



- (51) Clasificación Internacional de Patentes:
G01B 11/02 (2006.01) *G01B 11/16* (2006.01)
G06T 7/00 (2006.01) *B60L 3/12* (2006.01)
- (21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2012/070449
- (22) Fecha de presentación internacional:
18 de junio de 2012 (18.06.2012)
- (25) Idioma de presentación: español
- (26) Idioma de publicación: español
- (30) Datos relativos a la prioridad:
P201100703 20 de junio de 2011 (20.06.2011) ES
- (71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US):
UNIVERSIDAD DE VIGO [ES/ES]; Campus Universitario s/n, E-36310 Vigo (pontevedra) (ES).
- (72) Inventores; e
- (75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): **VÁZQUEZ NUÑEZ, Fernando** [ES/ES]; c/c Universidad de Vigo, Campus Universitario, s/n, E-36310 Vigo (pontevedra) (ES). **SAMANIEGO LÓPEZ, Ricardo** [ES/ES]; c/c Universidad de Vigo, Campus Universitario s/n, E-36310 Vigo (pontevedra) (ES). **ÁLVAREZ GIMÉNEZ, Ícaro** [ES/ES]; c/c Universidad de Vigo, Campus Universitario s/n, E-36310 Vigo (pontevedra) (ES).
- (74) Mandatarios: **CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel** et al.; c/c Clarke, Modet & Co., c/ Goya, 11, E-28001 Madrid (ES).
- (81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Continúa en la página siguiente]

- (54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR MEASURING THE THICKNESS OF COLLECTOR SHOES OF A PANTOGRAPH
- (54) Título : SISTEMA Y PROCEDIMIENTO DE MEDICION DEL ESPESOR DE FROTADORES DE PANTOGRAFO.

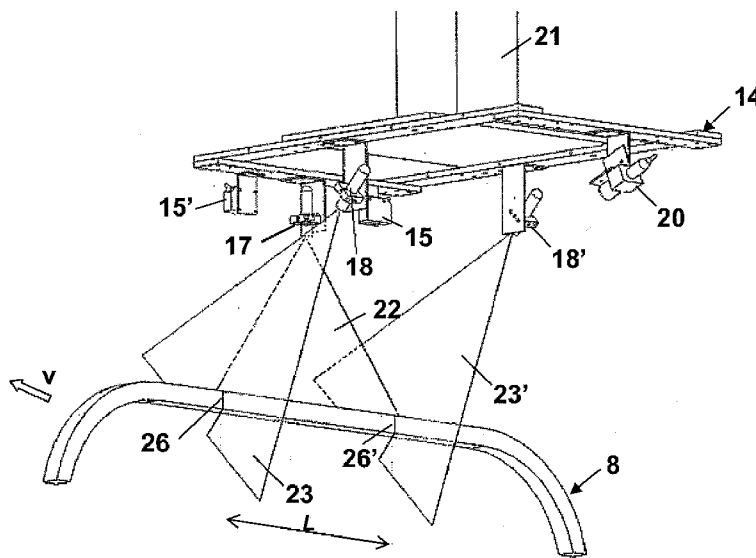


Fig. 4

(57) Abstract: The invention relates to a system and method for measuring the thickness of collector shoes of a pantograph. The system includes: a main laser illumination means (17) that projects a horizontal laser line (25) onto the upper face of the collector shoe (8) along a plane (22) parallel to the collector shoe; auxiliary laser illumination means (18,18') that obliquely illuminate the collector shoe (8) along two planes (23,23') that are transverse thereto, and which project two auxiliary laser lines (26,26') onto the collector shoe (8); a means of capturing images (20) that captures images of the collector shoe (8), including the auxiliary laser lines (26,26') and the horizontal laser line (25); and a means of processing data (19) that analyzes the images in order to: detect the auxiliary laser lines (26,26'); detect the horizontal laser line (25); calculate a baseline (30') used as the origin for the thickness measurements; and arrive at the thickness of the collector shoe from the difference in vertical coordinates between the horizontal laser line (25) and the baseline (30').

(57) Resumen:

[Continúa en la página siguiente]

(84) **Estados designados** (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,

RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))

Sistema y procedimiento de medición del espesor de frotadores de pantógrafo. El sistema comprende: medios de iluminación láser principal (17) que proyectan una línea láser horizontal (25) sobre la cara superior del frotador (8) según un plano (22) paralelo al frotador; medios de iluminación láser auxiliares (18,18') que iluminan oblicuamente al frotador (8) según dos planos transversales (23,23') al mismo, proyectando dos líneas láser auxiliares (26,26') sobre el frotador (8); medios de captación de imágenes (20) que capturan imágenes del frotador (8) incluyendo las líneas láser auxiliares (26,26') y la línea láser horizontal (25); medios de procesamiento de datos (19) que analizan las imágenes para: - detectar las líneas láser auxiliares (26,26'); - detectar la línea láser horizontal (25); - calcular una línea base (30') empleada como origen para las medidas del espesor; - obtener el espesor del frotador a partir de la diferencia en coordenadas verticales entre la línea láser horizontal (25) y la línea base (30').

Sistema y procedimiento de medición del espesor de frotadores de pantógrafo

Campo de la invención

La presente invención se engloba en el campo de las inspecciones de frotadores de pantógrafos ferroviarios, donde dicha inspección se realiza en tiempo real y automáticamente, mediante visión artificial, sin necesidad de detener el tren ni subir personal al techo del mismo.

Antecedentes de la invención

El pantógrafo consiste en un sistema articulado que sujeta un patín o frotador, presionándolo contra la catenaria, bajo la que se desliza. Se sitúa en el techo de la unidad tractora y es regulable en altura de forma automática, para poder alcanzar la catenaria independientemente de la altura a la que se encuentre el hilo conductor aéreo. Para evitar que el frotador se desgaste en un sólo punto, la trayectoria de la catenaria se dispone en zigzag, de modo que va barriendo la mayor parte del frotador provocando un desgaste más o menos uniforme en toda su superficie.

En la actualidad, la inspección de frotadores de pantógrafos ferroviarios se realiza mediante inspección visual, para lo que es necesario elevar al personal de taller hasta el techo del tren, asegurándose previamente de cortar la energía de la catenaria electrificada. Para ello, debido a lo delicado de la operación, son necesarios múltiples sistemas de seguridad. Esta inspección visual, además de los riesgos inherentes al proceso, lleva un tiempo elevado, es propenso a fallos y no facilita el disponer de información detallada del perfil para realizar un mantenimiento predictivo fiable.

Además de la inspección manual, comúnmente utilizada, existen sistemas automáticos en el mercado que realizan la inspección de frotadores de pantógrafos ferroviarios.

Pancam es un sistema de inspección de pantógrafos basado en visión artificial, desarrollado y comercializado por la empresa australiana HameyVision. Este sistema utiliza dos cámaras y un entorno de iluminación controlada para obtener diversas imágenes de los frotadores, que son posteriormente analizadas mediante algoritmos de reconocimiento de patrones en busca de fracturas, zonas de excesivo desgaste y otras patologías en el perfil de los mismos. El resultado del análisis se presenta al operario en un ordenador mediante un interfaz web accesible por red local.

La empresa australiana MRX Technologies desarrolla y comercializa un

sistema similar llamado PCMS (Pantograph Carbon Monitoring System) basado en el mismo principio que el anterior. La principal diferencia radica en que este último, mediante un complejo sistema de múltiples cámaras, iluminadores y reflectores, es capaz de proveer mayor precisión y resolución, así como ciertos datos adicionales, como son los ángulos de inclinación de los frotadores.

El sistema APIS (Automated Pantograph Inspection System), de la empresa norteamericana Duostech, utiliza un principio similar. La principal diferencia radica en la utilización de iluminación infrarroja y en el hecho de que el algoritmo utilizado, en lugar de aplicar técnicas de reconocimiento de patrones, compara las imágenes tomadas con otras de referencia almacenadas en una base de datos local. De esta manera, los defectos se detectan mediante comparaciones con imágenes de pantógrafos en buen estado. La utilización de cámaras infrarrojas hace los sistemas de visión artificial más robustos a cambios de iluminación local, aunque siguen siendo muy vulnerables a la luz solar directa.

Los sistemas comentados requieren de complejas instalaciones en entornos de iluminación controlados. Estas instalaciones constan de varias cámaras e iluminadores situados todos ellos en diferentes puntos de la instalación ferroviaria (tanto en los laterales del tren como en su parte superior, en el caso de Pancam).

En los dos primeros casos, además, se requieren aparatosas pantallas que sirvan de fondo neutro para las imágenes tomadas por las cámaras, que ocupan un considerable espacio en la instalación, afectando no ya a la vía en la que se realizará la medición, sino también a cualquier vía adyacente.

El sistema APIS se basa en un principio totalmente diferente, al no proveer medidas cuantitativas de las magnitudes a medir. Así, se limita a "marcar" pantógrafos en posible mal estado, para que un operador pueda examinar en detalle las imágenes tomadas de estos y, si procede, el equipo físico.

El desarrollo de estas tecnologías viene motivado por la necesidad de los operadores ferroviarios de realizar el mantenimiento de los vehículos de la manera más óptima posible.

Los pantógrafos deben revisarse periódicamente para garantizar la seguridad de operación de los vehículos. En muchos casos, estas operaciones de mantenimiento se realizan varias veces por semana para todas y cada una de las máquinas en circulación.

Actualmente la mayoría de estas comprobaciones se realizan mediante inspección manual. El objetivo de la presente invención es un sistema que se encarga

de inspeccionar los pantógrafos mientras el tren se encuentra en servicio; es decir, sin necesidad de desviar el tren a una vía especial o inmovilizarlo en un taller de mantenimiento. Para realizar esta inspección sin detener el tren la principal tecnología empleada es la visión artificial.

5 Para representar una ventaja competitiva, los sistemas de inspección deben presentar una fiabilidad elevada y no requerir a su vez de mantenimientos complejos y costosos. Además, la precisión alcanzada debe cumplir con los requisitos especificados en la norma técnica de mantenimiento de los trenes a inspeccionar, realizándose la inspección a la velocidad de paso del tren. Por último, estos sistemas
10 deben poder integrarse fácilmente en vía, adecuándose a las infraestructuras existentes en lo que a fijación, alimentación y comunicaciones se refiere; o bien deben resolver estos aspectos de forma autónoma sin requerir infraestructuras adicionales.

El desarrollo de técnicas que permitan la obtención fiable y precisa de un gran volumen de datos acerca de los componentes de la rodadura a inspeccionar puede
15 permitir la realización de mantenimiento predictivo a estos equipos, suponiendo así un salto cualitativo importante para estas operaciones.

Referencias bibliográficas:

- [1] S. Kumar, P.K. Tiwari, S.B. Chaudhury, "An optical triangulation method for non-
20 contact profile measurement", IEEE International Conference on Industrial Technology (2006)
- [2] D. C. Brown, "Close-range camera calibration", Photogrammetric Engineering 37 (1971): 855-866.
- [3] J. G. Fryer and D. C. Brown, "Lens distortion for close-range photogrammetry",
25 Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 52 (1986): 51-58.
- [4] W. Sun, J. R. Cooperstock, "An empirical evaluation of factors influencing camera calibration accuracy using three publicly available techniques" (2006)
- [5] Z. Zhang, "A flexible new technique for camera calibration", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 22 (2000): 1330-1334.
- [6] P. F. Sturm and J. Maybank, "On plane-based camera calibration: A general
30 algorithm, singularities, applications", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1999.
- [7] R. Brunelli, "Template Matching Techniques in Computer Vision: Theory and Practice", Wiley, ISBN 978-0-470-51706-2, 2009
- [8] A. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing", Englewood Cliffs, NJ:
35

Prentice-Hall, 1986

Descripción de la invención

5 La presente invención permite la inspección en vía de componentes de elevado valor añadido para el sector ferroviario, sin necesidad de desviar los trenes a vías especiales o talleres de mantenimiento. Se utilizan técnicas de visión artificial para inspeccionar frotadores de pantógrafos.

10 La presente invención se trata de un equipo que realiza una medición de espesor de la capa de grafito mediante triangulación con luz estructurada a medida que el tren pasa bajo los sensores (i.e. entrando a taller o a una estación). Posteriormente se compone un modelo en 3D con la información obtenida y se analiza en busca de desgastes excesivos, grietas o impactos. El proceso de exploración tarda unos pocos segundos, estando los resultados en las bases de datos de la empresa de mantenimiento y/o disponibles para los operarios del taller antes incluso de que el tren
15 llegue a detenerse. Los resultados se facilitan en forma de un informe completo, que incluye:

- Perfil en 3D de cada uno de los frotadores del tren.
- Informe de estado de los frotadores, detallando inclinaciones, defectos encontrados, cotas máximas y mínimas de grafito, número de impactos, superficie de
20 éstos y superficie total afectada.
- Datos secundarios: fecha y hora de la exploración, velocidad del tren, altura media del pantógrafo, etc.

25 El sistema autónomo planteado es capaz de medir la superficie de grafito con precisiones y resoluciones submilimétricas, almacenando los datos de todas las exploraciones realizadas y permitiendo hacer comparaciones entre distintos frotadores de un mismo tren, distintos trenes, distintos recorridos, o cualquier otro conjunto de datos almacenados que se desee. Esto permite detectar, además de los desgastes y roturas en los propios frotadores, qué trenes son más propensos a desgastes tempranos, qué líneas de recorrido producen mayores desgastes, etc.

30 Por tanto, la inspección de frotadores de pantógrafos ferroviarios se realiza en tiempo real y sin necesidad de detener el tren ni subir personal al techo del mismo. Se posibilita de esta forma:

- Ahorro de tiempo en el proceso de mantenimiento periódico de los trenes.
- Aumento de seguridad en la operación de los trenes y reducción de riesgos

laborales (riesgo de electrocución y caídas)

- Mantenimiento predictivo gracias al aumento de precisión, resolución y fiabilidad de los datos.

5 - Comparación de históricos de datos entre distintos trenes y/o líneas de recorrido, en busca de problemas que acorten la vida útil de los frotadores.

A diferencia de los sistemas conocidos, el desarrollo expuesto en la presente invención, además de proveer datos cualitativos y cuantitativos del espesor de la capa de grafito, es un sistema compacto, situado únicamente en la parte superior de la vía a medir y respetando no sólo los gálibos de ésta, sino también los de cualesquiera vías
10 adyacentes que existan. Además, al aplicar la técnica de triangulación con luz láser estructurada no precisa de complejos sistemas de iluminación controlada o pantallas a modo de fondos neutros, con lo que puede ser instalado en prácticamente cualquier lugar, incluyendo exteriores, mediante la simple adición de una cubierta opaca a modo de parasol.

15 El sistema de medición del espesor de frotadores de pantógrafo objeto de la invención comprende:

- medios de iluminación láser principal configurados para, ante el paso del frotador, iluminar la cara superior del frotador según un plano paralelo al mismo para proyectar una línea láser horizontal sobre dicha cara superior;

20 - medios de iluminación láser auxiliares configurados para, ante el paso del frotador, iluminar oblicuamente al frotador según dos planos transversales al mismo, para proyectar dos líneas láser auxiliares sobre el frotador;

- medios de captación de imágenes configurados para, ante el paso del frotador, capturar al menos una imagen del frotador que incluya las líneas láser auxiliares y al
25 menos la porción de línea láser horizontal comprendida entre dichas líneas láser auxiliares;

- medios de procesamiento de datos encargados de analizar la al menos una imagen tomada por los medios de captación de imágenes para, en cada imagen:

30 - detectar las líneas láser auxiliares;

- detectar, tomando como referencia la posición de dichas líneas láser auxiliares, la línea láser horizontal;

- calcular una línea base empleada como origen para las medidas del espesor del frotador;

35 - obtener el espesor del frotador a partir de la diferencia en coordenadas verticales entre la línea láser horizontal y la línea base.

En una realización preferente el sistema comprende medios de detección de presencia para detectar el paso del frotador y activar/desactivar así la cámara.

El sistema puede comprender:

- 5 - un armazón metálico para soportar los medios de detección de presencia, los medios de iluminación y los medios de captación de imágenes;
- una columna metálica que posiciona al armazón metálico a una altura adecuada sobre la catenaria;
- una jaula metálica para proporcionar aislamiento electromagnético a los elementos soportados por el armazón metálico.

10 Los medios de captación de imágenes comprenden preferiblemente una cámara con filtro óptico sintonizado con la longitud de onda de los iluminadores láser.

La línea base es la intersección del plano de iluminación del láser principal con la cara inferior de la pletina del frotador. Los medios de procesamiento de datos están configurados para calcular dicha línea base a partir de las posiciones de los puntos 15 inferiores de las líneas láser auxiliares y en función de la perspectiva de la imagen.

Otro aspecto de la presente invención es un procedimiento de medición del espesor de frotadores de pantógrafo, realizándose la medición del espesor del frotador estando el tren en marcha. El procedimiento comprende:

- 20 - iluminar, ante el paso del frotador, la cara superior del frotador según un plano paralelo al mismo para proyectar una línea láser horizontal sobre dicha cara superior;
- iluminar, ante el paso del frotador, oblicuamente al frotador según dos planos transversales al mismo, para proyectar dos líneas láser auxiliares sobre el frotador;
- capturar, ante el paso del frotador, al menos una imagen del frotador que 25 incluya las líneas láser auxiliares y al menos la porción de línea láser horizontal comprendida entre dichas líneas láser auxiliares;
- analizar la al menos una imagen tomada por los medios de captación de imágenes para, en cada imagen:
 - detectar las líneas láser auxiliares;
 - 30 • detectar, tomando como referencia la posición de dichas líneas láser auxiliares, la línea láser horizontal;
 - calcular una línea base empleada como origen para las medidas del espesor del frotador;
 - obtener el espesor del frotador a partir de la diferencia en 35 coordenadas verticales entre la línea láser horizontal y la línea base.

El procedimiento comprende preferentemente detectar el paso del frotador.

En una realización preferida el procedimiento comprende un proceso de corrección de las distorsiones de la imagen producidas por la óptica.

Así mismo, el procedimiento puede comprender:

5 - un proceso de corrección de la distorsión trapezoidal de la imagen producida por la perspectiva de la disposición geométrica de los elementos del sistema.

- para la detección de la línea láser horizontal:

• recortar la imagen para eliminar la catenaria
• umbralizar la imagen, obteniendo una imagen en blanco y negro, de
10 forma que los píxeles cuyo valor supere la media de los de su entorno inmediato más un umbral se saturan mientras que el resto se desaturan;

• delimitar la imagen umbralizada a un área comprendida entre las líneas láser auxiliares;

• eliminar, en la imagen delimitada, las líneas blancas que no ocupen
15 horizontalmente la anchura definida entre las líneas láser auxiliares, obteniendo una imagen final con la línea láser horizontal;

El procedimiento comprende preferentemente adelgazar la línea láser horizontal mediante el cálculo del centro de gravedad de la curva de intensidades realizado sobre la imagen original sobre la que se aplica como máscara la imagen final
20 con la línea láser horizontal.

El procedimiento puede comprender realizar una corrección de la medida del espesor del frotador obtenida en función de la curvatura de la cara inferior de la pletina del frotador.

25 Breve descripción de los dibujos

A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

30 La Figura 1 representa el principio de funcionamiento de un sensor láser de triangulación.

La Figura 2 muestra un pantógrafo completo.

La Figura 3 muestra una vista frontal de un frotador.

La Figura 4 muestra el montaje en vía del sistema objeto de la invención.

35 La Figura 5 muestra un esquema lógico de la interconexión de los

componentes del sistema.

La Figura 6 muestra las líneas láser sobre la superficie del frotador, tal y como son captadas por la cámara.

La Figura 7 muestra las diferencias de cota entre la línea base real y la línea inferior de la pletina que es posible obtener desde el punto de vista de la cámara.

Las Figuras 8A y 8B muestran la distorsión en la imagen obtenida antes y después, respectivamente, de aplicar corrección trapezoidal.

La Figura 9 muestra el ajuste de la base de la pletina.

La Figura 10 muestra un esquema de una imagen típica obtenida en funcionamiento por la cámara.

La Figura 11 muestra la imagen de la Figura 10 una vez eliminada la catenaria.

La Figura 12 muestra el filtrado adaptativo de la imagen de la Figura 11.

La Figura 13 muestra un recorte de la imagen de la Figura 12.

La Figura 14 muestra la máscara a aplicar a la línea láser, que es calculada por el sistema en tiempo real.

La Figura 15 muestra el procedimiento de cálculo del origen de coordenadas de la medida.

La Figura 16 muestra el método de corrección de las medidas de espesor para tener en cuenta la curvatura de la base de la pletina.

La Figura 17 muestra la representación gráfica en 3D de la nube de puntos obtenida.

Descripción detallada de la invención

El sistema objeto de la invención se encarga de realizar mediciones de espesor de la capa de grafito de frotadores de pantógrafo. Dicha medición del espesor de perfil de grafito se lleva a cabo mediante triangulación láser (referencia bibliográfica [1]). Esta técnica de triangulación láser 3D, representada en la **Figura 1**, permite obtener la coordenada vertical de cada punto (altura) medida a partir de la desviación producida en una línea láser proyectada sobre el mismo. Un emisor láser 1 emite un haz que se refleja en el objeto a medir 2 e incide en un sensor 3 a través de una óptica 4. Objetos o partes del objeto inicial a diferente altura 5 reflejarán el haz láser en distintos puntos del sensor. Esta diferencia de posición en el sensor es proporcional a la altura del objeto y las posiciones relativas de iluminador 1, óptica 4 y sensor 3 (conocidas). Esta técnica se llama triangulación porque el punto de láser reflejado en el objeto 2, el sensor 3 y el emisor láser 1 forman un triángulo.

Los emisores láser utilizados en el sistema aquí expuesto están dotados de cabezales que contienen ópticas cilíndricas, de manera que proyectan una línea en lugar de un único punto. Esto permite extraer perfiles completos en cada imagen tomada, es decir, un conjunto de puntos en lugar de uno sólo. Delante del sensor se sitúa un filtro óptico sintonizado con la longitud de onda de los iluminadores láser, de forma que se impida la llegada al sensor de la mayoría de la luz no proveniente de estos.

El sistema de la invención se aplica en pantógrafos como el de la **Figura 2**, que representa un pantógrafo 6 típico. El pantógrafo es un sistema articulado que soporta en su parte superior una mesilla 7 que posee dos frotadores 8, sobre los que desliza la catenaria 9. Estos frotadores, cuya vista frontal se representa en la **Figura 3**, constan a su vez de una capa de grafito 10, una pletina metálica de sujeción 11 y cuernos laterales 12. La zona central de la cara inferior 13 de la mencionada pletina metálica de sujeción 11 no es realmente recta, sino que presenta una ligera curvatura cuasi-parabólica.

El principal problema de la técnica de triangulación expuesta es la obtención del origen de coordenadas para las medidas de espesor; esto es, la altura de la cara inferior 13 de la pletina metálica de sujeción 11 del frotador (que llamaremos "cota cero"). Este problema se debe a que los frotadores 8 pueden situarse a diferentes alturas en función de la fuerza que ejerzan sobre la catenaria 9. Además pueden inclinarse lateralmente debido a la propia fuerza ejercida por la catenaria o a desalineaciones producidas durante la instalación.

Otro problema importante es el adelgazamiento de la línea láser. Esto es, la obtención de las coordenadas de cada punto láser sobre el sensor de la cámara. En la práctica, el láser no proporciona una línea de un único píxel de grosor, sino que produce más bien una "mancha" de grosor e intensidad variables. Esta figura difusa ha de adelgazarse hasta obtener una línea de un único píxel de grosor. Aún más, las condiciones de iluminación variable a las que puede estar sometido el aparato hacen que, a pesar del filtro óptico de que está dotada la cámara, una cantidad apreciable de luz no procedente de los emisores láser alcance el sensor, produciendo una imagen final en la que la señal a obtener se encuentra mezclada con una gran cantidad de ruido. Por ello, es necesaria una etapa previa de segmentación para obtener la línea láser difusa a adelgazar.

Así pues, si se obtiene la altura a la que se encuentra un punto concreto de la línea láser proyectada sobre la capa de grafito y se obtiene también la altura a la que

se encuentra la base de la pletina metálica del frotador, es posible restar ambas alturas para obtener el espesor de grafito en ese punto. Obteniendo múltiples medidas es posible obtener un mapa de espesores completo de la zona central del frotador.

La disposición de los elementos en vía del sistema objeto de la invención puede observarse en la **Figura 4**. Los frotadores 8 son inspeccionados a su paso bajo el sistema (con una flecha v se muestra el sentido de avance del frotador), en el cual un armazón metálico 14 soporta los diferentes equipos electrónicos: sensores de presencia de entrada y salida (15,15') del frotador; iluminador láser principal 17, iluminadores láser auxiliares (18,18') paralelos entre sí -los iluminadores han de instalarse paralelos para que sus haces no sean convergentes, pero según como se giren sobre su propio eje longitudinal, los planos de luz generados pueden ser paralelos o situarse en cuña (ya sea en forma de "V" o de "A"); y cámara 20, pudiendo emplearse cualquier tipo de cámara cuya imagen pueda ser transferida a un ordenador, siendo recomendable emplear cámaras de alta velocidad y sensibilidad. El iluminador láser principal 17 ilumina con un determinado ángulo de apertura la cara superior del frotador según un plano 22 paralelo al plano del frotador. No existe ningún requisito concreto con respecto a la intensidad y longitud de onda de los iluminadores láser, mientras que éstos tengan la intensidad suficiente como para que su luz pueda ser captada por la cámara escogida en el tiempo de exposición que se esté usando, aunque es recomendable seleccionar láseres cuya longitud de onda se encuentre en la zona donde la sensibilidad del sensor de la cámara sea máxima. Por su parte, los iluminadores láser auxiliares (18,18') iluminan oblicuamente al frotador según dos planos transversales (23,23') al mismo, preferentemente verticales, dichos planos separados una determinada distancia L. Se considera en la anterior explicación que el plano del frotador es aquel formado por el frotador suponiendo anchura 0 (i.e. el plano que recoge la vista frontal del frotador de la Figura 3). El conjunto puede sujetarse a la estructura de un taller o a una arcada situada sobre la vía mediante una columna metálica 21, que lo posiciona a la altura adecuada sobre la catenaria 9 (no mostrada en la figura). Todo el conjunto, con excepción de la columna de sujeción 21 se encierra en una jaula metálica no mostrada en la figura por motivos de claridad. Esta jaula, conectada a tierra, cumple la doble función de proteger los equipos situados en su interior y proporcionar el aislamiento electromagnético necesario para trabajar en las inmediaciones de una catenaria electrificada en alta tensión.

En el sistema expuesto, los iluminadores láser (17, 18, 18') y la cámara 20 se encienden cuando los sensores de presencia (15,15') detectan la llegada de un

frotador 8 y se apagan cuando se detecta su salida. En función de la secuencia de encendido y apagado de los sensores de proximidad y conociendo previamente las dimensiones de los pantógrafos a inspeccionar pueden obtenerse el sentido y la velocidad de paso del tren. En la Figura 4, y según el sentido de avance v del frotador 8, el sensor de presencia de entrada sería el sensor 15 mientras que el sensor de presencia de salida sería el sensor 15', siendo al revés (sensor de entrada 15', sensor de salida 15) en el caso de que el sentido de avance del frotador sea el opuesto.

Tal y como se muestra en la **Figura 5**, el sistema objeto de la invención consta de cámara 20, iluminadores láser (17,18,18'), detectores de presencia (15,15') y medios de procesamiento de datos 19 (por ejemplo, un ordenador o cualquier dispositivo con capacidad para el tratamiento de las imágenes de la cámara), conectados mediante electrónica auxiliar de alimentación y adaptación de señales 24.

La proyección de las líneas láser sobre el frotador 8 es captada por la cámara de la forma mostrada en la **Figura 6**, en donde se observa que los tres iluminadores láser (17,18,18') están dispuestos de tal forma que se obtenga una línea láser horizontal 25 sobre la cara superior del frotador y dos líneas láser auxiliares (26,26'), preferentemente verticales. En la realización mostrada en la Figura 4 se aprecian que dichas líneas auxiliares (26,26') son verticales, pero podrían formar ángulos diferentes con la horizontal (por ejemplo, 45°) con tal que pueda detectarse el punto más bajo de la línea y los patrones que se utilicen para detectarlas en el paso S2 descrito más adelante coincidan con la posición de los láseres, siendo dichos patrones generados a partir de imágenes de referencia tomadas con frotadores en perfecto estado. En la **Figura 7** se muestra una sección de la parte central de un frotador, en la que se aprecian la línea láser horizontal 25 y las líneas láser auxiliares (26, 26').

Existen múltiples aspectos que introducen errores en la medida de altura, como pueden ser imperfecciones en cámara y óptica, desviaciones en el montaje de los elementos que forman el equipo, inclinación y cabeceo del frotador o la propia curvatura de la base de las pletinas. Para minimizar en lo posible los errores cometidos se introducen diferentes etapas de calibración.

La corrección de la distorsión introducida por las imperfecciones de cámara y lente es un problema abundantemente documentado y analizado en las referencias bibliográficas [2] y [3], existiendo múltiples metodologías para ello (referencia bibliográfica [4]). En una realización preferente se emplea la implementación del método propuesto por Zhang (referencia bibliográfica [5]) y Sturm (referencia bibliográfica [6]). Este método consiste en la obtención de una serie de imágenes de

patrones en forma de tablero de ajedrez, para posteriormente medir y corregir la distorsión introducida por cámara y lente en estos patrones.

A continuación se procede a la corrección de la distorsión trapezoidal de la imagen tomada, que se produce por la propia disposición geométrica de los elementos del sistema (Figura 1). Para ello se utiliza una pieza patrón en forma de rejilla, de la que se toma una imagen en la que se corregirá la perspectiva mediante una matriz de transformación. Las Figuras 8A y 8B muestran, respectivamente, la imagen obtenida de la rejilla de calibración antes y después de aplicar la corrección trapezoidal. Se puede observar que después de la corrección tanto las líneas verticales como las horizontales son paralelas entre sí.

Una vez corregida esta distorsión es necesario obtener empíricamente dos datos adicionales: la longitud útil en píxeles de la línea láser horizontal proyectada en el sensor de la cámara y las coordenadas de sensor (esto es, en píxeles) del punto de fuga de las líneas longitudinales de la escena. El primero de estos datos, al que llamaremos "longitud de referencia", es la distancia horizontal entre cruces de líneas láser, tal como se observa en la Figura 6 (cruce de línea 25 con 26 y de línea 25 con 26'). En la Figura 7 esta distancia coincide con la que separa los puntos 33 y 33' cuando la línea láser horizontal 25 coincide con el borde frontal del frotador 35. El segundo dato es el punto 39 que se observa en la Figura 15, la cual se explicará en detalle más adelante, en el que se cruzan todas las rectas longitudinales según la perspectiva de la cámara. Es posible obtener este punto a partir de una imagen tomada en el punto de instalación del sistema en la que se aprecien las vías férreas, prolongando éstas para obtener su punto de cruce.

Para realizar la medición del espesor de grafito con respecto a la cara inferior 13 de la pletina metálica 11 es necesario caracterizar la curvatura de ésta. Esto se realiza aproximando la zona central de la pletina (la zona a medir) a una parábola, cuyos parámetros se obtendrán mediante un ajuste mínimo-cuadrático a los puntos tomados de un número elevado de frotadores 8 en buen estado. La Figura 9 muestra el ajuste de la base o cara inferior 13 de la pletina.

A continuación se describe el procedimiento de medida. Para la obtención de los datos de espesor deseados, el primer paso consiste en obtener los puntos de la línea láser horizontal 25 en coordenadas de sensor (esto es, en píxeles) a partir de las imágenes finales de frotadores obtenidas por la cámara una vez corregidas las distorsiones. Estas imágenes son similares a la mostrada en la Figura 10. En una

realización preferente se emplea una cámara en blanco y negro, que son más económicas y normalmente presentan mayor sensibilidad. Una cámara en blanco y negro presenta una imagen en tonos de gris, siendo la Figura 10 una representación esquemática en blanco y negro de lo que ve la cámara (la cual en realidad capta tonos intermedios de grises, los cuales no se representan para una simplificación y mayor claridad en la imagen). En esta se aprecia la pletina metálica del frotador 11, la capa de grafito 10 a medir, la línea láser horizontal 25 que deberemos obtener y adelgazar, las líneas láser auxiliares (26,26') y la catenaria 9, que eventualmente bloquea en parte la visión de la cámara. El resto de la imagen está formada por otros elementos no deseados tales como el techo del tren, piezas del pantógrafo que entran en plano, reflejos o el propio ruido producido por el sensor de la cámara. A continuación se detallan los pasos a seguir para obtener la información anteriormente descrita a partir de estas imágenes:

S1.- Recorte de la catenaria: La posición de la catenaria, si es que aparece en la imagen, es fija en cada instalación. Por tanto, el instalador preconfigura este dato en el sistema y cada imagen se recorta para eliminar el problema, juntando las dos porciones resultantes (izquierda y derecha) como puede apreciarse en la **Figura 11**.

S2.- Localización de las líneas láser auxiliares (26,26'): Para ello se aplican técnicas de reconocimiento de patrones, abundantemente descritas en la referencia bibliográfica [7], en las que un patrón conocido se compara pixel a pixel con todas las zonas posibles de la imagen original para obtener la posición de mayor coincidencia. Los errores de coincidencia de todos los píxeles de la imagen se suman y si el error total en esta posición se encuentra por debajo de un umbral dado, se asume que la operación ha tenido éxito. Si no, se asume que la imagen procesada no contiene el patrón buscado (la línea láser vertical) y se descarta, asumiendo que tampoco habrá en ella un perfil válido para medir.

S3.- Umbralización de la imagen: Se extrae la zona de la imagen comprendida entre las dos líneas láser auxiliares previamente localizadas y se somete a un proceso de binarización (obtención de una imagen en blanco y negro puros, sin tonos de grises intermedios), con el fin de separar la línea láser horizontal 25 del fondo. Para ello se utiliza una variante de la técnica conocida como umbral adaptativo (descrita en la referencia bibliográfica [8]), según la cual los píxeles cuyo valor supere la media de los de su entorno inmediato más un umbral dado se saturan (blanco) mientras que el resto se desaturan (negro). En una implementación preferida, esta técnica se aplica

considerando una línea estrecha de un único pixel de ancho. De esta forma, sólo los píxeles inmediatamente superiores e inferiores al considerado son tenidos en cuenta para calcular la media antes mencionada. El resultado, mostrado en la **Figura 12**, es una imagen en blanco y negro en la que, además de la línea láser deseada, se observa aún mucho ruido adicional en forma de "islas" blancas.

S4.- Discriminación: De la imagen anterior es necesario seleccionar la isla correspondiente a la línea láser buscada, eliminando las demás. Esto se consigue en dos pasos. Primero se delimita la imagen mediante cuatro líneas que forman un romboide: el margen derecho del patrón de la línea vertical izquierda 26, el margen izquierdo del patrón de la línea vertical derecha 26', la línea que une los puntos inferiores de ambos patrones y la paralela superior a esta última a una distancia fija previamente configurada. Esto produce la imagen mostrada en la **Figura 13**. A continuación, de las islas blancas restantes en la imagen, se eliminan todas aquellas que no ocupen horizontalmente la totalidad de la anchura del romboide previamente descrito. Debido a reflejos producidos en la pletina metálica de los frotadores, es posible que alguna de las imágenes proporcione una o varias islas que no provengan realmente de una línea láser, sino de uno de estos reflejos, que tienen una forma fuertemente lineal. Por ello, en caso de que tras el proceso anterior sobrevivan dos o más islas, se descartan todas excepto la situada más arriba en la imagen. Después de esta operación se obtiene la imagen de la **Figura 14**.

S5.- Adelgazamiento de la línea láser horizontal 25: Esta operación, necesaria por motivos anteriormente expuestos, se realiza sobre la imagen original (Figura 11) preferiblemente mediante el cálculo del centro de gravedad de la curva de intensidades (COG), por la mayor precisión de este método (referencia bibliográfica [1]). Sin embargo, mientras que este método utiliza un valor umbral fijo para decidir qué píxeles pertenecen a la línea láser y por tanto se tienen en cuenta para el cálculo del COG, en nuestro caso se utiliza la imagen de la Figura 14 como máscara, de tal manera que se tendrán en cuenta todos los píxeles de la imagen de la Figura 11 cuya posición trasladada a la imagen de la Figura 14 caiga dentro de la zona marcada en blanco en esta última, independientemente de su valor. Este método proporciona precisión, sensibilidad e inmunidad al ruido mucho más altas que el COG original.

S6.- Filtrado de líneas: Debido a que es posible que alguno de los reflejos en la pletina metálica comentados en el paso S4 sobreviva al filtrado allí comentado, se

desechan aquellas líneas cuya cota media sobre la línea que une los puntos inferiores de los patrones comentados en el paso S2 esté por debajo de un umbral dado.

A continuación, como se comentó anteriormente, es necesario obtener la línea base de esta medida. En la Figura 7 se observa la sección de la parte central de un frotador, con la perspectiva con la que es captada por la cámara 20 del sistema. Como se puede observar, con la perspectiva mencionada y para cada medida obtenida mediante triangulación láser, la línea 30' es la que marca la altura de la cota cero, puesto que es la intersección entre la cara inferior 13 y el plano 22 que contiene el haz láser principal. Llamaremos a esta línea 30' "línea base".

Así pues, una posibilidad para obtener el espesor de grafito es restar la altura de esta línea de la coordenada vertical de cada punto de la línea láser 25. Sin embargo, esta línea permanece oculta para la cámara excepto en el caso en que el plano que contiene el haz láser principal 22 coincida con la cara frontal del frotador, momento en que la línea 30 coincide con la línea 30'. La línea 30, a la que llamaremos "línea base aparente", puede obtenerse mediante las dos líneas láser auxiliares (26,26'), de las que se extraen sus puntos inferiores (33,33'). La línea base aparente 30 es aquella que une estos dos puntos cuando la línea láser horizontal 25 coincide con la arista frontal superior 35 del frotador. Debido a que no puede garantizarse que se obtenga una imagen justo en el momento en que la línea láser se proyecta sobre esta arista, para obtener la línea base 30' o cota cero es necesario estimar su posición en todas las imágenes captadas. Para ello el primer sensor de presencia que detecte un frotador activa la cámara, lo cual se realiza antes de que la línea láser horizontal 25 coincida con la arista frontal superior 35 del frotador. La cámara toma entonces imágenes ininterrumpidamente hasta que el frotador pasa de largo, lo que se detecta mediante el otro sensor de presencia.

Para realizar esta estimación se tienen en cuenta cuatro hechos diferentes. Primero: la perspectiva de la escena es la misma para todas las imágenes tomadas (ya que depende tan sólo de cámara, óptica, ángulo de instalación y correcciones geométricas realizadas). Segundo: la distancia real horizontal en la pletina entre las proyecciones de los puntos inferiores (33, 33') de ambas líneas láser auxiliares (26,26') es siempre la misma independientemente de la posición de dicha pletina, ya que los emisores de ambas líneas láser (18, 18') son paralelos entre sí. Tercero: debido a la perspectiva, la separación horizontal entre los puntos inferiores de estas líneas en las imágenes obtenidas (33 y 33') será mayor cuanto más cerca de la

cámara se encuentre el frotador y menor cuanto más lejos. Cuarto: la posición vertical de estos puntos 33 y 33' después de la corrección trapezoidal ya descrita depende únicamente de la distancia horizontal a la que se encuentre el frotador 8 de la cámara 20. Así pues, conociendo la geometría de la instalación y midiendo la distancia entre líneas auxiliares en la imagen es posible determinar la distancia horizontal a la que se encuentra el frotador con respecto a la cámara. Con esta distancia, los datos de instalación y la altura de estas líneas en la imagen, es posible determinar la altura del frotador, que nos dará la línea base de nuestra medida.

S7.- Cálculo de línea base: Una vez procesadas todas las imágenes de un frotador con los pasos descritos anteriormente, puede calcularse la posición de la línea base 30' de las medidas a partir de las posiciones de los puntos inferiores (33,33') de las líneas láser auxiliares (16,16') y de los datos de perspectiva previamente obtenidos durante la etapa de calibración del sistema. Para ello, como se muestra en la **Figura 15**, se unen estos dos puntos (33,33') con el punto de fuga 39 de las líneas longitudinales (i.e. de los tramos horizontales, en perspectiva en la imagen, de las líneas láser auxiliares (26,26')). La línea base 30' buscada (esto es, aquella que marca la cota cero) será aquella paralela a la línea base aparente 30 que une los puntos inferiores (33,33') de las líneas láser auxiliares (26,26') y cuya longitud horizontal comprendida entre estas líneas de fuga sea igual a la longitud de referencia calculada durante la calibración del equipo. Con el fin de minimizar el error cometido en el proceso se puede tomar como línea base para cada frotador la media de las líneas 30' obtenidas en todas las imágenes de ese frotador.

S8.- Cálculo de las coordenadas reales de la línea: Con las líneas láser horizontales 25 adelgazadas de cada imagen y la línea base 30' se obtienen los espesores reales del frotador, restando las coordenadas verticales de cada pixel, de izquierda a derecha (posición en línea láser horizontal 25 menos posición en línea base 30'). Este dato estará en pixeles, por lo que para pasarlo a milímetros será necesario multiplicarlo por una constante que se deriva de la disposición geométrica del problema (triangulación expuesta en la referencia bibliográfica [1]). Es importante resaltar que el espesor real de la capa de grafito se calcularía como la diferencia entre coordenadas verticales de la línea láser horizontal 25 y la línea base 30' menos el espesor máximo de la pletina metálica 11, aunque la medida realmente interesante para los técnicos de mantenimiento es la medida del espesor desde la cara inferior de la pletina metálica, que es como viene indicada en las normativas técnicas de

mantenimiento de los fabricantes. El objetivo es por tanto obtener el espesor completo del frotador, incluyendo la pletina metálica, de ahí la necesidad de la corrección.

5 S9.- Corrección de la curvatura: Como se comentó anteriormente, es necesario corregir la distorsión introducida en la medida por la curvatura cuasi-parabólica de la cara inferior de la pletina, que hasta ahora se ha supuesto plana. Las medidas tomadas se corregirán tomando esta curva como origen. Para ello, como se muestra en la **Figura 16**, la medida final corregida en cada punto 36 será la medida original 37 menos la altura de la curva en ese punto 38.

10 S10.- Obtención de la nube de puntos: Una vez obtenidos los diferentes perfiles (una línea láser horizontal 25 por cada imagen tomada en el sentido de avance del tren) puede formarse una nube de puntos en 3D situando los perfiles uno a continuación del otro. Para ello puede suponerse constante la velocidad del tren durante el tiempo que duró la exploración (**Figura 17**). Este tiempo de exploración es de alrededor de 25ms para un tren con frotadores de 35mm de ancho circulando a
15 velocidades de 5km/h.

S11.- Detección de grietas e impactos en la superficie de grafito: Se obtiene una copia de la nube de puntos del paso anterior a la que se realiza un filtrado paso-bajo, de tal manera que los defectos fuertemente localizados no se trasladan a esta nueva copia. Los puntos de la nube original que estén situados significativamente por
20 debajo de los correspondientes en la filtrada se deberán pues a defectos locales (impactos). Estos impactos pueden filtrarse fácilmente según su magnitud en anchura, área o profundidad.

S12.- Confección y envío de informes: Toda la información obtenida en el proceso se incluye en uno o varios informes para su guardado a disco,
25 almacenamiento en base de datos y/o envío a los interesados. Además, es posible definir una serie de condiciones de alarma que al cumplirse generen uno o varios eventos: envío de SMS o correos electrónicos, actuación sobre señales de tráfico ferroviario, disparo de alertas visuales/auditivas, etc. Las condiciones de alarma pueden ser múltiples: presencia/magnitud de desconchones, velocidad excesiva del
30 tren, desgaste excesivo de frotadores, inclinación de los mismos por encima de cierto rango, fallo del sistema, etc.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de medición del espesor de frotadores de pantógrafo, donde el sistema está configurado para realizar la medición del espesor del frotador estando el tren en marcha, caracterizado por que el sistema comprende:
- 5 medios de iluminación láser principal (17) configurados para, ante el paso del frotador (8), iluminar la cara superior del frotador (8) según un plano (22) paralelo al mismo para proyectar una línea láser horizontal (25) sobre dicha cara superior;
- 10 medios de iluminación láser auxiliares (18,18') configurados para, ante el paso del frotador (8), iluminar oblicuamente al frotador (8) según dos planos transversales (23,23') al mismo, para proyectar dos líneas láser auxiliares (26,26') sobre el frotador (8);
- 15 medios de captación de imágenes (20) configurados para, ante el paso del frotador (8), capturar al menos una imagen del frotador (8) que incluya las líneas láser auxiliares (26,26') y al menos la porción de línea láser horizontal (25) comprendida entre dichas líneas láser auxiliares (26,26');
- 20 medios de procesamiento de datos (19) encargados de analizar la al menos una imagen tomada por los medios de captación de imágenes (20) para, en cada imagen:
- detectar las líneas láser auxiliares (26,26');
 - detectar, tomando como referencia la posición de dichas líneas láser auxiliares (26,26'), la línea láser horizontal (25);
 - calcular una línea base (30') empleada como origen para las medidas del espesor del frotador;
 - 25 - obtener el espesor del frotador a partir de la diferencia en coordenadas verticales entre la línea láser horizontal (25) y la línea base (30').
2. Sistema según la reivindicación 1, que comprende medios de detección de presencia (15,15') para detectar el paso del frotador (8).
- 30
3. Sistema según la reivindicación 2, que comprende:
- un armazón metálico (14) para soportar los medios de detección de presencia (15,15'), los medios de iluminación (17,18,18') y los medios de captación de imágenes (20);
- 35 una columna metálica (21) que posiciona al armazón metálico (14) a una altura

adecuada sobre la catenaria (9);

una jaula metálica para proporcionar aislamiento electromagnético a los elementos soportados por el armazón metálico (14).

5 4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los medios de captación de imágenes (20) comprenden una cámara con filtro óptico sintonizado con la longitud de onda de los iluminadores láser.

10 5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la línea base (30') es la intersección del plano (22) de iluminación del láser principal (17) con la cara inferior (13) de la pletina del frotador, y donde los medios de procesamiento de datos (19) están configurados para calcular dicha línea base (30') a partir de las posiciones de los puntos inferiores (33,33') de las líneas láser auxiliares (16,16') y en función de la perspectiva de la imagen.

15

6. Procedimiento de medición del espesor de frotadores de pantógrafo, realizándose la medición del espesor del frotador estando el tren en marcha, caracterizado por que comprende:

20 iluminar, ante el paso del frotador (8), la cara superior del frotador (8) según un plano (22) paralelo al mismo para proyectar una línea láser horizontal (25) sobre dicha cara superior;

 iluminar, ante el paso del frotador (8), oblicuamente al frotador (8) según dos planos transversales (23,23') al mismo, para proyectar dos líneas láser auxiliares (26,26') sobre el frotador (8);

25 capturar, ante el paso del frotador (8), al menos una imagen del frotador (8) que incluya las líneas láser auxiliares (26,26') y al menos la porción de línea láser horizontal (25) comprendida entre dichas líneas láser auxiliares (26,26');

 analizar la al menos una imagen tomada por los medios de captación de imágenes (20) para, en cada imagen:

30

- detectar las líneas láser auxiliares (26,26');

- detectar, tomando como referencia la posición de dichas líneas láser auxiliares (26,26'), la línea láser horizontal (25);

- calcular una línea base (30') empleada como origen para las medidas del espesor del frotador (10);

35

- obtener el espesor del frotador a partir de la diferencia en coordenadas

verticales entre la línea láser horizontal (25) y la línea base (30').

7. Procedimiento según la reivindicación 6, que comprende detectar el paso del frotador (8).

5

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 7, donde la línea base (30') es la intersección del plano (22) de iluminación del láser principal (17) con la cara inferior (13) de la pletina del frotador, y donde el cálculo de dicha línea base (30') se realiza a partir de las posiciones de los puntos inferiores (33,33') de las líneas láser auxiliares (16,16') y en función de la perspectiva de la imagen.

10

9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, que comprende un proceso de corrección de las distorsiones de la imagen producidas por la óptica.

15

10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, que comprende un proceso de corrección de la distorsión trapezoidal de la imagen producida por la perspectiva de la disposición geométrica de los elementos del sistema.

20

11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, que comprende, para la detección de la línea láser horizontal (25), recortar la imagen para eliminar la catenaria (9).

25

12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 11, que comprende, para la detección de la línea láser horizontal (25):

umbralizar la imagen, obteniendo una imagen en blanco y negro, de forma que los píxeles cuyo valor supere la media de los de su entorno inmediato más un umbral se saturan mientras que el resto se desaturan;

30

delimitar la imagen umbralizada a un área comprendida entre las líneas láser auxiliares (26,26');

eliminar, en la imagen delimitada, las líneas blancas que no ocupen horizontalmente la anchura definida entre las líneas láser auxiliares (26,26'), obteniendo una imagen final con la línea láser horizontal (25);

35

13. Procedimiento según la reivindicación 12, que comprende adelgazar la línea láser horizontal (25) mediante el cálculo del centro de gravedad de la curva de intensidades realizado sobre la imagen original sobre la que se aplica como máscara la imagen final con la línea láser horizontal (25).

5

14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 13, que comprende realizar una corrección de la medida del espesor del frotador obtenida en función de la curvatura de la cara inferior (13) de la pletina del frotador.

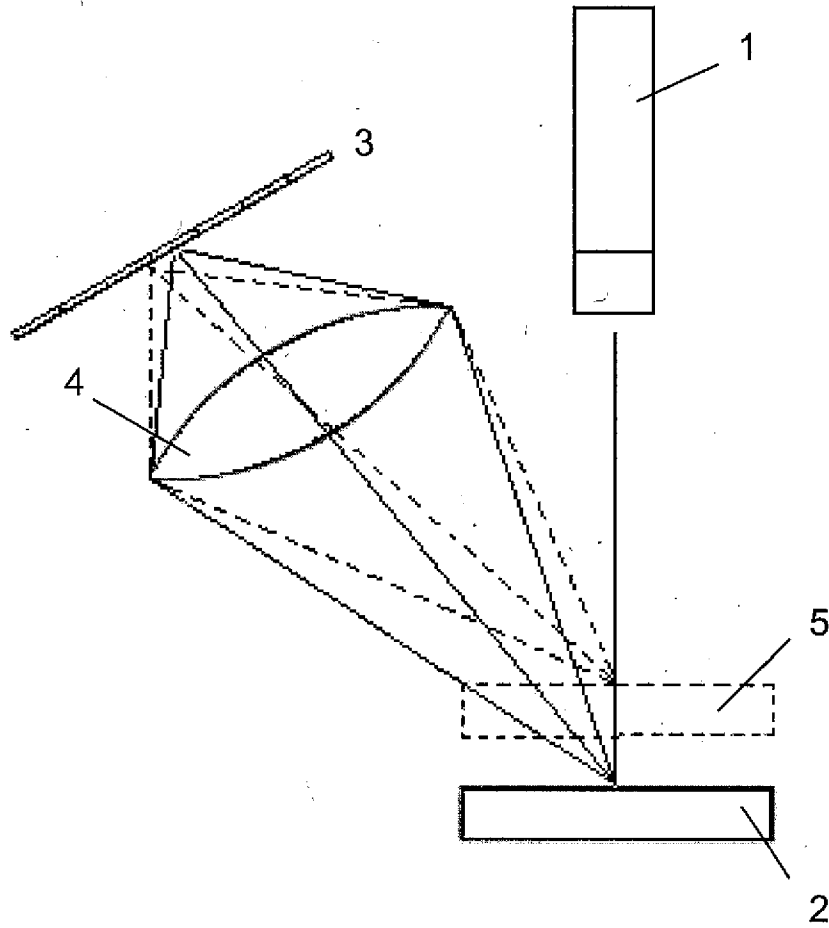


Fig. 1

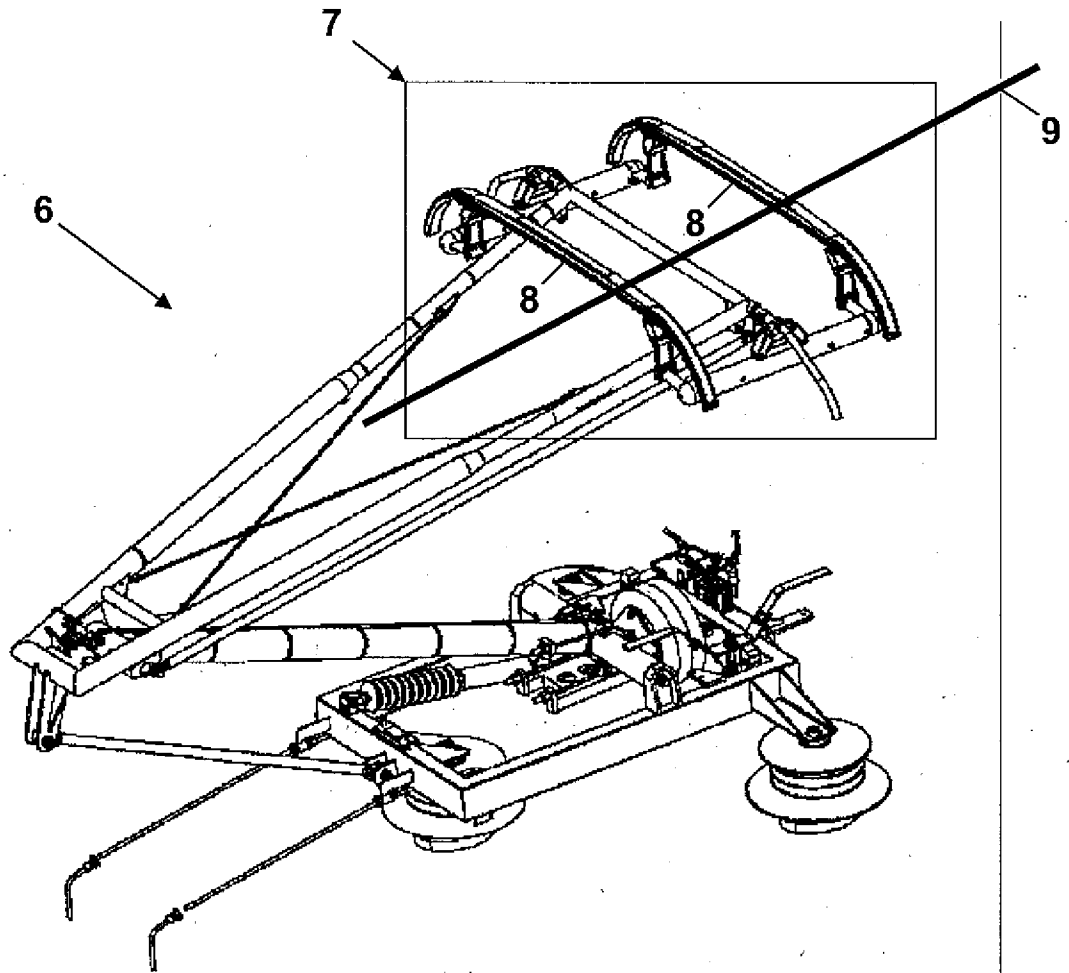


Fig. 2

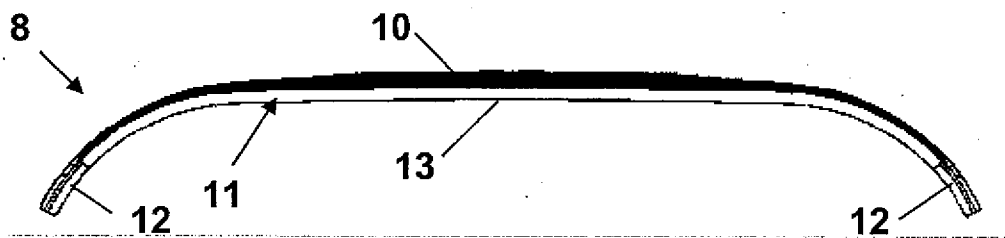


Fig. 3

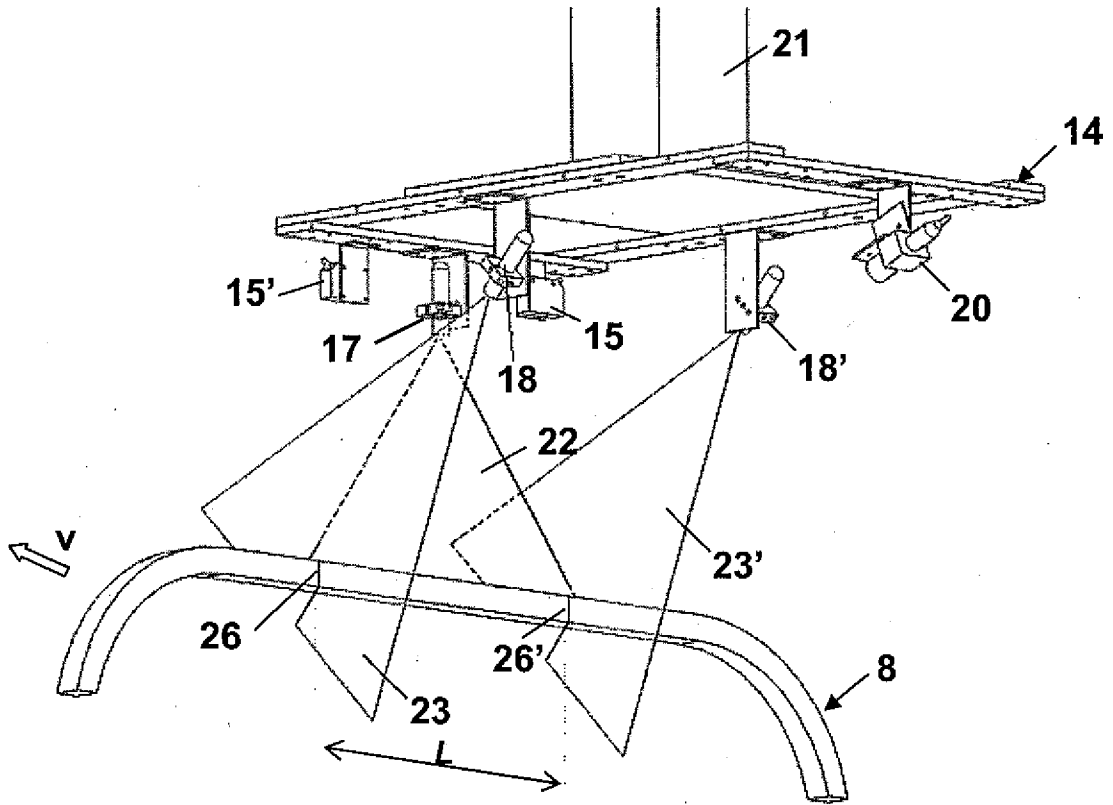


Fig. 4

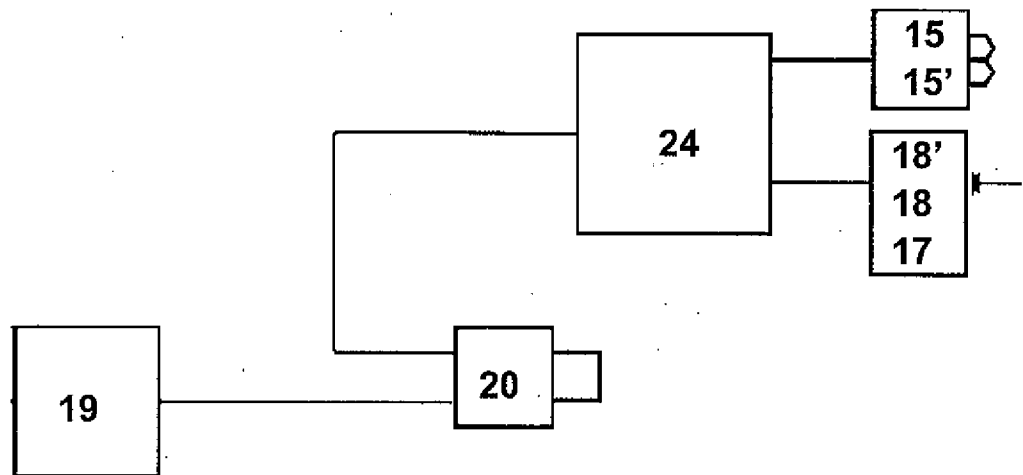


Fig. 5

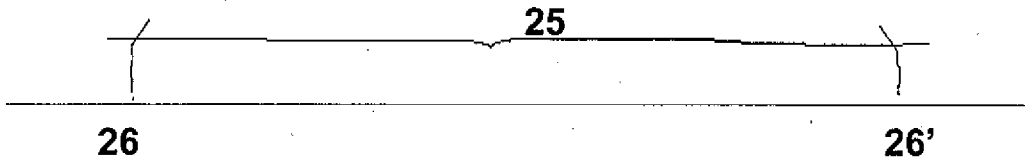


Fig. 6

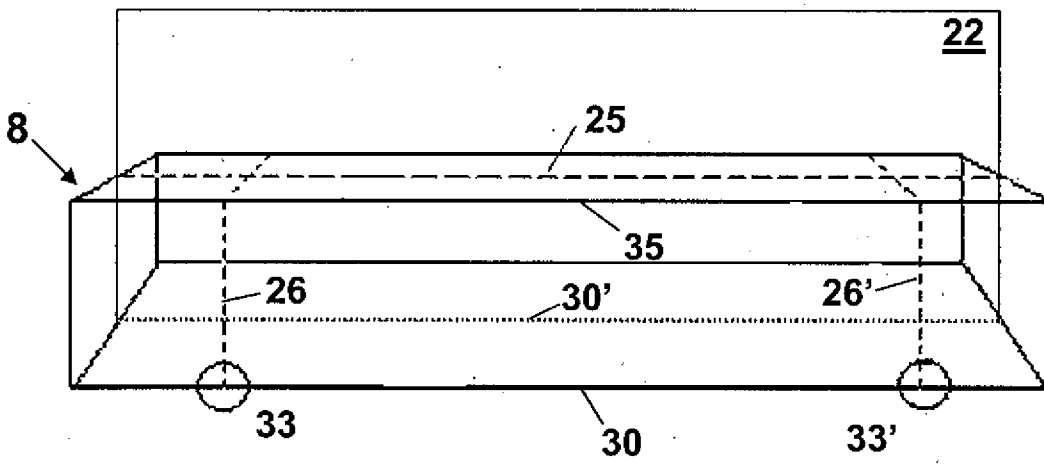


Fig. 7

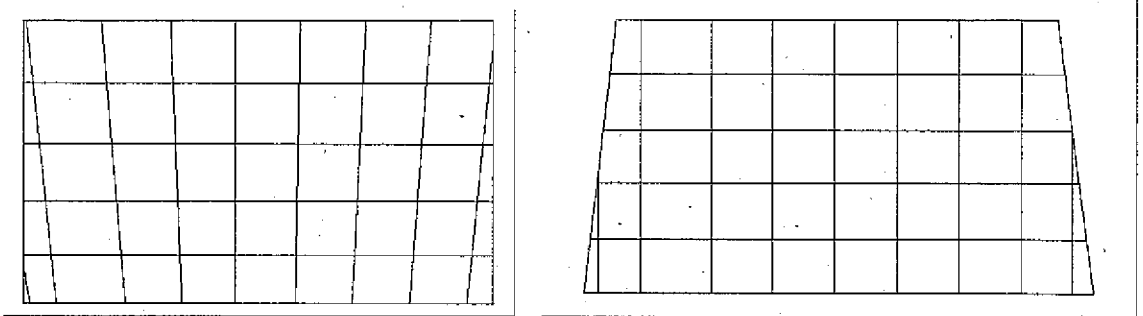
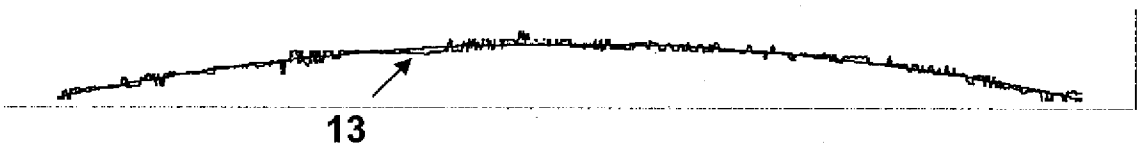


Fig. 8A

Fig. 8B



13

Fig. 9

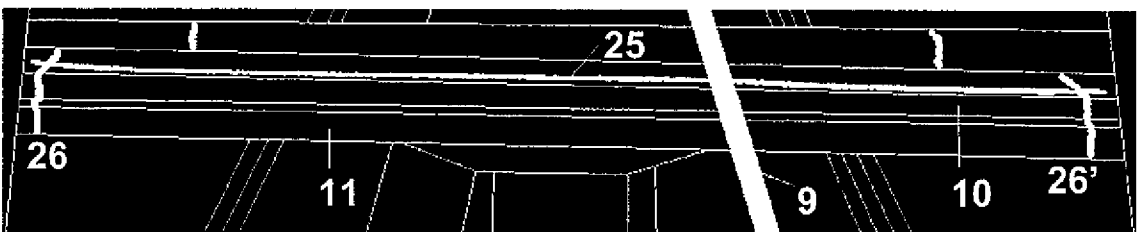


Fig. 10

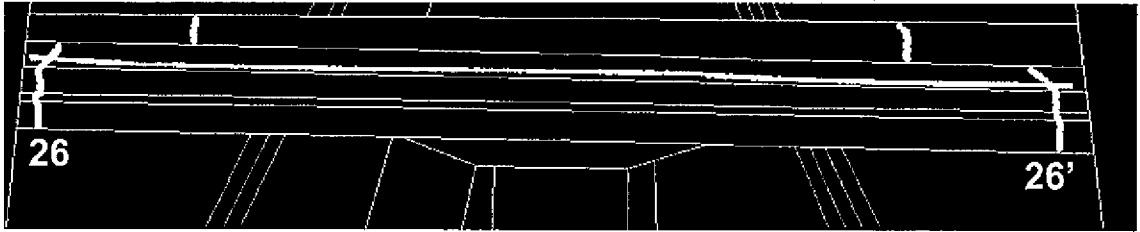


Fig. 11

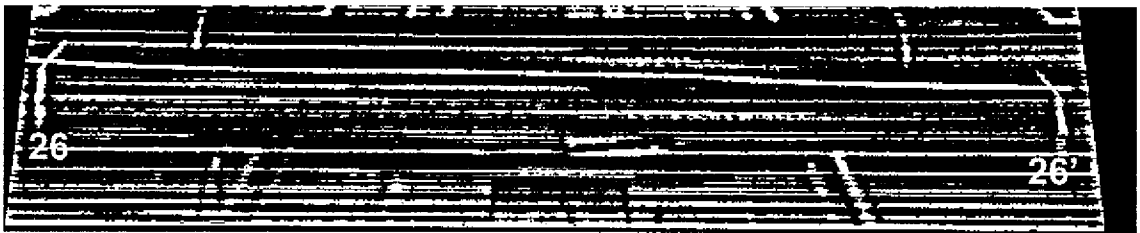


Fig. 12

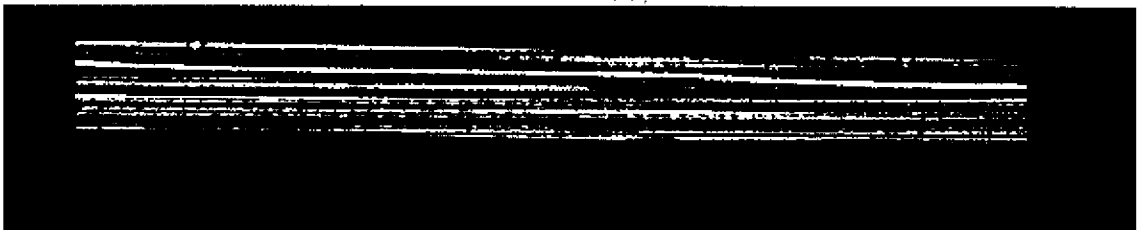


Fig. 13



Fig. 14

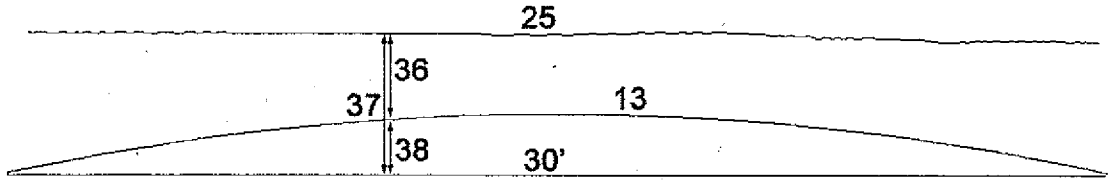


Fig. 15

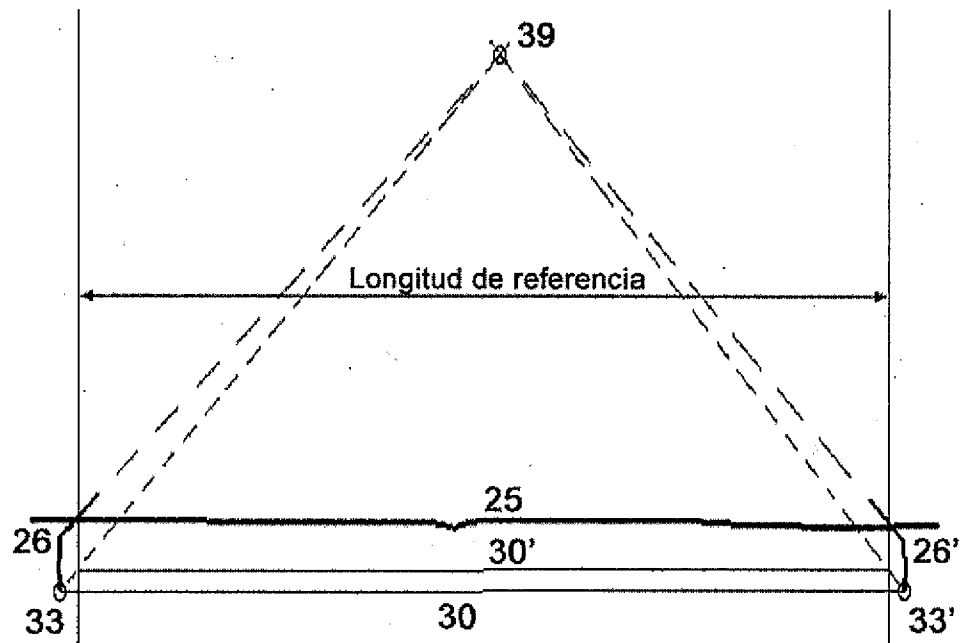


Fig. 16

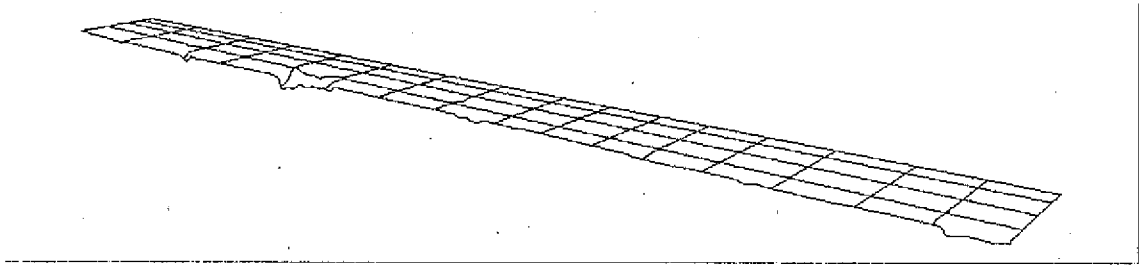


Fig. 17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES2012/070449

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B, G06T, B60L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, INVENES, WPI, INTERNET

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 8079904 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 22/03/1996, abstract; figure 1,	1-14
Y	WO 2005090903 A1 (JRB ENGINEERING PTY LTD ET AL.) 29/09/2005, abstract; figures.	1-14
A	WO 2009018612 A1 (QR LTD ET AL.) 12/02/2009, abstract; figures.	1-14

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents , such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search
05/10/2012

Date of mailing of the international search report
(09/10/2012)

Name and mailing address of the ISA/

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Facsimile No.: 91 349 53 04

Authorized officer
J. Santaella Vallejo

Telephone No. 91 3493281

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

Information on patent family members

PCT/ES2012/070449

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP8079904 A	22.03.1996	NONE	
----- WO2005090903 A	----- 29.09.2005	CA2560092 A AU2005224291 A AU2005224291 B EP1766326 AB EP20050714278 US2007296949 A US7492448 B AT430301 T DK1766326 T ES2326035 T ZA200607676 A	29.09.2005 29.09.2005 16.06.2011 28.03.2007 21.03.2005 27.12.2007 17.02.2009 15.05.2009 24.08.2009 29.09.2009 31.03.2010
----- WO2009018612 A	----- 12.02.2009	AU2008286243 A EP2174117 A EP20080782885 CN101784887 A ZA201000639 A JP2010535658 A US2010322465 A NZ582938 A	12.02.2009 14.04.2010 06.08.2008 21.07.2010 27.10.2010 25.11.2010 23.12.2010 29.07.2011
-----	-----	-----	-----

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B11/02 (2006.01)

G06T7/00 (2006.01)

G01B11/16 (2006.01)

B60L3/12 (2006.01)

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ES2012/070449

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

Ver Hoja Adicional

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01B, G06T, B60L

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

EPODOC, INVENES, WPI, INTERNET

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
Y	JP 8079904 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 22/03/1996, resumen; figura 1,	1-14
Y	WO 2005090903 A1 (JRB ENGINEERING PTY LTD ET AL.) 29/09/2005, resumen; figuras.	1-14
A	WO 2009018612 A1 (QR LTD ET AL.) 12/02/2009, resumen; figuras.	1-14

En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.	
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.	

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.
05/10/2012

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
09 de octubre de 2012 (09/10/2012)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional
OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Nº de fax: 91 349 53 04

Funcionario autorizado
J. Santaella Vallejo
Nº de teléfono 91 3493281

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional n°

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

PCT/ES2012/070449

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
JP8079904 A	22.03.1996	NINGUNO	
----- WO2005090903 A	----- 29.09.2005	----- CA2560092 A AU2005224291 A AU2005224291 B EP1766326 AB EP20050714278 US2007296949 A US7492448 B AT430301 T DK1766326 T ES2326035 T ZA200607676 A	----- 29.09.2005 29.09.2005 16.06.2011 28.03.2007 21.03.2005 27.12.2007 17.02.2009 15.05.2009 24.08.2009 29.09.2009 31.03.2010
----- WO2009018612 A	----- 12.02.2009	----- AU2008286243 A EP2174117 A EP20080782885 CN101784887 A ZA201000639 A JP2010535658 A US2010322465 A NZ582938 A	----- 12.02.2009 14.04.2010 06.08.2008 21.07.2010 27.10.2010 25.11.2010 23.12.2010 29.07.2011
-----	-----	-----	-----

CLASIFICACIONES DE INVENCION

G01B11/02 (2006.01)

G06T7/00 (2006.01)

G01B11/16 (2006.01)

B60L3/12 (2006.01)