



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11) Número de publicación: **2 161 606**

21) Número de solicitud: 009901121

51) Int. Cl.<sup>7</sup>: G01B 11/30

12)

PATENTE DE INVENCION

B1

22) Fecha de presentación: **25.05.1999**

43) Fecha de publicación de la solicitud: **01.12.2001**

Fecha de concesión: **07.01.2003**

45) Fecha de anuncio de la concesión: **16.02.2003**

45) Fecha de publicación del folleto de patente: **16.02.2003**

73) Titular/es: **Universidad de Almería  
Ctra. de Sacramento s/n  
04120 La Cañada de San Urbano, Almería, ES**

72) Inventor/es: **Valera Martínez, Diego Luis;  
Gil Ribes, Jesús y  
Aguera Vega, Juan**

74) Agente: **No consta**

54) Título: **Máquina para medir la rugosidad de suelos agrícolas.**

57) Resumen:

Máquina para medir la rugosidad de suelos agrícolas.

Este dispositivo permite caracterizar de manera exacta y precisa el microrrelieve superficial. Dicho parámetro está directamente relacionado con procesos tan importantes como la erosión, escorrentía, distribución y tipo de agregados, propiedades térmicas y balance de energía, intercambios con la atmósfera, reflexión de la radiación solar y evaporación.

La máquina posee un bastidor, el cual tiene la función de ser el soporte físico de los distintos sensores. El sistema de instrumentación y medida básicamente está formado por los sensores (dos potenciómetros, encargados del registro de las coordenadas "x", "y"; y un sensor láser de distancias, encargado de la adquisición de la coordenada "z"), el acondicionador de la señal del láser, el convertidor analógico-digital, la fuente de alimentación y un ordenador tipo PC portátil, encargado del control del proceso de toma de datos y del registro de la información.

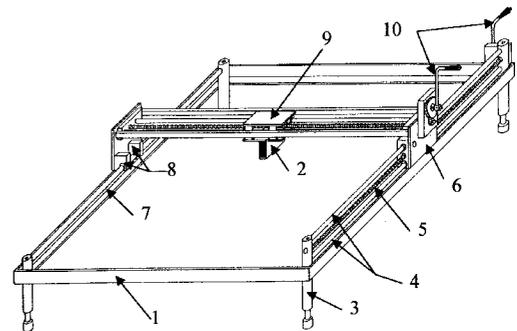


Fig. 1.

ES 2 161 606 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

## DESCRIPCION

Máquina para medir la rugosidad de suelos agrícolas.

**Estado de la técnica**

Kuipers (1957) midió la rugosidad superficial con la finalidad de estudiar sus efectos sobre el laboreo. Utilizó un medidor del perfil del suelo (perfilómetro o rugosímetro), que constaba de 20 varillas verticales dispuestas en una longitud de 100 mm. Midiendo el desplazamiento vertical que recorrian las sondas desde un plano de referencia horizontal, en el que se disponían inicialmente las sondas, hasta la superficie del suelo, calculaba el perfil del mismo. Realizaba series manuales de 20 perfiles, separadas en intervalos fijados en función del tamaño de la superficie a estudiar. Estudió la rugosidad superficial del suelo agrícola antes de la siembra y obtuvo que las alturas se ajustaban a una distribución normal.

Posteriormente Burwell y col. (1963), usaron un aparato similar al de Kuipers (1957). Realizaban medidas manuales que permitían tomar datos sobre una superficie de 1 m<sup>2</sup>, con un reticulado de 50 mm de lado, consiguiendo de esta manera, una representación tridimensional del terreno.

El primer método automático de medir alturas, es el propuesto por Schafer y Lovely (1967), realizando medidas a intervalos de 25 mm sobre una distancia de 2,1 m. Consistía en una sonda colocada sobre una pieza móvil que se movía sobre una viga horizontal. Las lecturas correspondientes a cada punto, se obtenían midiendo el descenso de la sonda hasta contactar con la superficie del suelo, registrándose estas distancias en un gráfico.

La automatización total llegó con Currence y Lovely (1971), utilizando una estructura con una viga transversal, sobre la que se apoyaba una sonda móvil que se desplazaba sobre ella. Las lecturas se tomaban cada 2,5 cm, dentro de un área de 1,5x2 m<sup>2</sup>. Como elemento registrador de datos utilizaron una cinta perforada. Las alturas se obtenían de forma similar al perfilómetro de Schafer y Lovely (1967), midiendo en cada punto el descenso de la sonda hasta contactar con la superficie del suelo. Llegaban a efectuar 4800 medidas en 34 horas, con una precisión de 1,2 mm.

El siguiente paso en la evolución del sistema consistió en el registro fotográfico de los datos realizado por Curtis y Cole (1972), y Foster y Meyer (1972) en estimaciones del movimiento de suelos en estudios sobre erosión de la superficie. Los primeros utilizaron un espaciamiento de 30 mm sobre una distancia de 1,2 m, y Foster y Meyer 6,4 mm sobre una distancia de 190 mm, así como, 25 mm sobre 3,65 m.

Posteriormente McCool et al. (1976), perfeccionaron el sistema para evaluar pérdidas de suelo en regueros y surcos de escorrentía, con un perfilómetro de 1,83 m de longitud que tomaba datos cada 12,5 mm. Constaba de 145 varillas de acero inoxidable, de 3 mm de diámetro, cuyos datos se registraban mediante métodos fotográficos, logrando en condiciones favorables, una lectura cada dos minutos.

Una alternativa a los métodos anteriores es el uso del sónar. Squarer (1970) utiliza un apa-

rato con un sensor sónar para medir elevaciones de suelos de cauces en laboratorio, realizando medidas cada 6 mm. Annambhotla (1969) utiliza un aparato similar para registrar el cauce del río Missouri, utilizando espaciamientos de 0.3 m. Sin embargo, este tipo de aparatos no se puede utilizar para estudiar el movimiento de flujos de tierra en suelos poco profundos.

Kolstad y Shuler (1980) desarrollaron un perfilómetro que opera sin contacto directo entre el instrumento de medida y el suelo, utilizando también un sensor sónar. El estudio iba dirigido a comparar las rugosidades originadas por diferentes aperos. Estos autores comprobaron la precisión del perfilómetro sobre una superficie con surcos de 13 cm de altura, obteniendo un valor de la misma de 0,75 cm. Se observó que el contenido de humedad del suelo alteraba significativamente las medidas realizadas.

La rapidez de medición se aumentó mediante un perfilómetro de varillas desarrollado por Radke et al (1981). compuesto por 312 sondas dispuestas en tres filas de 104 cada una. La separación entre sondas era de 1 cm y entre filas de 5 cm. Las alturas se registraban electrónicamente lo que permitía efectuar la medida del conjunto de los sensores en algo menos de 15 segundos. La precisión obtenida era de 1 mm sobre un rango de 25 mm. El bastidor utilizado tenía unas dimensiones exteriores de 125x40,6x61 cm.

Römkens et al. (1982) desarrollaron un sistema que operaba sin contacto directo, usando una fuente de luz y un sensor con una altura constante sobre la superficie del suelo. La necesaria localización ajustada del sensor para mantener la altura era automáticamente monitorizada y registrada. Se lograban perfilar en 4 minutos 250 puntos transversales sobre un ancho de 1,52 m.

Welch et al. (1984) utilizaron la fotogrametría para representar perfiles de suelo, digitalizando manualmente a partir del análisis estereoscópico de un par de imágenes del suelo. Aunque estas técnicas resultan insuficientes para la evaluación del microrrelieve, permiten cuantificar la rugosidad originada por el laboreo mediante la representación de agregados del suelo de dimensiones considerables.

Römkens y Wang (1986), motivados por la necesidad de evaluar la influencia de las precipitaciones en la disminución de la rugosidad superficial, y estimar los cambios en la retención de agua superficial de suelos cultivados, desarrollaron un perfilómetro sin contacto con la superficie. De este modo se evitaban algunas desventajas de perfilómetros anteriores, tales como: la penetración de las varillas en la superficie del suelo (especialmente si se encontraba húmedo), la ruptura de los agregados del suelo que se producía por el contacto suelo-sonda, y la acumulación de suelo en la sonda (especialmente en suelos arcillosos y húmedos). El principio de funcionamiento se basa en un sensor remoto de la superficie usando un emisor LED de infrarrojos y un fototransistor capaz de captar la radiación reflejada por la superficie del suelo. La radiación era convertida en un voltaje analógico mediante un servocontrol, que actuaba haciendo ascender el sensor si aumentaba la energía reflejada en el suelo y captada por el fo-

totransistor, o haciéndolo descender en caso contrario. El aparato permitía obtener 250 lecturas por metro, empleando para ello 4 minutos. Constaba de una estructura con una viga central por la que se desplazaba horizontalmente una sonda que iba reproduciendo el perfil del suelo al mantener constantemente una altura predeterminada sobre la superficie. Para ello, estaba dotada de un movimiento vertical que accionaba un servomotor cuyo funcionamiento obedecía la sonda.

Khorashashi et al. (1987) utilizaron el láser para medir el microrrelieve. Iluminaban un punto de la superficie del suelo lo suficientemente pequeño como para representar el perfil del mismo, con un espaciamiento entre puntos tan reducido, que permitía obtener una buena representación a escala de microrrelieve. Pero presentaba el problema de la baja frecuencia de muestreo, tan sólo 5 Hz, que lo hacía muy lento para obtener eficientemente una representación de la topografía del suelo a escalas pequeñas.

Rice et al. (1988) utilizaron como fuente de luz un tubo fluorescente que iluminaba una franja de terreno, y como elemento sensible, una videocámara. Mediante el procesado de la imagen se obtenían las elevaciones del perfil transversal. La velocidad de medición era de 6 mm/s. Pero la no linealidad de los elementos ópticos, producía distorsiones que reducían la resolución en las zonas alejadas del centro óptico de la imagen, con lo cual, sólo la región central podía ser empleada para obtener datos con idéntica resolución. Debido al lento procesado de las imágenes, el uso en condiciones de campo de este aparato está muy limitado.

Guck y Magette (1988) utilizaron un sensor ultrasónico de distancias, evidentemente sin contacto con la superficie, con un rango vertical variable desde 100 mm hasta 1500 mm. La resolución vertical era de 0,05 mm, pero presenta los problemas típicos del uso de sensores ultrasónicos, tales como:

- Rastrea simultáneamente una superficie excesiva para dar la distancia a la que se encuentra, resultando así, que la cota calculada no corresponde con la de la vertical que une el sensor con la superficie.
- Efecto rebote sobre superficies muy lisas sometidas a pendientes considerables.

Tessier col. (1989) describen un perfilómetro de bajo coste, para el estudio de la rugosidad en las líneas de siembra, en la apertura de surcos, y en las huellas del paso de maquinaria. El perfilómetro consiste en un sandwich de varillas, el cual se sitúa verticalmente sobre la superficie, y una vez que las varillas se acomodan sobre ella, se acciona un mecanismo que traba el desplazamiento de las varillas. El desplazamiento de la parte superior de las varillas (colocadas inicialmente alineadas), permite dibujar sobre un papel el perfil del suelo. Posteriormente se digitaliza este perfil mediante el uso de una videocámara VHS de alta resolución (300 líneas) conectada mediante un sistema digitalizador de imágenes (Chorus PC-EYE), a un ordenador personal IBM. El

perfilómetro pesa 9 kg, las varillas tienen una longitud de 300 mm con un máximo rango de medida de 200 mm. Se consumen 5 min en cada medida.

Harrison (1990) diseña un perfilómetro de varillas de acero, con la finalidad de estudiar el perfil que dejan en el suelo los aperos utilizados en el laboreo. Consta de 12 transductores de desplazamiento, con dedos en forma de T y potenciómetros. Los dedos rotan sobre un eje lateral de la T cuando las puntas son desplazadas por el suelo. El eje lateral de cada dedo está conectado a un potenciómetro. El resultado de la medida es una salida de voltaje que proporciona, previo análisis, el perfil del suelo.

Robichaud y Molnau (1990) diseñaron un perfilómetro sin contacto, usando un sensor ultrasónico de distancias. Tiene una precisión vertical de  $\pm 3$  mm, y una resolución horizontal de 30 mm. El área circular escaneada es de  $2040 \text{ mm}^2 \pm 160 \text{ mm}^2$ . Lo utilizaron para estudiar los cambios en la rugosidad superficial, provocados tanto por los aperos como por las precipitaciones. Comprobaron que la rugosidad superficial disminuye tras una lluvia, así como la consolidación de 30 ó 50 mm tras la realización de un pase de maquinaria. El sonar permitía el desplazamiento en dos dimensiones, con lo cual se obtiene una representación tridimensional del terreno. El bastidor es un marco cuadrado de 1.5 m de lado, está realizado con aluminio y posee 4 patas ajustables. Los dos desplazamientos del sensor están asistidos por motores "paso a paso". Realiza las lecturas sobre  $1 \text{ m}^2$  de superficie. Este sensor presenta las desventajas mencionadas anteriormente en otros perfilómetros con sensores ultrasónicos de distancias.

#### Bibliografía

- ♦ Burwell, R.E., R.R. Allmaras, y M. Ameniya, 1963. *A field measurement of total porosity and surface microrrelief of soil.* Soil Sci. Soc. Am. Proc., 27: 697-700.
- ♦ Currence, H.D., y W.G. Lovely. 1971. *And automatic soil surface profilometer.* Trans. ASAE. 13: 710-714.
- ♦ Curtis, H.D., y W.D. Cole. 1972. *Microtopographic profile gauge.* Agric. Eng., 53:17.
- ♦ Foster, G.R., y L.D. Meyer. 1972. *Efficient processing of photography microrrelief data.* ASAE paper No.72-593, Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, Michigan, 49085, U.S.A.
- ♦ Guck, M.E. y W.L. Magette. 1988. *Ultrasound sensor for sedimentation research.* ASAE Paper No. 88-2138, Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, Michigan.
- ♦ Harrison, H.P. 1990. *Soil surface profile meter for simple tillage tools.* Trans. of the ASAE 33:21-24.
- ♦ Khorashashi, J., R.K. Byler. y T.A. Dillaha. 1987. *An automated opto-electric soil profiler.* ASAE Paper No. 87-2094,

Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, Michigan, 49085, U.S.A.

- ◆ **Kolstad, O.C. y R.T. Schuler. 1980.** *An ultrasonic rillmeter for soil surface measurements.* ASAE Paper No. NCR80-303, Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, Michigan, 49085, U.S.A.
- ◆ **Kuipers, H. 1957.** *A reliefmeter for soil cultivation studies.* Neth. J. Agric. Sci., 5: 255-262.
- ◆ **McCool, D.K., M.A. Dossett, y S.J. Yecha. 1976.** *A portable rill meter for measuring soil loss.* Am. Soc. ASAE paper No. 76-2054, 9pp., Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, Michigan, 49085, U.S.A.
- ◆ **Radke, J.K., M.A. Otterby, R.A. Young, y C.A. Onstad. 1981.** *A microprocessor automated rillmeter.* Trans. ASAE, 24: 401-404, 408.
- ◆ **Rice, C., B.N. Wilson, y M. Appleman. 1988.** *Soil topography measurements using image processing techniques.* Comput. Electron. Agric., 3: 97-107.
- ◆ **Robichaud, P.R. y M. Molnau. 1990.** *Measuring soil roughness changes with an ultrasonic profiler.* Trans. ASAE 33: 1851-1858.
- ◆ **Römken, M.J.M., y J.Y. Wang, 1986.** *Effect of tillage on surface roughness.* Trans. ASAE 29:429-433.
- ◆ **Römken, M.J.M., S. Singaray, y C.J. Gantzer. 1982.** *An automated noncontact surface profile meter.* ASAE Paper No. 82-2620. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, Michigan, 49085, U.S.A.
- ◆ **Schafer, R.L. y W.G. Lovely. 1967.** *A recording soil surface profile meter.* Agric. Eng., 48: 280-282.
- ◆ **Squarer, D. 1970.** *Friction factors and bed forms in fluvial channels.* J. Hyd. Div. 96:994-1017.
- ◆ **Tessier, S., R.I. Papendick, K.E. Saxton, y G.M. Hyde. 1989.** *Roughness meter to measure seed row geometry and soil disturbance.* Trans. ASAE 32: 1871-1873.
- ◆ **Welch, R., T.R. Jordan, y A.W. Thomas. 1984.** *A photogrammetric technique for measuring soil erosion.* J. Soil and Water Conserv., 39:191-194.

### Explicación de la invención

Este aparato permite obtener las coordenadas ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) de los puntos incluidos en la superficie muestreada. En él podemos distinguir los siguientes componentes fundamentales:

En primer lugar está el bastidor, el cual tiene la función de ser el soporte físico de los distintos sensores. Es fácil de instalar y transportar, así

como permitir el movimiento del láser (que registrará la coordenada "z") sobre cualquier punto de su interior.

Por otro lado tenemos el sistema de instrumentación y medida, que básicamente está formado por los sensores (dos potenciómetros y un sensor láser de distancias), el acondicionador de la señal del láser, el convertidor analógico-digital, la fuente de alimentación y un ordenador tipo PC portátil, que es el encargado de la adquisición de los datos y del registro de la información. Se han desarrollado varios programas informáticos que permiten tanto la adquisición y almacenamiento de los datos, como su análisis y la representación tridimensional de la superficie muestreada.

El bastidor sirve de soporte físico de los distintos sensores, y permite el acceso de éstos a cualquier punto de la parcela a estudiar. Se ha diseñado atendiendo a los siguientes criterios:

- Se le han proporcionado al bastidor las dimensiones necesarias para lograr el desplazamiento del láser sobre la superficie que se pretende muestrear, sin que interfiera en las lecturas el bastidor, por lo que es diáfano.
- Permite el movimiento del captador (sensor láser) en dos direcciones ("x" e "y"), para así, junto con la coordenada "z" que facilita el sensor láser, poder representar la superficie del suelo.
- Posee patas telescópicas que permiten ajustar la distancia del sensor láser al punto medio de la superficie del suelo, para que esta distancia sea la adecuada para aprovechar al máximo el intervalo de medida que puede darnos dicho sensor.
- Para que sea fácil de transportar, se realiza con un material resistente y a la vez ligero.
- Para que la estructura sea suficientemente rígida dada la precisión necesaria para medir todas las coordenadas, por lo que el perímetro del bastidor se construirá con perfiles angulares soldados directamente entre sí, y a la vez, asegurados mediante escuadras.

El sensor láser, que es el sensor fundamental ya que es el que mide la rugosidad, forma parte del sistema de instrumentación y medida junto con dos potenciómetros, acondicionador de la señal del láser, convertidor analógico-digital, fuente de alimentación y ordenador personal portátil. Tiene la ventaja de que no realiza un contacto directo con la superficie del suelo y por lo tanto no la altera, y además las lecturas son puntuales (los sensores ultrasónicos muestrean un área circular) y proporcionan una gran precisión. El modelo tiene un intervalo de medida aceptable y una gran resolución para que pueda trabajar bajo luz solar. Utiliza como fuente de luz un semiconductor láser emitiendo en el infrarrojo cercano.

La máquina dispone de dos potenciómetros multivuelta para conocer la posición del láser según los ejes "x" e "y". Proporcionan en su terminal de salida de una tensión proporcional a la de alimentación y al ángulo girado.

Mediante un convertidor analógico/digital, configurable mediante software, se transforman las señales analógicas procedentes de los dos potenciómetros y del sensor láser, en señales digitales interpretables por el ordenador.

La fuente de alimentación es la encargada de proporcionar de tensión continua a los potenciómetros. Transforma una tensión de entrada, en una de salida estabilizada de corriente continua.

Para el correcto funcionamiento de todos los componentes de la máquina para medir la rugosidad de suelos agrícolas, es necesario un ordenador que gestione dicho funcionamiento así como el registro de los datos. Se han desarrollado todos los programas informáticos de gestión, adquisición, registro y análisis de la información proporcionada por los distintos sensores descritos anteriormente.

### Descripción de los dibujos

El bastidor (1) es el soporte físico de todos los sensores, permitiendo el desplazamiento del sensor láser (2) por cualquier punto de su interior. Posee patas telescópicas (3), entre dos de ellas se

insertan dos guías (4) y un tornillo sin fin (5), que mediante un soporte (6) con varios rodamientos, permiten mover dentro del eje "x" el puente sobre el que está situado el sensor láser. Entre las dos patas restantes, se encuentra una guía (7) unida al puente móvil mediante un soporte con dos rodamientos (8). Mediante este sistema se permite el movimiento preciso del puente móvil en la dirección marcada por el eje "x".

El puente móvil consta de los soportes anteriormente mencionados que le permiten moverse y fijar la posición. Además, posee dos guías y un tornillo "sin fin", que permiten desplazar el sensor láser, el cual, se encuentra suspendido sobre el puente móvil mediante un soporte (9) formado por dos chapas paralelas unidas mediante rodamientos. Esta estructura permite desplazar el láser sobre ella, es decir, según el eje "y".

Los desplazamientos están asistidos por manivelas (10) que mediante dos ruedas dentadas accionan al tornillo "sin fin", y éste, acciona a los distintos soportes (el del puente móvil y el del láser).

### REIVINDICACIONES

1. Máquina para medir la rugosidad de suelos agrícolas que se **caracteriza** por permitir obtener las coordenadas  $(x, y, z)$  de la superficie muestreada, utilizando un bastidor, con dos sensores potenciométricos, por el que se desplaza un sensor láser.

2. Máquina para medir la rugosidad de suelos agrícolas, según la anterior reivindicación, que dispone de un bastidor diáfano, formado por un marco cuadrangular apoyado sobre patas telescópicas, entre dos de ellas se insertan dos guías y un tornillo sin fin, que mediante un soporte con un sistema de rodamientos, permiten mover el puente sobre el que está situado el sensor láser. Entre las dos patas restantes, se encuentra una guía unida al puente móvil mediante un soporte

rodamientos. Mediante este sistema se permite el movimiento preciso del puente móvil.

3. Máquina para medir la rugosidad de suelos agrícolas, según las anteriores reivindicaciones, que dispone de un puente móvil con dos guías y un tornillo "sin fin", que permiten desplazar el sensor láser, el cual, se encuentra suspendido sobre el puente mediante un soporte formado por dos chapas paralelas unidas mediante rodamientos.

4. Máquina para medir la rugosidad de suelos agrícolas, según las anteriores reivindicaciones, en la que cada desplazamiento está asistido por una manivela que mediante dos ruedas dentadas accionan cada una a un tornillo "sin fin", y éstos desplazan a los distintos soportes (el del puente móvil y el del láser).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

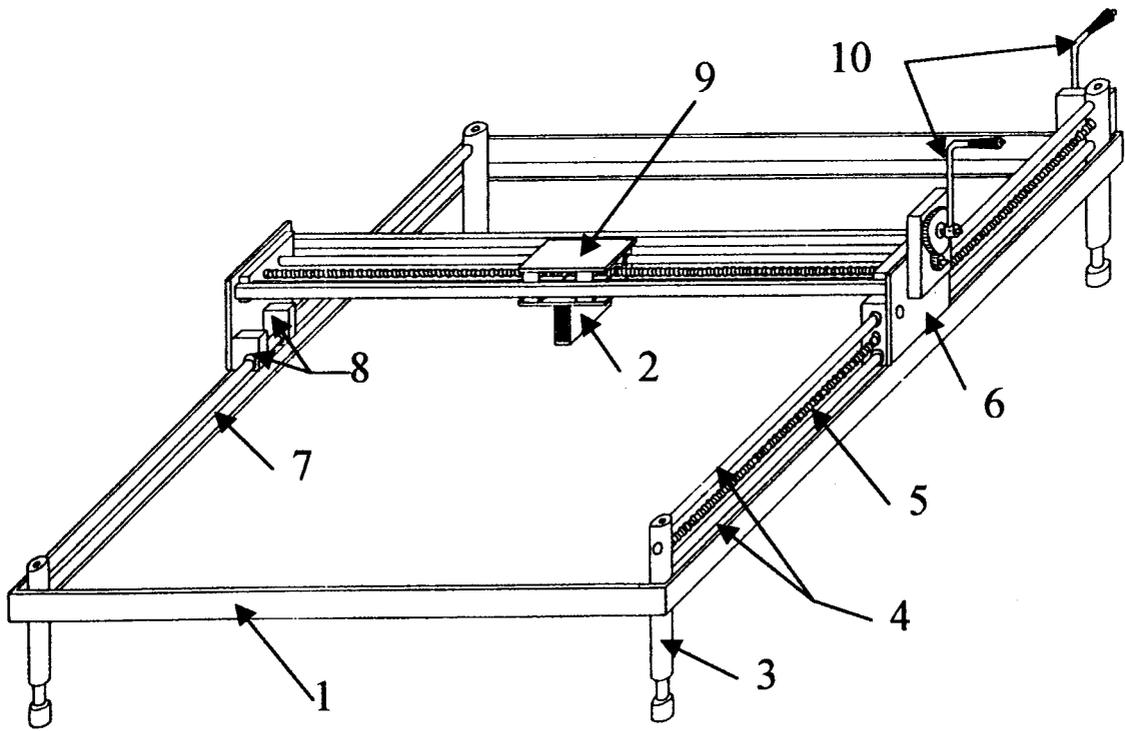


Fig. 1.



INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>: G01B 11/30

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	GB 2305238 A (RUSSEL) 02.04.1997, página 1, líneas 16-24; figura 4.	1-4
Y	US 3612890 A (CORNYN) 12.10.1971, columna 7, línea 68 - columna 8, línea 9; columna 9, líneas 1-5; figura 7.	1-4
A	US 3886371 A (LLOYD) 27.05.1975, resumen; figura 1.	2-4

**Categoría de los documentos citados**

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

**Fecha de realización del informe**

30.10.2001

**Examinador**

J. Olalde Sánchez

**Página**

1/1