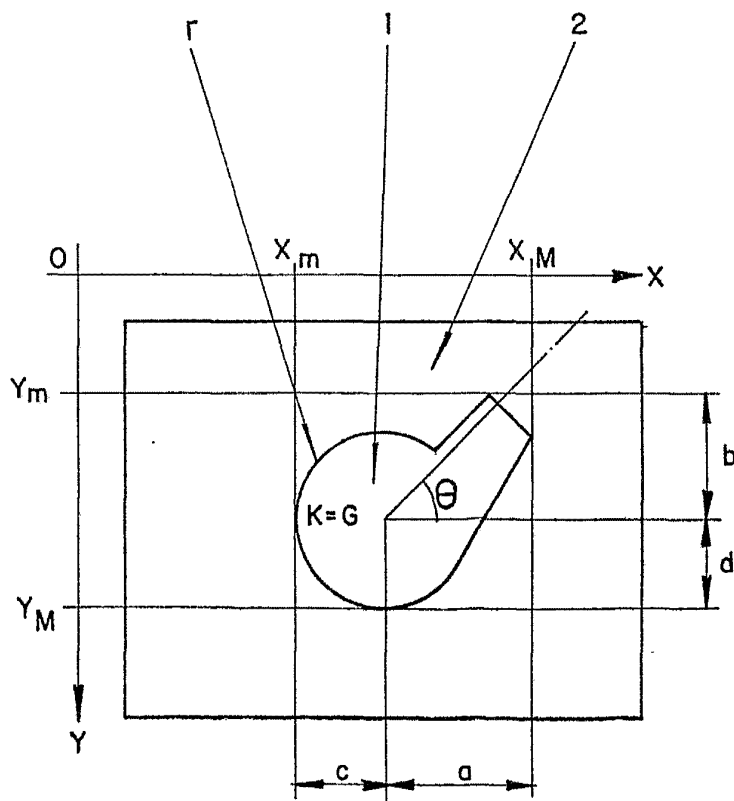
Madrid, 29. JUN. 1977

P.A. Alberto de Elzaburu  
Por Poder.

Fig. 1



Alberto de ...  
Por Poder...



Alberto de Elzouzi  
Por Poder